

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
СТАРООСКОЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.А. УГАРОВА
(филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»
СТИ НИТУ «МИСИС»

Рабочая программа утверждена
решением Ученого совета
СТИ НИТУ «МИСИС»
от «24» июня 2025 г.
протокол № 26

Рабочая программа дисциплины

Теория и процессы получения восстановительных газов

| | |
|------------------------|--|
| Закреплена за кафедрой | <u>Кафедра металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой</u> |
| Направление подготовки | 22.03.02 Металлургия |
| Профиль | Технология производства металлизированного сырья |
| Квалификация | <u>Бакалавр</u> |
| Форма обучения | <u>Очная</u> |
| Общая трудоемкость | 5 ЗЕТ |

| | |
|-------------------------|------------|
| Часов по учебному плану | <u>180</u> |
| в том числе: | |
| аудиторные занятия | <u>34</u> |
| самостоятельная работа | <u>110</u> |
| часов на контроль | <u>36</u> |

Формы контроля в семестрах:
экзамен 6 семестр, курсовая работа

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр | 6 | | Итого | |
|-------------------|-----|-----|-------|-----|
| | УП | РП | УП | РП |
| Лекции | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Практические | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Контактная работа | 34 | 34 | 34 | 34 |
| Сам. работа | 110 | 110 | 110 | 110 |
| Часы на контроль | 36 | 36 | 36 | 36 |
| Итого: | 180 | 180 | 180 | 180 |

Год набора 2023.
В редакции 2025 г.

Программу составил(и):
доцент, кандидат технических наук., доцент
Никитченко Татьяна Владимировна

Должность, уч. ст., уч. зв. ФИО полностью



подпись

Рабочая программа дисциплины

Теория и процессы получения восстановительных газов

наименование

Разработана в соответствии с ОС ВО НИТУ МИСИС:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат,
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана 2023 года набора:

22.03.02 Metallurgy

Профиль: Технология производства металлизированного сырья, утвержденного Ученым советом СТИ НИТУ «МИСИС» 24.06.2025 г., протокол № 26.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой

наименование кафедры

Протокол от «05» июня 2025 г. № 8

Зав. кафедрой

ММ им. С.П. Угаровой

аббревиатура наименования кафедры

«05» июня 2025 г.



подпись

АВ. Сазонов

И.О. Фамилия

Руководитель ОПОП ВО

заведующий кафедрой ММ им. С.П. Угаровой,

доктор технических наук, доцент

должность, уч. ст., уч. зв.

«05» июня 2025 г.



подпись

АВ. Сазонов

И.О. Фамилия

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

Цель освоения дисциплины «Теория и процессы получения восстановительных газов» – формирование компетенций в соответствии с учебным планом и подготовка обучающихся в области тепловой работы и конструкций печей-реформеров и их практического применения при для получения восстановительных газов для технологий ХИЛ-3 и Мидрекс.

Задачи дисциплины:

- приобретение обучающимися навыков анализа теплового и температурного режимов работы печи-реформера, выявления достоинств и недостатков, обоснования способов совершенствования тепловой работы печи-реформера;
- научить обучающихся выявлению связей между методами теплогенерации и тепло массообменными процессами, протекающими при получении восстановительного газа в реформере;
- освоение и применение обучающимися современных методик расчета процесса реформирования и теплового и материального балансов печи-реформера.

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

| | |
|-------------------|--|
| Цикл (раздел) ОП: | Б1.В.12 |
| 2.1 | Требования к предварительной подготовке обучающегося: |
| 2.1.1 | Математика |
| 2.1.2 | Физика |
| 2.1.3 | Тепломассообмен |
| 2.1.4 | Теория и практика сжигания топлива |
| 2.2 | Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: |
| 2.2.1 | Физико-химические основы процессов восстановления железа |
| 2.2.2 | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы |
| 2.2.3 | Выполнение и защита выпускной квалификационной работы, включая, подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты |

3. ИНДИКАТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ, СОВМЕЩЕННЫЕ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач

| | |
|----------|--|
| Знать: | УК-1-31 основные принципы отбора и обобщения информации о тепловой работе реформера УК-1-32 вычислительные и экспериментальные методы исследования процессов конверсии природного газа |
| Уметь: | УК-1-У1 соотносить разнородные явления и систематизировать информацию о тепловой работе реформеров УК-1-У2 анализировать процессы и определять критические параметры в тепловой работе и конструкции реформеров на основе передовых методов и технологий измерений и исследований |
| Владеть: | УК-1-В1 методами установления причинно-следственных связей и определения наиболее значимых показателей работы реформеров УК-1-В2 механизмами поиска информации, в том числе с применением современных информационных и коммуникационных технологий |

ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания

| | |
|----------|--|
| Знать: | ОПК-1-31 физико-химические основы процессов конверсии природного газа ОПК-1-31 методы моделирования, математического анализа применительно к тепловой работе и конструкции реформеров |
| Уметь: | ОПК-1-У1 применять теоретические знания, математический аппарат и инженерную практику в области тепловой работы печей-реформеров |
| Владеть: | ОПК-1-В1 практическими навыками применения физико-химических законов и математического аппарата для решения задач в области конверсии природного газа и тепловой работы реформера |

ОПК-3: Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области проектного менеджмента, применять знание экономических, организационных и управленческих вопросам, таких как: управление проектами, рисками и изменениями

| | |
|--------|--|
| Знать: | ОПК-3-31 основные законы гидрогазодинамики, термодинамики ОПК-3-32 – основные законы и способы переноса теплоты и массы |
| Уметь: | ОПК-3-У1 применять основные законы и уравнения тепломассообмена для выполнения технических |

| | |
|--|--|
| | расчетов в работе реформера ОПК-3-У2 пользоваться термодинамическими схемами, диаграммами, графиками и таблицами теплофизических свойств веществ и газов для термодинамического анализа процессов конверсии природного газа в реформере |
| Владеть: | ОПК-3-В1 методами термодинамического анализа процессов конверсии природного газа в реформерах |
| <i>ОПК-5: Способен решать научно-исследовательские задачи при осуществлении профессиональной деятельности с применением современных информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области</i> | |
| Знать: | ОПК-5-З1 методы моделирования физических, химических и технологических процессов при получении восстановительных газов |
| Уметь: | ОПК-5-У1 использовать методы исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств физических и химических процессов, протекающих при получении восстановительных газов |
| Владеть: | ОПК-5-В1 способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов при получении восстановительных газов |
| <i>ПК- 2: Способность осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии</i> | |
| Знать: | ПК-2-З1 основные принципы моделирования и анализа, а также экспериментальных исследований с целью адекватного описания технологических процессов получения восстановительных газов |
| Уметь: | ПК-2-У1 осуществлять предварительную обработку и анализ экспериментальных данных о характере процесса получения восстановительных газов на основе анализа термодинамических и кинетических закономерностей его протекания |
| Владеть: | ПК-2-В1 навыками по моделированию и обработке полученных экспериментальных данных о печи-реформере и процессе получения восстановительных газов |

| 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ | | | | | | |
|---------------------------|--|---------|------------------|---|----------------------------------|------------|
| Код занятия | Наименование разделов и тем / вид занятия/ | Семестр | Количество часов | Компетенции | Литература и электронные ресурсы | Примечание |
| | Раздел 1. Основные положения процесса реформинга. Физико-химические основы процессов конверсии природного газа: | | | | | |
| 1.1 | Основные понятия и определения. Физико-химические основы процессов конверсии природного газа: Тепловой эффект химической реакции, факторы, влияющие на тепловой эффект, законы Кирхгофа, Вант-Гоффа. Константа равновесия химической реакции. Существующие способы конверсии природного газа. Подготовка природного газа к конверсии. /Лек / | 6 | 2 | УК-1-31 УК-1-32 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 ПК-2-31 | Л.1.1 Л.1.2 Л. 1.3 | |
| 1.2 | Основы катализа. Виды катализаторов реформера, требования к качественным показателям катализатора. Механизм протекания химических реакций на катализаторе. /Лек / | 6 | 1 | УК-1-31 УК-1-32 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 ПК-2-31 | Л.1.1 Л.1.2 Л. 1.3 | |
| 1.3 | Процессы теплообмена в реакционных трубах реформера. /Лек / | 6 | 1 | УК-1-31 УК-1-32 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 ПК-2-31 | Л.1.1 Л.1.2 Л. 1.3 | |
| 1.4 | Расчёт состава газовых смесей. Расчет теплового эффекта реакций конверсии метана в стандартных условиях и при изменении термодинамических параметров газовой смеси. Расчёт константы равновесия реакций, протекающих в реформере. /Пр / | 6 | 3 | УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-В1 УК-1-В2 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-3-31 ОПК-3-У2 | Л.1.1 Л.1.2 Л. 1.3 | |

| | | | | | | |
|-----|--|---|---|--|--|--|
| 1.5 | Расчёт теплофизических свойств газовых смесей, поступающих в реформер, и реформированного газа /Пр / | 6 | 2 | УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-В1 УК-1-В2 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-3-31 ОПК-3-У2 | Л.1.1 Л.1.2 Л. 1.3 | |
| 1.6 | Подготовка к следующему практическому занятию, завершение расчётов по текущему практическому занятию. /Ср / | 6 | 6 | УК-1-31 УК-1-32 УК-1-33 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-В1 УК-1-В2 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-2-31 ПК- 2-У1 ПК- 2-В1 | Л.1.1 Л.1.2 Л. 1.3 Л. 2.1 Л. 2.2 | |
| 1.7 | Закрепление темы раздела путем изучения литературы в НТБ НИТУ «МИСИС» и ресурсов сети «Интернет». /Ср / | 6 | 4 | УК-1-31 УК-1-32 УК-1-33 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-В1 УК-1-В2 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-3-31 ОПК-3-32 ОПК-3-У1 ОПК-3-У2 ОПК-3-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 ПК-2-31 ПК- 2-У1 ПК- 2-В1 | Л.1.1 Л.1.2 Л. 1.3 Л. 2.1 Л. 2.2 | |
| | Раздел 2. Способы конверсии природного газа | | | | | |
| 2.1 | Паровая конверсия метана: термодинамика и кинетика процесса. Соотношение исходных веществ, влияние температуры и давления на процесс конверсии природного газа. Особенности процесса. /Лек / | 6 | 1 | УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-В1 УК-1-В2 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-3-31 ОПК-3-У2 | Л.1.1 Л.1.2 Л. 1.3 | |
| 2.2 | Углекислотная конверсия метана: термодинамика и кинетика процесса. | 6 | 1 | УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-В1 УК-1-В2 | Л.1.1 Л.1.2 Л. 1.3 | |

| | | | | | | |
|-----|--|---|---|--|--|--|
| | Соотношение исходных веществ, влияние температуры и давления на процесс конверсии природного газа. Особенности процесса, требования к катализаторам /Лек / | | | ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-3-31 ОПК-3-У2 | | |
| 2.3 | Расчет состава реформированного газа при использовании паровой конверсии /Пр / | 6 | 4 | УК-1-31 УК-1-32 УК-1-33 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-В1 УК-1-В2 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-2-31 ПК- 2-У1 ПК- 2-В1 | Л.1.1 Л.1.2 Л. 1.3 | |
| 2.4 | Расчет состава реформированного газа при использовании углекислотной конверсии. Расчет коэффициентов безопасности и активности катализаторов. /Пр / | 6 | 4 | УК-1-31 УК-1-32 УК-1-33 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-В1 УК-1-В2 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-2-31 ПК- 2-У1 ПК- 2-В1 | Л.1.1 Л.1.2 Л. 1.3 | |
| 2.5 | Подготовка к следующему практическому занятию, завершение расчётов по текущему практическому занятию. /Ср / | 6 | 4 | УК-1-31 УК-1-32 УК-1-33 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-В1 УК-1-В2 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-2-31 ПК- 2-У1 ПК- 2-В1 | Л.1.1 Л.1.2 Л. 1.3 Л. 2.1 Л. 2.2 | |
| 2.6 | Закрепление темы раздела путем изучения литературы в НТБ НИТУ «МИСИС» и ресурсов сети «Интернет». /Ср / | 6 | 6 | УК-1-31 УК-1-32 УК-1-33 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-В1 УК-1-В2 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-3-31 ОПК-3-32 | Л.1.1 Л.1.2 Л. 1.3 Л. 2.1 Л. 2.2 | |

| | | | | | | |
|-----|---|---|----|--|--------------------------|--|
| | | | | ОПК-3-У1 ОПК-3-У2 ОПК-3-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 ПК-2-31 ПК- 2-У1 ПК- 2-В1 | | |
| | Раздел 3. Факторы, влияющие на процесс реформирования | | | | | |
| 3.1 | Устройство и технические характеристики реформера установки НУЛ-III: реакционные трубы, катализаторы, огнеупоры, топливная система, система подготовки пара, котел-утилизатор. /Лек / | 6 | 4 | УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 ПК-2-31 ПК- 2-У1 ПК- 2-В1 | Л.1.1 Л.1.2 Л. 1.3 | |
| 3.2 | Устройство и технические характеристики реформера установки MIDREX: реакционные трубы, катализаторы, огнеупоры, топливная система, обеспечение безопасности катализатора. /Лек / | 6 | 4 | УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 ПК-2-31 ПК- 2-У1 ПК- 2-В1 | Л.1.1 Л.1.2 Л. 1.3 | |
| 3.3 | Факторы, влияющие на процесс реформирования природного газа. Опасные химические реакции для катализатора. Пути интенсификации физико-химических процессов в реформере. /Лек / | 6 | 3 | УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-В1 УК-1-В2 ОПК-2-31 ОПК-2-32 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 | Л.1.1 Л.1.2 Л. 1.3 | |
| 3.4 | Расчёт констант равновесия реакций выпадения углерода. Расчет состава реформированного газа в процессе МИДРЕКС. /Пр / | 6 | 4 | УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-В1 УК-1-В2 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-3-31 ОПК-3-32 ОПК-3-У1 ОПК-3-У2 ОПК-3-В1 | Л.1.1 Л.1.2 Л. 1.3 | |
| 3.5 | Подготовка к следующему | 6 | 28 | УК-1-31 УК-1-32 | Л.1.1 Л.1.2 | |

| | | | | | | |
|-----|--|---|----|--|--|--|
| | практическому занятию, завершение расчётов по текущему практическому занятию. /Ср / | | | УК-1-33 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-В1 УК-1-В2 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-3-31 ОПК-3-32 ОПК-3-У1 ОПК-3-У2 ОПК-3-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 ПК-2-31 ПК- 2-У1 ПК- 2-В1 | Л. 1.3 Л. 2.1 Л. 2.2 | |
| 3.6 | Закрепление темы раздела путем изучения литературы в НТБ НИТУ «МИСИС» и ресурсов сети «Интернет». /Ср / | 6 | 28 | УК-1-31 УК-1-32 УК-1-33 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-В1 УК-1-В2 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-3-31 ОПК-3-32 ОПК-3-У1 ОПК-3-У2 ОПК-3-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 ПК-2-31 ПК- 2-У1 ПК- 2-В1 | Л.1.1 Л.1.2 Л. 1.3 Л. 2.1 Л. 2.2 | |
| 3.7 | Выполнение расчетных заданий по учебной дисциплине. /Ср / | 6 | 34 | УК-1-31 УК-1-32 УК-1-33 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-В1 УК-1-В2 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-3-31 ОПК-3-32 ОПК-3-У1 ОПК-3-У2 ОПК-3-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 ПК-2-31 ПК- 2-У1 | Л.1.1 Л.1.2 Л. 1.3 Л. 2.1 Л. 2.2 Л. 3.1 | |

| | | | | | | |
|--|--------------------------------|---|----|--|--|--|
| | | | | ПК- 2-В1 | | |
| | Часы на контроль /Контроль/ | 6 | 36 | УК-1-31 УК-1-32 УК-1-33 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-В1 УК-1-В2 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-3-31 ОПК-3-32 ОПК-3-У1 ОПК-3-У2 ОПК-3-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 ПК-2-31 ПК- 2-У1 ПК- 2-В1 | Л.1.1 Л.1.2 Л. 1.3 Л. 2.1 Л. 2.2 Л. 3.1 | |

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену

1. Способы конверсии природного газа (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
2. Требования к природному газу (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
3. Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
4. Химическое равновесие. Константа равновесия, её свойства (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
5. Подготовка природного газа к конверсии (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
6. Механизм протекания реакций на катализаторе в реформере (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
7. Требования к катализаторам, применяемым в реформере ХИЛ (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
8. Требования к катализаторам, применяемым в реформере МИДРЕКС (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
9. Механизм теплообмена в реакционных трубах реформера (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
10. Особенности паровой конверсии природного газа (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
11. Влияние и температуры и давления на процесс паровой конверсии природного газа (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
12. Отличительные особенности углекислотной конверсии природного газа (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)

13. Структурная схема реформера в процессе ХИЛ (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
14. Топливная система реформера в процессе ХИЛ (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
15. Система подготовки пара в реформере ХИЛ (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
16. Конструктивные особенности реформера в процессе ХИЛ (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
17. Конструкция реформера МИДРЕКС (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
18. Топливная система реформера МИДРЕКС (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
19. Требования к катализаторам, применяемым в реформере МИДРЕКС (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
20. Влияние тяжелых углеводородов на процесс конверсии природного газа (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
21. Влияние размера труб, температуры и давления на процесс конверсии природного газа (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
22. Способы интенсификации процессов конверсии природного газа (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
23. Опасные химические реакции для катализатора в реформере МИДРЕКС (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
24. Коэффициент безопасности катализатора, от чего он зависит (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
25. Коэффициент активности катализатора (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
26. Факторы, влияющие на коэффициент активности катализатора (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
27. Методика расчёта состава реформированного газа в паровом реформере (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
28. Методика расчета реформированного газа в процессе МИДРЕКС (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
29. Требования к реформированному газу в процессе ХИЛ (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)
30. Требования к реформированному газу в процессе МИДРЕКС (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)

УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине | | | | |
| <p>Выполнение расчетных заданий учебной дисциплины:</p> <p>Расчёт коэффициентов безопасности и активности катализатора (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1)</p> <p>Выполняется по вариантам. Отчет оформляется на листах формата А4. Требования к содержанию отчета:</p> <ul style="list-style-type: none"> - постановка задачи, - методика решения с представлением соответствующих формул, - результаты расчетов, - ответы на контрольные вопросы. <p>По дисциплине выполняются практические задания (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1), в ходе которых рассчитываются параметры газовых смесей, поступающих на конверсию в реакционные трубы реформера, составы получаемых реформированных газов, условия равновесия химических реакций, протекающих в реформере, теплофизические свойства газовых смесей, коэффициенты безопасности и активности катализатора</p> <p>Итоговая контрольная работа в форме теста (УК-1-31; УК-1-32; УК-1-33; УК-1-У1; УК-1-У2; УК-1-В1; УК-1-В2; ОПК-1-31; ОПК-1-32; ОПК-1-У1; ОПК-1-В1; ОПК-3-31; ОПК-3-32; ОПК-3-У1; ОПК-3-У2; ОПК-3-В1; ОПК-5-31; ОПК-5-У1; ОПК-5-В1; ПК-2-31; ПК- 2-У1; ПК- 2-В1).</p> <p>В Фонде оценочных материалов приведена тематика практических занятий, вопросы для итоговой контрольной работы</p> | | | | |
| 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.) | | | | |
| <p>В семестре 6 по курсу предусмотрен экзамен и курсовая работа.</p> <p>Экзаменационный билет включает в себя 2 теоретических вопроса из установленного перечня.</p> <p>Билеты хранятся на кафедре и утверждены заведующим кафедрой.</p> | | | | |
| 5.4. Методика оценки освоения | | | | |
| <p>Требования к оцениванию в соответствии с учебным планом: экзамен в 7 семестре.</p> <p>Система оценивания, используемая преподавателем для текущей оценки успеваемости – балльно рейтинговая:</p> <ul style="list-style-type: none"> - посещение занятий – по 0,5 балла за 1 занятие (всего 17 занятий), итого не более 8 баллов; - выполнение практических работ – по 4 балла (всего 9 занятий), итого не более 36 баллов; - выполнение домашнего задания –16 баллов. <p>ИТОГО не более 60 баллов в семестре.</p> <p>Условие допуска к экзамену по дисциплине – наличие не менее 60 баллов семестровой работы.</p> <p>Методика расчета оценки на экзамене. Ответ на экзамене оценивается в 40 баллов.</p> <p>Критерии определения оценок на экзамене:</p> <p>Оценка «отлично» – обучающийся показывает глубокое знание программного материала, а также основного содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой: основной и дополнительной; знание концептуально-понятийного аппарата всего курса; знание монографической литературы по курсу, свидетельствует о способности:</p> <ol style="list-style-type: none"> самостоятельно критически оценивать основные положения курса; увязывать теорию с практикой. <p>Оценка «хорошо» – обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания материала по программе; знание рекомендованной литературы: основной и дополнительной; ответ содержит в целом правильное, но не всегда точное и аргументированное изложение материала.</p> <p>Оценка «удовлетворительно» – обучающийся показывает поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; испытывает затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии курса; стремление логически четко построить ответ, а также свидетельствует о возможности последующего обучения.</p> <p>Оценка «неудовлетворительно» – обучающийся имеет существенные пробелы в знании основного материала по программе, а также допускает принципиальные ошибки при изложении материала.</p> <p>Оценка «неявка» – обучающийся на экзамен не явился.</p> | | | | |

| 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ | | | | |
|--|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------|----------------------|
| 6.1. Рекомендуемая литература | | | | |
| 6.1.1 Основная литература | | | | |
| Обозначение | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
| Л. 1.1 | А.С. Тимофеева, Т.В. Никитченко | Физико-химические процессы реформинга | НТБ СТИ НИТУ МИСИС | Старый Оскол: "ТНТ", |

| | | | | |
|--------|---|--|--|------------------------------------|
| | <i>Е.С. Тимофеев В.В. Федина</i> | <i>газов</i> | | <i>2018.</i> |
| Л. 1.2 | <i>Г.П. Духанин</i> | <i>Термодинамические расчеты химических реакций. Учебное пособие</i> | <i>Доступно на сайтах: - Eruditor — файл пособия в формате PDF. Адрес: u.eruditor.one. - Z-Library — пособие доступно для скачивания в формате PDF. Адрес: ru.z-lib.fm.</i> | <i>Волг-ГТУ.- Волгоград, 2010.</i> |
| Л. 1.3 | <i>А.Г.Х. Алфаяд, Д.З. Валиев, Р.А. Кемалов, А.Ф. Кемалов</i> | <i>Моделирование установки парового риформинга метана с выделением водорода: учебно-методическое пособие</i> | <i>Текст пособия доступен на сайте dspace.kpfu.ru.</i> | <i>Казань. 2023</i> |
| | | | | |

6.1.2 Дополнительная литература

| Обозначение | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|-------------|----------------------|---|--|--|
| Л. 2.1 | <i>В.П. Суханов</i> | <i>Каталитические процессы в нефтепереработке</i> | <i>Национальная электронная библиотека (НЭБ)</i> | <i>М.: Химия. 1979.</i> |
| Л. 2.2 | <i>В.С. Арутюнов</i> | <i>Окислительная конверсия природного газа</i> | <i>Национальная электронная библиотека (НЭБ)</i> | <i>издательство «Красанд» (ISBN 978-5-39-600846-5) 2019.</i> |

6.1.3 Методические разработки

| Обозначение | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|-------------|---------------------------------------|---|---------------------------|-----------------------------------|
| Л. 3.1 | <i>Т.В. Никитченко, Н.А. Киселёва</i> | <i>Теория и процессы получения восстановительных газов. Учебное пособие для выполнения курсовой работы для бакалавров</i> | <i>НТБ СТИ НИТУ МИСИС</i> | <i>Старый Оскол: "ТНТ", 2026.</i> |
| | | | | |

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

| | |
|-----|---|
| Э 1 | https://www.nakal.ru/ Печи и оборудование для термообработки металлов |
|-----|---|

6.3. Перечень программного обеспечения

| | |
|-----|--|
| П 1 | <i>Microsoft Office</i> |
| П 2 | <i>MS Windows</i> |
| П 3 | <i>KasperskyEndpointSecurity для бизнеса</i> |

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

| | |
|-----|--|
| | <i>Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:</i> |
| И 1 | <i>Научная электронная библиотека eLIBRARY https://elibrary.ru/</i> |
| | <i>Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСИС):</i> |
| И 2 | <i>аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science https://apps.webofknowledge.com</i> |
| И 3 | <i>аналитическая база (индексы цитирования) Scopus https://www.scopus.com/</i> |
| И 4 | <i>научометрическая система InCites https://apps.webofknowledge.com</i> |
| И 5 | <i>научные журналы издательства Elsevier https://www.sciencedirect.com/</i> |

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

| | |
|-----|---|
| 7.1 | <i>Аудитория № 308 Лаборатория технической термодинамики и механики газов Перечень основного оборудования, учебно-наглядных пособий: комплект учебной мебели на 25 посадочных мест персональный компьютер ПЭВМ "ХОПЕР", проектор для презентаций EB-460. Программное обеспечение:</i> |
|-----|---|

| | |
|--|--|
| | <i>Microsoft Windows, Microsoft Office, Kaspersky Endpoint Security для бизнеса.</i> |
| | |
| | |

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ, НИР)

Для успешного освоения дисциплины «Теория и процессы получения восстановительных газов» обучающемуся необходимо:

1. *Посещать все виды занятий.*
2. *Своевременно зарегистрироваться на рекомендованные электронные ресурсы.*
3. *При возникновении любых вопросов по содержанию курса и организации работы своевременно обращаться к преподавателю (в часы очных консультаций, через MS Teams или LMS Canvas).*
4. *Отчеты по расчётному заданию выполнять с использованием MS Office.*
5. *Активно работать с научными базами в сети Интернет.*

Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей аттестации.

Студенты готовят ответы, касающиеся вопросов, рассматриваемых на занятиях. Материал для подготовки представлен в литературе по этой дисциплине.