

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Вишневский Дмитрий Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 30.04.2025 11:55:50  
Уникальный программный идентификатор:  
03474917c4d012283e5ad996a48a5e70bf8da057

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет горно-металлургической промышленности и строительства  
Кафедра металлургических технологий



УТВЕРЖДАЮ  
И.о. проректора по учебной работе  
Д.В. Мулов

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория теплопередачи  
(наименование дисциплины)

18.03.01 Химическая технология  
(код, наименование направления)

Химическая технология природных энергоносителей и углеродных  
материалов  
(профиль подготовки)

Квалификация бакалавр  
(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения очная, заочная  
(очная, заочная)

Алчевск, 2024

## 1 Цели и задачи дисциплины

*Цели дисциплины:* Целью данной дисциплины является:

– обучение студентов принципам и методам расчетов теплопередачи, использованию основных понятий, законов теплопередачи, проектированию и конструированию коксохимических агрегатов и теплопередающих устройств;

– подготовка будущего специалиста к решению научно-исследовательских и инженерных задач по расчету металлургических агрегатов при их проектировании или реконструкции.

*Задачи дисциплины:*

– изучение основных законов теплопередачи, теплофизических свойств вещества;

– изучение теплообменных процессов в печах коксохимического производства;

– решение конкретных задач теплопередачи инженерными методами.

*Дисциплина направлена на формирование профессиональной компетенции (ПК-2) выпускника.*

## **2 Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Логико-структурный анализ дисциплины – курс входит в часть БЛОК 1 «Элективные дисциплины (модули)» подготовки студентов по направлению 18.03.01 Химическая технология (профиль «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»).

Дисциплина реализуется кафедрой металлургических технологий.

Входные знания студента базируются на изученных дисциплинах: «Математика», «Физика», «Общая и неорганическая химия».

Является основой для изучения следующей дисциплины: «Теплоэнергетическое оборудование и электроснабжение химических заводов».

Общая трудоемкость освоения дисциплины для очной формы обучения составляет 3 зачетные единицы, 108 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (18 ч.), практические (18 ч.) занятия и самостоятельная работа студента (72 ч.).

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 семестре. Форма промежуточной аттестации – зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины для заочной формы обучения составляет 3 зачетных единицы, 108 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (6 ак.ч.) и практические (6 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (96 ак.ч.).

Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре. Форма промежуточной аттестации – зачет.

### 3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Теория теплопередачи» направлен на формирование компетенций, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, обязательные к освоению

| Содержание компетенции                                                                                                                                                                                        | Код компетенции по ОПОП ВО | Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Готовность к решению профессиональных, производственных задач, контролю технологического процесса, выбору оборудования, разработке технологических нормативов на расход материалов, топлива и электроэнергии. | ПК-2                       | <p>ПК-2.1. Знает: основное оборудование процессов, принципы его работы и правила технической эксплуатации, основные процессы и аппараты, устройство и принципы работы оборудования.</p> <p>ПК-2.2. Умеет: использовать на практике соответствующие аппараты при разработке технологических процессов, проводить работу по совершенствованию действующих и освоению новых технологических процессов, совершенствовать действующие методы проведения испытаний и исследований.</p> <p>ПК-2.3. Владеет: методами инженерных расчётов, связанных с выбором соответствующего оборудования, методами по ускорению освоения в производстве технологических процессов.</p> |

#### 4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 3 зачётных единицы, 108 ак.ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, текущему контролю, самостоятельное изучение материала и подготовку к зачету.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

| Вид учебной работы                                   | Всего ак.ч. | Ак.ч. по семестрам |
|------------------------------------------------------|-------------|--------------------|
|                                                      |             | 7                  |
| Аудиторная работа, в том числе:                      | 36          | 36                 |
| Лекции (Л)                                           | 18          | 18                 |
| Практические занятия (ПЗ)                            | 18          | 18                 |
| Лабораторные работы (ЛР)                             | –           | –                  |
| Курсовая работа/курсовой проект                      | –           | –                  |
| Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе: | 72          | 72                 |
| Подготовка к лекциям                                 | 4           | 4                  |
| Подготовка к лабораторным работам                    | –           | –                  |
| Подготовка к практическим занятиям / семинарам       | 18          | 18                 |
| Расчетно-графическая работа (РГР)                    | –           | –                  |
| Реферат (индивидуальное задание)                     | 12          | 12                 |
| Домашнее задание                                     | –           | –                  |
| Подготовка к контрольной работе                      | 6           | 6                  |
| Подготовка к коллоквиуму                             | –           | –                  |
| Аналитический информационный поиск                   | 12          | 12                 |
| Работа в библиотеке                                  | 12          | 12                 |
| Подготовка к зачету                                  | 8           | 8                  |
| Промежуточная аттестация – зачет (З)                 | 3 (2)       | 3 (2)              |
| Общая трудоемкость дисциплины                        |             |                    |
| ак.ч.                                                | 108         | 108                |
| з.е.                                                 | 3           | 3                  |

## 5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенций, приведенных в п.3 дисциплина разбита на 6 тем:

- тема 1 (Введение. Основные виды теплопередачи);
- тема 2 (Излучение твердых тел. Закон Стефана – Больцмана);
- тема 3 (Уравнение Кирхгофа. Излучение газов);
- тема 4 (Передача тепла конвекцией: свободная и вынужденная конвекция. Закон Ньютона - Рихмана);
- тема 5 (Сложный теплообмен в рабочем пространстве коксовых печей);
- тема 6 (Теплообменные аппараты, их конструкция и принцип действия).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и заочной формы приведены в таблице 3 и 4 соответственно.

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины                                                | Содержание лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                                 | Трудоемкость в ак.ч. | Темы практических занятий                                                                                                                                             | Трудоемкость в ак.ч. | Тема лабораторных занятий | Трудоемкость в ак.ч. |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
| 1     | Введение. Основные виды теплопередачи                                                 | Вводное занятие. Общая характеристика видов теплопередачи. Стационарная и нестационарная теплопроводность. Передача тепла через одно- и многослойную стенку                                                                                                                   | 2                    | Определение тепловых потерь при передаче тепла через однослойную стенку                                                                                               | 2                    | —                         | —                    |
| 2     | Излучение твердых тел. Закон Стефана – Больцмана                                      | Тепловое излучение. Испускательная способность тела.<br>Спектральная поглощающая способность. Закон Стефана – Больцмана и Вина. Постоянная Планка. Люминисценция. Флуорисценция. Правило Стока. Люминисцентные источники света.                                               | 2                    | Определение тепловых потерь при передаче тепла через многослойную стенку.                                                                                             | 2                    | —                         | —                    |
| 3     | Уравнение Кирхгофа. Излучение газов                                                   | Уравнение и закон Кирхгофа. Излучение газов. Методы определения степени черноты газов. Абсолютно черное тело.                                                                                                                                                                 | 2                    | Определение степени черноты продуктов сгорания природного газа расчетным путем.<br><br>Определение степени черноты продуктов сгорания природного газа по номограммам. | 2                    | —                         | —                    |
| 4     | Передача тепла конвекцией: свободная и вынужденная конвекция. Закон Ньютона - Рихмана | Физические условия при теплопередаче тепла конвекцией. Закон Ньютона – Рихмана. Факторы, определяющие интенсивность конвективного теплообмена. Критерии подобия процессов конвективного теплообмена.<br>Определение вида критериальных уравнений по экспериментальным данным. | 6                    | Определение коэффициентов теплопроводности материала расчетным путем. Определение поверхности нагрева регенератора                                                    | 6                    | —                         | —                    |

|                        |                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |                                                                                  |    |   |   |
|------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----------------------------------------------------------------------------------|----|---|---|
|                        |                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |    | расчетным путем.                                                                 |    |   |   |
|                        |                                                           | <p>Теплообмен при естественной конвекции.</p> <p>Теплообмен при ламинарном течении в трубах.</p> <p>Теплообмен при турбулентном течении в трубах и каналах.</p> <p>Теплообмен при наружном обтекании одиночной трубы.</p> <p>Теплообмен при обтекании плоской поверхности.</p>                                                                                                                       |    | <p>Определение температуры наружной поверхности кладки многослойной стенки.</p>  |    |   |   |
| 5                      | Сложный теплообмен в рабочем пространстве коксовых печей  | <p>Тепловые балансы печей непрерывного действия. Тепловые балансы печей периодического действия. Приходные и расходные статьи тепловых балансов.</p> <p>Общая и удельная производительность печей. Напряженность габаритного и активного пода печей. Факторы, влияющие на производительность печей.</p>                                                                                              | 4  | Решение задач                                                                    | 4  | — | — |
| 6                      | Теплообменные аппараты, их конструкция и принцип действия | <p>Классификация основных типов теплообменных аппаратов: контактные (смесительные, барботажные) и поверхностные (регенераторы, рекуператоры). Основные уравнения теплового расчета рекуперативных теплообменников. Коэффициент теплопередачи. Средний логарифмический температурный напор. Эффективность теплообменника. Сопоставление прямоточной и противоточной схем движения теплоносителей.</p> | 2  | <p>Определение толщины и материала слоев трехслойной стенки расчетным путем.</p> | 2  | — | — |
| Всего аудиторных часов |                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 18 |                                                                                  | 18 |   | — |



Таблица 4 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

| № п/п                  | Наименование темы (раздела) дисциплины                    | Содержание лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Трудоемкость в ак.ч. | Темы практических занятий                                                 | Трудоемкость в ак.ч. | Тема лабораторных занятий | Трудоемкость в ак.ч. |
|------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
| 1                      | Сложный теплообмен в рабочем пространстве коксовых печей  | Тепловые балансы печей непрерывного действия. Тепловые балансы печей периодического действия. Приходные и расходные статьи тепловых балансов.<br>Общая и удельная производительность печей. Напряженность габаритного и активного пода печей. Факторы, влияющие на производительность печей.                                                                                                  | 4                    | Решение задач                                                             | 4                    | —                         | —                    |
| 2                      | Теплообменные аппараты, их конструкция и принцип действия | Классификация основных типов теплообменных аппаратов: контактные (смесительные, барботажные) и поверхностные (регенераторы, рекуператоры). Основные уравнения теплового расчета рекуперативных теплообменников. Коэффициент теплопередачи. Средний логарифмический температурный напор. Эффективность теплообменника. Сопоставление прямоточной и противоточной схем движения теплоносителей. | 2                    | Определение толщины и материала слоев трехслойной стенки расчетным путем. | 2                    | —                         | —                    |
| Всего аудиторных часов |                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 6                    |                                                                           | 6                    |                           | —                    |

## **6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

### **6.1 Критерии оценивания**

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» ([https://www.dstu.education/images/structure/license\\_certificate/polog\\_kred\\_modul.pdf](https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf)) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

| Код и наименование компетенции | Способ оценивания | Оценочное средство                            |
|--------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------|
| ПК-2                           | Зачет             | Комплект контролирующих материалов для зачета |

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

- практические работы – всего 50 баллов;
- контрольные работы – всего 20 баллов;
- индивидуальное задание – 30 баллов.

Зачет проставляется автоматически, если студент набрал в течении семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального.

Зачет по дисциплине «Теория теплопередачи» проводится по результатам работы в семестре. В случае, если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время зачетной недели студент имеет право повысить итоговую оценку либо в форме устного собеседования по приведенным ниже вопросам (п.п. 6.5), либо в результате тестирования.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Шкала оценивания знаний

| Сумма баллов за все виды учебной деятельности | Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 0-59                                          | Не зачтено/неудовлетворительно             |
| 60-73                                         | Зачтено/удовлетворительно                  |
| 74-89                                         | Зачтено/хорошо                             |
| 90-100                                        | Зачтено/отлично                            |

## 6.2 Домашнее задание

Домашнее задание не предусмотрено

## 6.3 Темы для индивидуального задания

*Задание: Тепловой расчет многослойной футеровки промышленной печи*

Исходные данные для расчета:

1. Элемент печи – Свод.
2. Материал рабочего слоя 1– периклазохромит.
3. Толщина рабочего слоя  $b_1 = 400$  мм.
4. Температура, °C:
5. Формула для расчета  $4,7 \cdot 10^{-5} \cdot t$

на внутренней поверхности рабочего слоя  $t_{\text{вн.}} = 1700$  ;

на наружной поверхности теплоизоляционного слоя 3  $t_{\text{зовн.}} = 90$  ;  
окружающей среды 45.

## 6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

*Варианты заданий для студентов очной формы обучения*

*Тема 1 Основные виды теплопередачи*

- 1) Перечислите параметры, которыми характеризуется состояние рабочего тела или вещества.
- 2) Что понимается под термодинамической системой?
- 3) Что представляет собой равновесное и неравновесное состояния термодинамической системы?
- 4) Что такое газовая смесь? Способы задания газовых смесей.
- 5) Что такое "неравновесный процесс"?
- 6) Расшифруйте понятия "равновесный процесс", "неравновесный процесс".
- 7) Дайте определения обратимых и необратимых процессов.
- 8) Каковы условия обратимости процессов?
- 9) В чем отличие понятий "истинная" и "средняя" теплоемкости?
- 10) Какие теплоемкости вам известны?
- 11) Как вычислить теплоемкость смеси идеальных газов?

- 12) Каков физический смысл ульонной газовой постоянной?
- 13) В чем физический смысл уравнения Майера?
- 14) Что называется теплопроводностью?
- 15) Каков физический смысл уравнения теплопроводности Фурье?
- 16) Напишите уравнение теплопроводности Фурье и объясните физический смысл составляющих этого уравнения.
- 17) От чего зависит величина теплопроводности?
- 18) Какие материалы обладают большой, средней и малой теплопроводностью?
- 19) Что такое начальные условия?
- 20) Назовите способы задания граничных условий.
- 21) Напишите уравнения теплопроводности для однослойной и многослойной стенок.
- 22) Что такое термическое сопротивление многослойной стенки? В каких единицах оно измеряется?
- 23) Чем отличаются уравнения теплового потока через твердые предметы различной формы (шар, цилиндр, труба, прямоугольник)?
- 24) Что такое регулярный режим нагревания (охлаждения) тел?
- 25) Что такое темп нагревания (охлаждения) тел?
- 26) Как изменится внутренняя энергия нагретого тела при опускании его в холодную воду? Почему?
- 27) Почему батареи центрального отопления ставят под окнами?

*Тестовые задания:*

1. Процесс изменения внутренней энергии тела без совершения работы называют:
  - а) теплопроводность;
  - б) конвекция;
  - в) теплопередача.
2. Что из предложенного не относится к теплопередаче:
  - а) излучение;
  - б) конвенция;
  - в) теплопроводность.
3. Что происходит с теплопередачей, когда температуры соприкасающихся тел выравниваются?
  - а) усиливается;
  - б) уменьшается;
  - в) прекращается.
4. При каком виде теплопередачи осуществляется перенос вещества?
  - а) излучение;
  - б) конвекция;
  - в) теплопроводность.
5. Выберите самый плохой проводник тепла:
  - а) мех;
  - б) дерево;

- в) вакуум.
- 6. Что означает слово «конвекция» в переводе с латинского?
  - а) рассеивание;
  - б) перенесение;
  - в) перемешивание.
- 7. Чем отличается излучение от других видов теплопередачи?
  - а) может осуществляться в полном вакууме;
  - б) излучают только сильно нагретые тела;
  - в) излучают только слабо нагретые тела.
- 8. Путём излучения быстрее охлаждаются тела:
  - а) с тёмной поверхностью;
  - б) со светлой поверхностью;
  - в) с яркой поверхностью.
- 9. Каким способом возможна теплопередача между телами, разделёнными безвоздушным пространством?
  - а) теплопроводностью;
  - б) конвекцией;
  - в) излучением.
- 10. Изменяется ли температура тела, если оно больше испускает энергии излучением, чем поглощает её?
  - а) тело нагревается;
  - б) тело охлаждается;
  - в) температура тела не изменяется.
- 11. Изменится ли температура тела, если оно больше поглощает энергии излучения, чем испускает?
  - а) тело нагревается;
  - б) тело охлаждается;
  - в) температура тела не изменяется.
- 12. На каком способе теплопередачи основано водяное отопление?
  - а) теплопроводность;
  - б) конвекция;
  - в) излучение.

## *Тема 2 Излучение твердых тел. Закон Стефана – Больцмана*

- 1) Какие преобразования происходят с лучистой энергией при попадании на твердое тело?
- 2) Что такое абсолютно серое тело?
- 3) Какими свойствами должны обладать радиационные экраны?
- 4) Сформулируйте закон Кирхгофа. Каков его физический смысл?
- 5) Сформулируйте закон Стефана-Больцмана.
- 6) Какие величины входят в уравнение коэффициента теплоотдачи излучением?
- 7) Сформулируйте закон Планка. Напишите уравнение Планка и объясните его физический смысл.

- 8) Сформулируйте закон Вина и объясните его связь с законом Планка.
- 9) Каковы особенности излучения газов?
- 10) Как определить степень черноты газовой среды?
- 11) Как определяют лучистый теплообмен между параллельными плоскими стенками?

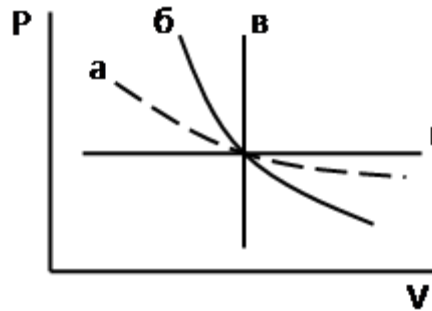
*Тема 3 Уравнение Кирхгофа. Излучение газов*

- 1) Изобразите процесс парообразования на  $vP$ - и  $sT$ -диаграммах.
- 2) Какой пар называется влажным? Сухим? Перегретым?
- 3) Какой пар называется насыщенным? Чему равна его степень сухости?
- 4) Покажите на  $is$ -диаграмме критическую точку, чем она характеризуется?
- 5) Почему на теплоэлектростанциях с повышением давления перегретого пара возникает экономия топлива?
- 6) Какими параметрами можно охарактеризовать состояние влажного, сухого и перегретого пара?
- 7) Что такое скрытая теплота парообразования? Покажите ее на  $sT$ - и  $is$ -диаграммах для какого-либо одного давления.
- 8) Дайте определение влажного воздуха.
- 9) Что такое абсолютная влажность воздуха? В каких единицах она измеряется?
- 10) Что такое влагосодержание воздуха? В каких единицах оно измеряется?
- 11) Что такое относительная влажность воздуха?
- 12) Что такое точка росы?
- 13) В каких пределах может измеряться влагосодержание?
- 14) Как изменяется влагосодержание воздуха при его охлаждении?
- 15) Как изменяется влагосодержание при нагреве воздуха?
- 16) Покажите на  $id$ -диаграмме, как определяется парциальное давление водяных паров.
- 17) Какие процессы можно построить на  $id$ -диаграмме влажного воздуха?

*Тестовые задания:*

- 1) Термодинамические параметры системы:
  - а) масса, объем, давление, температура;
  - б) масса, объем, теплота, температура;
  - в) масса, объем, давление, работа.
2. Для изобарного процесса справедливо уравнение:
  - а)  $V_1/T_1 = V_2/T_2$ ;
  - б)  $V_1 \cdot P_1 = V_2 \cdot P_2$ ;
  - в)  $P_1/T_1 = P_2/T_2$ .
3. Теплота – это кинетическая энергия:
  - а) хаотического движения молекул;

- б) равномерного движения молекул;
  - в) поступательного движения молекул.
4. Энтальпия ( $H$ ) в термодинамической системе играет роль:
- а) функции;
  - б) параметра;
  - в) зависимой переменной.
5. Внутренняя энергия газа пропорциональна его:
- а) давлению;
  - б) температуре;
  - в) объему.
6. Адиабатный процесс в газе в координатах  $P$ - $V$  показан на диаграмме:



- а) а;
  - б) б;
  - в) в;
  - г) г.
- 7) Уравнение политропного процесса выглядит как:
- а)  $p \cdot V^k = \text{const}$ ;
  - б)  $p \cdot V = R \cdot T$ ;
  - в)  $p \cdot V^n = \text{const}$ ;
  - г)  $p \cdot V = \text{const}$
8. По обратному циклу Карно работают:
- а) тепловые двигатели;
  - б) паровые турбины;
  - в) двигатели внутреннего сгорания;
  - г) холодильные установки.
9. Уравнение для изменения внутренней энергии газа в изобарном процессе имеет вид:
- а)  $\Delta U = m \cdot c_p \cdot (T_1 - T_2)$ ;
  - б)  $\Delta U = \ell$ ;
  - в)  $\Delta U = m \cdot c_v \cdot (T_2 - T_1)$ .

*Тема 4 Передача тепла конвекцией: свободная и вынужденная конвекция*

- 1) Нарисуйте плоскую стенку и покажите, какие виды теплообмена наблюдаются при передаче тепла от одного теплоносителя к другому через эту разделительную стенку?
- 2) Назовите наиболее распространенные природные теплоносители.
- 3) Чем отличаются расчетные формулы теплопередачи через цилиндрическую стенку от формул для плоской стенки?
- 4) Как участвует в теплообмене оребрение труб?
- 5) Что такое коэффициент оребрения?
- 6) Какой эффект дает оребрение?
- 7) В каких случаях теплопередачу в трубчатых теплообменниках можно рассматривать как теплопередачу через плоскую стенку?
- 8) При помощи каких исходных аналитических зависимостей находят определяющие критерии?
- 9) Какой критериальной зависимостью следует воспользоваться для определения при вынужденном движении жидкости в трубках теплообменника?
- 10) Какая критериальная зависимость применима для определения при свободном конвективном теплообмене?
- 11) Как влияет характер движения жидкости (ламинарный, турбулентный) на выбор критериального уравнения, с помощью которого подсчитывается коэффициент теплоотдачи?
- 12) По каким показателям определяют возможность применения того или иного критериального уравнения для подсчета коэффициента теплоотдачи?

*Тема 5 Сложный теплообмен в рабочем пространстве коксовых печей*

- 1) Приведите определение огнеупорных материалов.
- 2) Перечислите основные рабочие свойства огнеупоров.
- 3) Приведите классификацию огнеупоров.
- 4) Перечислите технологические параметры нагрева металла.
- 5) Приведите назначение схему работы нагревательного колодца.
- 6) Приведите назначение схему работы методической печи.
- 7) Приведите назначение схему работы термической печи.
- 8) Назовите преимущества и недостатки электротермических установок.
- 9) Назовите основную задачу регенеративного подогрева воздуха.
- 10) Перечислите типы конвективных рекуператоров.
- 11) Приведите последовательность расчета щелевого радиационного подогревателя.
- 12) Какие требования предъявляются в насадке регенератора?
- 13) Перечислите типы регенераторов.
- 14) Опишите технологический режим коксовой печи.



15) Как осуществляется управление процессом коксования?

16) Приведите материальный и тепловой баланс коксовой печи.

17) Как происходит управление процессом обогрева?

*Задачи:*

1) Коксовый цех из 4-х батарей, в каждой из которых по 65 печей. Полезный объем камер коксования –  $30 \text{ м}^3$ .оборот печей 15 ч. После 18 дней работы баланс выявил невыполнение плана на 2% по валовому коксу.

Определить необходимый оборот коксовых печей для того, чтобы за оставшиеся 12 дней месяца выйти на месячное выполнение плана на 100,1%.

Плотность насыпной массы шихты  $0,733 \text{ т/м}^3$ . Выход валового кокса от шихты составляет 75%.

2) Продукты сгорания коксового газа имеют состав, %:  $\text{CO}_2$  8,5;  $\text{O}_2$  2,5;  $\text{CO}$  0,2. Определить значение  $\alpha$ .

3) В результате совершенствования схемы подготовки углей для коксования плотность насыпной массы возросла с 750 до  $780 \text{ кг/м}^3$ . Ваши действия по регулировке обогрева коксовых печей? Обогрев производится коксовым газом с теплотой сгорания  $18500 \text{ кДж/м}^3$ . Расход газа на обогрев следующий:

– машинная сторона –  $5700 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;

– коксовая сторона –  $6200 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Напоминаем, что для поддержания степени готовности кокса на постоянном, установленном уровне необходимо обеспечивать стабильность количества тепла, передаваемого угольной загрузке.

4) Плотность насыпной массы шихты уменьшилась с 775 до  $760 \text{ кг/м}^3$  при неизменной влаге и других параметрах ее качества.

Определить требуемые изменения расхода газа на обогрев батареи для сохранения постоянного уровня готовности кокса. Прежнее значение общего расхода –  $11220 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

5) В результате длительных дождей влажность шихты увеличилась на 2%. Марочный состав и технический анализ шихты остаются прежними. Как изменить расход отопительного газа и температуру в контрольных вертикалах, чтобы сохранить заданную готовность кокса?

Влажность шихты – 9%;

Расход отопительного газа –  $11000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;

Температура в контрольных вертикалах:

– с машинной стороны –  $1300^\circ\text{C}$ ;

– с коксовой стороны –  $1345^\circ\text{C}$ .

Удельный расход тепла на коксование влажной шихты  $q_{\text{в.ш.}} = 2480 \text{ кДж/кг}$ .

Напоминаем, что каждый процент влаги в шихте увеличивает фактический удельный расход тепла на коксование примерно на  $33,5 \text{ кДж/кг}$ , а также требует увеличения температуры в простенках на  $5\text{--}7^\circ\text{C}$ .

При решении задачи следует иметь ввиду, что относительное изменение

удельного расхода тепла на коксование соответствует требуемым относительным изменениям расхода отопительного газа на обогрев.

6) Влажность шихты с 11% уменьшилась до 7%;

Расход отопительного газа – 12000 нм<sup>3</sup>/ч;

Температура в контрольных вертикалах:

– с машинной стороны – 1295° С;

– с коксовой стороны – 1320° С.

Удельный расход тепла на коксование влажной шихты  $q_{в.ш.} = 2495$  кДж/кг.

Напоминаем, что каждый процент влаги в шихте увеличивает фактический удельный расход тепла на коксование примерно на 33,5 кДж/кг, а также требует увеличения температуры в простенках на 5–7 °С.

Определить необходимые изменения расхода отопительного газа и температуры в контрольных вертикалах для сохранения готовности кокса на прежнем уровне.

7) В целях повышения прочности кокса по сопротивлению истирающим воздействиям принято решение увеличить степень готовности кокса.

Температуру в осевой плоскости коксового пирога требуется повысить с 1000 до 1050 °С. Удельный расход тепла на коксование при 1000 °С составляет  $q_{ш} = 2520$  кДж/кг.

Определить необходимые для этого изменения температуры в обогревательных простенках и расход тепла на коксование в условиях постоянного периода коксования.

Из практики обогрева коксовых печей известно, что для повышения температуры в осевой плоскости коксового пирога на 25–30 °С требуется температуру в контрольных вертикалах повысить на 10 °С, т. е. для повышения температуры на 1 °С в осевой плоскости надо в вертикалах ее увеличить на  $10/25 \div 10/30 = 0,4 \div 0,33$  °С. Для увеличения температуры в осевой плоскости на 50 °С в вертикалах надо ее поднять на 17–20 °С ( $0,33 \cdot 50 \approx 17$ ;  $0,4 \cdot 50 = 20$ ).

8) При обогреве доменным газом и  $\alpha = 1,1$  в продуктах сгорания обнаружено 1,2% СО. Их количество составляет на 1 нм<sup>3</sup> газа 1,67 нм<sup>3</sup>. Определить потери тепла в связи с неполным сгоранием газа.

9) При обогреве доменным газом изменение коэффициента избытка воздуха с 1,3 на 1,5 привело к увеличению количества продуктов горения на 1 нм<sup>3</sup> газа с 1,85 до 2 нм<sup>3</sup>. Температура продуктов горения 300 °С, их объемная теплоемкость составляет 1,47 кДж/(нм<sup>3</sup>·К).

Определить дополнительный унос тепла.

10) Определить нормальную калориметрическую температуру ( $t_{н.к}$ ) обезводороженного коксового газа. Для этого газа  $Q_i = 23100$  кДж/нм<sup>3</sup>,  $V_{п.г.} = 6,79$  нм<sup>3</sup>.

11) Определить по упрощенной методике калориметрическую температуру горения коксового газа, при температуре подогрева воздуха

1000 °С и  $\alpha = 1,3$  Для расчета по формуле: воспользуемся следующими исходными данными:  $Q_i = 17700 \text{ кДж/нм}^3$ ;  $V_{\text{вд}} = 5,54 \text{ нм}^3$ ;  $V_{\text{ви}} = 1,28 \text{ нм}^3$ ;  $Q_{\text{эв}} = 5,54 \cdot 1,41 \cdot 1000 = 7800 \text{ кДж/нм}^3$ .

12) Определить калориметрическую температуру горения доменного газа, при температуре подогрева газа и воздуха 1000° С. Для расчета по формуле: воспользуемся следующими исходными данными:  $Q_i = 4070 \text{ кДж/нм}^3$ ;  $V_{\text{в.д.}} = 0,92 \text{ нм}^3$ ;  $V_{\text{в.н.}} = 0,16 \text{ нм}^3$ ;  $Q_{\text{э.в.}} = 0,92 \cdot 1,38 \cdot 1000 = 1270 \text{ кДж/нм}^3$ ;  $Q_{\text{э.г.}} = 1 \cdot 1,55 \cdot 1000 = 1550 \text{ кДж/нм}^3$ .

13) Известно, что  $q_{\text{в.ш.}} = 2700 \text{ кДж/кг}$  при  $W = 10\%$ . Определить  $q_{\text{с.ш.}}$ .

14) Определить  $q_{\text{п.р.}}$ , если при влажности шихты  $W = 10\%$  расход тепла  $q_{\text{в.ш.}} = 2640 \text{ кДж/кг}$ .

### *Тема 6 Теплообменные аппараты, их конструкция и принцип действия*

1) Какие виды теплообмена можно наблюдать в теплообменных аппаратах? Приведите пример.

2) Как составляется тепловой баланс теплообменного аппарата? Приведите пример.

3) В каких случаях среднелогарифмический температурный перепад заменяется среднеарифметическим?

4) Что такое рекуперативные теплообменники? Назовите области их применения.

5) Что называется горением?

6) Как теоретически рассчитывается количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг топлива?

7) Что такое коэффициент избытка воздуха и как он определяется?

#### *Тестовые задания:*

1. Какие поверхностные теплообменники относятся к трубчатым?

- а) спиральные;
- б) оросительные;
- в) пластинчатые.

2. Какие теплообменники имеют более высокий коэффициент теплоотдачи?

- а) «труба в трубе»;
- б) кожухотрубные;
- в) погружные.

3. В каких теплообменниках в качестве насадки применяют кирпичи, металлические листы и т.п.?

- а) смесительные;
- б) регенеративные;
- в) поверхностные.

4. Пластинчатые теплообменники используют для теплообмена:

- а) между газами при атмосферном давлении;
- б) между жидкостями;
- в) между газом и жидкостью.

5. В каких теплообменниках передача тепла от горячего теплоносителя к холодному происходит путем их непосредственного соприкосновения?
- поверхностные;
  - регенеративные;
  - смесительные.
6. Какие поверхностные теплообменники используют в качестве холодильников?
- кожухотрубные;
  - пластинчатые;
  - оросительные.
7. К теплообменным аппаратам с оребренными поверхностями теплообмена относятся:
- пластинчатые калориферы;
  - погружные;
  - регенеративные.
8. Какие теплообменники применяют при высоких температурах теплоносителей (более 5000С)?
- регенеративные;
  - смесительные;
  - поверхностные.
9. Какие теплообменники имеют низкий коэффициент теплообмена?
- «труба в трубе»;
  - спиральные;
  - погружные.
10. Что применяют в качестве насадки в регенераторах для теплообмена между газами при низких температурах (до – 2000С)?
- кирпичи;
  - металлические листы;
  - алюминиевая фольга.

#### *Решение задач по курсу*

- Вычислить секундный расход теплоты ( $Q$ , Вт) через кирпичную стенку высотой  $h$ , длиной  $l$  и толщиной  $\delta$ . Температуры поверхностей стен равны  $t_1$  и  $t_2$ .
- Плоская стенка выполнена из шамотного кирпича толщиной  $\delta$ . Температуры ее поверхности равны  $t_1$  и  $t_2$ . Коэффициент теплопроводности шамотного кирпича зависит от температуры и определяется зависимостью  $\lambda = 0,838(1 + 0,0007 \cdot t)$  Вт/(м·К). Вычислить и изобразить в масштабе распределение температуры в стенке.
- Стены сушильной камеры выполнены из слоя красного кирпича толщиной  $\delta$  и слоя строительного войлока. Температуры на внешней поверхности кирпичного слоя равны  $t_1$  и на внешней поверхности войлока  $t_2$ . Коэффициенты теплопроводности красного кирпича  $\lambda_1$  и строительного войлока  $\lambda_2$ . Вычислить температуру в плоскости 19 соприкосновения слоев и

найти толщину войлочного слоя при условии, чтобы тепловые потери через 1 м 2 стенки не превышал  $q_{пот}$ .

4) Вычислить секундный расход теплоты ( $Q$ , Вт) через стенку трубы из жаропрочной стали, имеющей внутренний диаметр  $d_1$ , мм и наружный диаметр  $d_2$ , мм. Температура наружной поверхности трубы  $t_2$ , °С, температура внутренней поверхности  $t_1$ , °С.

5) Паропровод диаметром  $d_1/d_2$  с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_1$  покрыт изоляцией в два слоя  $\delta_1$  и  $\delta_2$ . Температуры внутренней поверхности трубы  $t_1$  и наружной поверхности изоляции  $t_4$ . Определить потери теплоты через изоляцию с 1 пог. м трубы и температуру на поверхности соприкосновения слоев изоляции, если первый слой 20 изоляции, накладываемый на поверхность трубы, выполнен из материала с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_2$ , а второй слой – из материала с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_3$ .

6) По воздуховоду, размером  $h \times b$  движется воздух со скоростью  $w$ . Температура воздуха  $t$ . Определить критерии  $Re$ ,  $Pe$ ,  $Pr$ .

7) Для изучения движения воздуха в трубе, диаметром  $d_1$ , со средней скоростью  $w$ , использовали модель с диаметром  $d_2$ . Какую скорость воздуха нужно создать в модели, чтобы осуществить в ней подобие с натурой?

8) Найти потери теплоты с одного погонного метра паропровода, который охлаждается свободным потоком воздуха. Наружный диаметр паропровода равен  $d$ , температура его поверхности,  $t_1$ , температура воздуха вдали от паропровода  $t_z$ . Потери теплоты излучением не учитывать.

9) Определить средний коэффициент теплоотдачи соприкосновением от поперечного потока дымовых газов к трубам водяного экономайзера парового котла. Трубы расположены в шахматном порядке. Наружный диаметр труб,  $d$  мм, число рядов труб вдоль потока газов равно  $n$ . Шаг труб поперек потока газов,  $x_1 = 95$  мм. Шаг труб вдоль потока,  $x_2 = 75$  мм. Температура газов перед экономайзером  $t_1$ , после него  $t_2$ . Средняя скорость газов  $w$ .

10) Определить коэффициент теплоотдачи от стенки трубки конденсатора паротурбинной установки к охлаждающей воде, количество передаваемой теплоты и длину трубки, если средняя по ее длине температура стенки  $t_c$ , внутренний диаметр трубки  $d$ , температура воды на входе и выходе из трубки равны соответственно  $t_1$  и  $t_2$ . Средняя скорость воды равна  $w$ .

11) Найти коэффициент теплоотдачи при кипении воды на трубке испарителя, работающей с плотностью теплового потока  $q$ , если температура поверхности трубки  $t$ , а вода находится при температуре насыщения под давлением  $P$ . Наружный диаметр трубки  $d$ .

12) Определить коэффициент теплоотдачи от конденсирующего пара к стенке труб вертикального подогревателя, обогреваемого паром, давлением  $P$ . Высота труб подогревателя  $H$ , диаметр трубок,  $d$ . Температура стенки трубы,  $t$ .

13) По траншее, выложенной кирпичом, проложен трубопровод горячего воздуха. Температура наружной поверхности стенки трубопровода равна  $t$ . Наружный диаметр трубопровода равен  $d$ . Траншея имеет ширину  $b$  и высоту  $h$ . Температура ее кирпичных стен равна  $t_2$ . Определить количество теплоты, отдаваемой излучением трубопровода стенам изоляции, отнеся ее к одному погонному метру трубопровода.

14) Дымовые газы проходят пучок труб при средней температуре газов  $t$ . Температура стенок труб  $t_c$ . Состав газовой смеси  $\tau_{CO_2}$ ,  $\tau_{H_2O}$ . Трубы расположены в вершинах равностороннего треугольника. Диаметр труб 83 мм. Вычислить количество теплоты, передаваемой излучением, и коэффициент теплоотдачи излучением, если расстояние между поверхностями труб  $x = 83$  мм.

15) Воздух расходом  $G_2$  нагревается в трубчатом воздухоподогревателе парового котла от температуры  $t'_в$  до  $t''_в$ . Воздух движется поперек трубного пучка со средней скоростью в узком сечении  $w_v$ . Трубы расположены в шахматном порядке с 25 шагами  $s_1=s_2$ . Дымовые газы (13 %  $CO_2$ ; 11 %  $H_2O$ ) в количестве  $G_1$  движутся внутри стальных труб диаметром  $d_2/d_1$  со средней скоростью  $w_g$ . Температура газов на входе в воздухоподогреватель  $t_g$ . Определить необходимую поверхность теплообмена.

Полные данные для расчетов находятся у преподавателя.

### 6.5 Вопросы для подготовки к зачету

- 1) Перечислить существующие виды теплопередачи.
- 2) Описать стационарный процесс передачи тепла теплопроводностью.
- 3) Описать нестационарный процесс передачи тепла теплопроводностью.
- 4) Написать уравнение теплопроводности Фурье.
- 5) Охарактеризовать стационарное температурное поле.
- 6) Охарактеризовать нестационарное температурное поле.
- 7) Что такое излучение твердых тел?
- 8) Написать уравнение передачи тепла излучением Стефана – Больцмана.
- 9) Написать Уравнение Кирхгофа.
- 10) Изложить вывод из уравнения Кирхгофа.
- 11) В чем заключаются особенности излучения газов?
- 12) Как осуществляется определение степени черноты газов?
- 13) Охарактеризуйте свободную конвекцию.
- 14) Опишите вынужденную конвекцию.
- 15) Опишите сложный теплообмен в рабочем пространстве коксовых печей излучением и конвекцией.
- 16) Опишите сложный теплообмен в рабочем пространстве коксовых

печей конвекцией и теплопроводностью.

17) Приведите классификацию и конструкция основных типов теплообменных аппаратов.

18) В чем заключается тепловая работа регенераторов коксовых печей?

19) Опишите тепловую работу рекуператоров коксовых печей.

20) Опишите конструкцию и тепловую работу блочных керамических рекуператоров коксовых печей.

21) Опишите конструкцию и тепловую работу коксовых рекуператоров из гладких стальных труб.

## **6.6 Примерная тематика курсовых работ**

Курсовые работы не предусмотрены.

## 7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Рекомендованная литература

#### *Основная литература*

1. Ведерникова, М. И. Тепловые и массообменные процессы: учебно-методическое пособие / М. И. Ведерникова, Л. Г. Старцева, И. К. Гиндулин; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2023. – 158 с. – Режим доступа: [https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/12711/1/Vedernikova\\_23.pdf](https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/12711/1/Vedernikova_23.pdf)
2. Основы высокотемпературной теплотехнологии: учебное пособие / А.В. Бараков, Д.А. Прутских, А.А. Надеев, В.Ю. Дубанин; ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. – 91 с. – Режим доступа: <https://cchgeu.ru/upload/iblock/1a5/ccc2xcqb8tlywzcmves7ehfpn7c9h3h7/Osnovy-vysokotemp.-teplotekhn. Ucheb.-posobie 2022- VTPiU .pdf>
3. Королев, В.Н. Теоретические основы теплотехники. Теплоперенос: учебное пособие / В.Н. Королев, А.В. Островская; М-во науки и высш. обр. РФ.— Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2021.— 206 с. – Режим доступа: [file:///C:/Users/Ramazanova/Downloads/978-5-7996-3333-2\\_2021.pdf](file:///C:/Users/Ramazanova/Downloads/978-5-7996-3333-2_2021.pdf)

#### *Дополнительная литература*

1. Коновалова, Л.С. Теоретические основы теплотехники. Теплопередача: учебное пособие / Л.С. Коновалова, Ю.А. Загромов – Томск: Изд. ТПУ, 2001. – 118 с. – Режим доступа: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1731068792&tld=ru&lang=ru&nam>
2. Баранов, В.М. Термодинамика и теплопередача: Учебное пособие: 2-е издание, переработанное / В.М. Баранов, А.Ю. Коньков. – Хабаровск: Издательство ДВГУПС, 2004. – 91 с. – Режим доступа: [https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1731068792&tld=ru&lang=ru&name=Termodinamika\\_i\\_teploperedasha-Baranov.pdf&text=](https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1731068792&tld=ru&lang=ru&name=Termodinamika_i_teploperedasha-Baranov.pdf&text=)
3. Дьяконов, В. Г. Основы теплопередачи и массообмена: учебное пособие /В. Г. Дьяконов, О. А. Лонцаков; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2015. – 244 с. – Режим доступа: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1731068792&tld=ru&lang=ru&name=>
4. Котовский, В.Н. Теплопередача: конспект лекций. – М.: МГТУ ГА, 2015. – 76 с. – Режим доступа: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1731068792&tld=ru&lang=ru&name=>
5. Виноградов, В. С. Техническая термодинамика и теплопередача в примерах и задачах: учеб. пособие / В. С. Виноградов, А. В. Космынин, А. Ю. Попов. –2-е изд., перераб. и доп. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2012. – 346 с. – Режим доступа:



<https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1731068792&tld=ru&lang=ru&name=>

### **Методическое обеспечение**

1. Термодинамика практикум: [Электронный ресурс] / сост. С. С. Макаров – Электронное издание – Ижевск: Удмуртский университет, 2022. – 50 с. – Режим доступа:

[https://docviewer.yandex.ru/view/0/?page=2&\\*=KBjpJ7Q%](https://docviewer.yandex.ru/view/0/?page=2&*=KBjpJ7Q%)

### **7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Научная библиотека ДонГТУ: официальный сайт.— Алчевск. — URL: [library.dstu.education](http://library.dstu.education).— Текст: электронный.

2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>.— Текст: электронный.

3. Консультант студента: электронно-библиотечная система.— Москва. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>.— Текст: электронный.

4. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система.— URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red).— Текст: электронный.

5. IPR BOOKS: электронно-библиотечная система.— Красногорск. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/>. —Текст: электронный.

6. ЭБС Издательства "Университетская библиотека онлайн" <http://e.lanbook.com/>

7. ЭБС Издательства "ЛАНЬ": [сайт]. – <https://e.lanbook.com/>

8. Цифровая библиотека IPR SMART: [сайт]. — <https://www.iprbookshop.ru/>

9. Национальная электронная библиотека: [сайт]. – <https://rusneb.ru/>

10. Российская Государственная Библиотека: [сайт]. – <https://diss.rsl.ru/>

11. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: [сайт]. — <https://cyberleninka.ru/>

12. Научная электронная библиотека eLIBRARY: [сайт]. — <https://elibrary.ru/defaultx.asp?/>

13. Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» – <https://biblio.asu.edu.ru>

14. ЭБС «Университетская Библиотека Онлайн» <https://biblioclub.ru>

15. Информационно-библиотечный комплекс «Политех» <https://library.spbstu.ru>

## 8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение

| Наименование оборудованных учебных кабинетов                                                                                                                                                                                                                             | Адрес (местоположение) учебных кабинетов      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Интерактивная доска, компьютеры, планшеты, раздаточный материал для лабораторных работ, вытяжной шкаф, лабораторный стол преподавателя, лабораторные столы для студентов, учебный стенд, оборудование для лабораторных работ.<br>Численность посадочных мест- 30 человек | 406 главный корпус<br>Лаборатория общей химии |

## Лист согласования РПД

Разработал  
старший преподаватель кафедры  
металлургических технологий  
(должность)

 Е.Ю. Рамазанова  
(подпись) (Ф.И.О.)

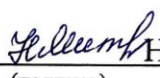
\_\_\_\_\_  
(должность)

\_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_  
(должность)

\_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

И.о. заведующего кафедрой  
металлургических технологий

 Н.Г. Митичкина  
(подпись) (Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры  
металлургических технологий

от 30.08.2024г.

И.о декана факультета горно-  
металлургической промышленности  
и строительства

 О.В. Князьков  
(подпись) (Ф.И.О.)

Председатель методической  
комиссии по направлению подготовки  
18.03.01 «Химическая технология»  
Профиль «Химическая технология  
природных энергоносителей и  
углеродных материалов»

 Н.Г. Митичкина  
(подпись) (Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра

 О.А. Коваленко  
(подпись) (Ф.И.О.)

## Лист изменений и дополнений

|                                                                                 |                           |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений |                           |
| ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:                                                          | ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ: |
| Основание:                                                                      |                           |
| Подпись лица, ответственного за внесение изменений                              |                           |