

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 «22» июня 2020 г.  
протокол № 23

## Рабочая программа дисциплины

# Физико-химические основы реформинга газов

Закреплена за кафедрой Кафедра металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой  
Направление подготовки 22.04.02 Металлургия  
Профиль Прогрессивные металлургические технологии

Квалификация **Магистр**  
Форма обучения **Очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 144  
в том числе:  
  
аудиторные занятия 34  
самостоятельная работа 110  
часов на контроль           

Формы контроля в семестрах:  
Зачет с оценкой 1  
Курсовая работа 1

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	1		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Семинары	17	17	17	17
Практические занятия	17	17	17	17
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	110	110	110	110
Итого:	144	144	144	144

Год набора 2019.  
В редакции 2020 г.

Программу составил(и):  
профессор, кандидат технических наук, доцент  
Тимофеева Анна Стефановна

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

  
*подпись*

Рабочая программа дисциплины

**Физико-химические основы реформинга газов**

*наименование*

Разработана в соответствии с ОС ВО НИТУ «МИСиС»:  
Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура,  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.04.02 Metallurgy (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана 2019 года набора:

22.4.02 Metallurgy

Профиль: Прогрессивные металлургические технологии, утвержденного Ученым советом СТИ НИТУ «МИСиС»  
22.06.2020. протокол №23.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой**

*наименование кафедры*

Протокол от «11» июня 2020 г. № 06/20

Зав. кафедрой ММ им. С.П. Угаровой  
*аббревиатура наименования кафедры*

«11» июня 2020 г.

  
*подпись*

А.А. Кожухов  
*И.О. Фамилия*

Руководитель ОПОП ВО  
заведующий кафедрой ММ им. С.П. Угаровой,  
доктор технических наук, доцент

*должность, уч. ст., уч. зв.*

«11» июня 2020 г.

  
*подпись*

А. А. Кожухов  
*И.О. Фамилия*

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ	
Подготовка обучающихся в области реформинга газа, формирование у обучающихся способности к выявлению физико-химических процессов при реформировании газа с образованием восстановительных газовых компонентов.	
<b>Задачи дисциплины:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- научить обучающихся применять теоретические знания к расчетам процесса реформирования газа;</li> <li>- научить пользоваться методами решения оптимизационных задач работы реформера;</li> <li>- научить анализу вероятности осаждения углерода на катализаторах и его предотвращению.</li> </ul>	

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В.
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1.	Современные проблемы металлургии и материаловедения
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Процессы вторичного окисления железа
2.2.2	Теплофизика получения металлизированного продукта
2.2.3	Научно-исследовательская работа 2
2.2.4	Научно-исследовательская работа 3
2.2.5	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты

3. ИНДИКАТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ, СОВМЕЩЕННЫЕ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	
<b>УК-4: Способен:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- находить и получать необходимые данные об объекте исследования;</li> <li>- осуществлять поиск литературы, критически использовать базы данных и другие источники информации;</li> <li>- осуществлять моделирование объектов и процессов, а также исследовать применение новейших технологий</li> </ul>	
Знать:	УК-4-31 Средства измерений в соответствии с требуемой точностью и условиями эксплуатации
Уметь:	УК-4-У1 Самостоятельно работать с научно-технической литературой;
Владеть:	УК-4-В1 Навыками находить и перерабатывать информацию о технологическом процессе реформирования газов.
<b>УК-6: Способен:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла;</li> <li>- управлять комплексными проектами, которые требуют новых стратегических подходов, брать на себя ответственность за принятие решений</li> </ul>	
Знать:	УК-6-31 Технологию производства окисленных окатышей и анализировать процессы получения окатышей, сравнивать процессы получения окатышей в российской и зарубежной литературе
Уметь:	УК-6-У1 Работать в команде
Владеть:	УК-6-В1 Методами организации в команде.
<b>УК-9: Способен:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и профессиональный уровень в течение всей жизни;</li> <li>- определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки и образования в течение всей жизни</li> </ul>	
Знать:	УК-9-31 Осуществлять обмен информацией и решать общие задачи в коллективе;
Уметь:	УК-9-У1 Развивать свой интеллектуальный и профессиональный уровень в течение всей жизни;
Владеть:	УК-9-В1 Способами совершенствования собственной деятельности на основе самооценки.
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии</b>	
Знать:	ОПК-1-31 Основные расчеты по химическим реакциям, демонстрируя знания химии, физики, математики
Уметь:	ОПК-1-У1 Использовать физико-математический аппарат для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности;
Владеть:	ОПК-1-В1 Применением теории и практики в сочетании для решения инженерных задач по реформированию газов
<b>ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности</b>	
Знать:	ОПК-4-31 Процессы реформирования газов.
Уметь:	ОПК-4-У1 Анализировать и решать технические задачи по совершенствованию технологии реформирования газов.
Владеть:	ОПК-4-В1 Навыками самостоятельного решения технических задач по совершенствованию технологии получения восстановительного газа

<b>ПК-1: Анализ и совершенствование металлургических процессов</b>	
<b>Знать:</b>	ПК-1-31 Технологию производства металлизованных окатышей и анализировать процессы получения окатышей;
<b>Уметь:</b>	ПК-1-У1 Анализировать данные технической документации по производству окатышей
<b>Владеть:</b>	ПК-1-В1 Теорией и технологией производства металлизованных окатышей

<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ</b>						
<b>Код занятия</b>	<b>Наименование разделов и тем /вид занятия/</b>	<b>Семестр</b>	<b>Количество часов</b>	<b>Компетенции</b>	<b>Литература и электронные ресурсы</b>	<b>Примечание</b>
	<b>Раздел 1.</b> <b>Основные положения процесса реформинга. Требования к исходным газам, поступающим на реформирование и реформированному газу</b>					
1.1	<b>Семинарские занятия</b>  <b>Самостоятельная работа:</b> - Выполнение 1 части курсовой работы - Изучение литературы «Виды реформирования газов. Условия реформирования». - Подготовка реферата - Подготовка к СЗ	1	<b>5</b>  <b>27</b> 12 8  4 3	УК-4-У1 УК-4-31 ОПК-1-В1 УК-4-В1 УК-9-У1 УК-9-31 УК-9-В1 ПК-1-У1 ПК-1-31 ПК-1-В1	Л.1.1 Л.1.2 Л.2.1 Л.3.1 Э1 Э2	
1.2	<b>Практические занятия</b>  <b>Самостоятельная работа:</b> - Подготовка к ПЗ - Подготовка к КР№1	1	<b>5</b>  <b>9</b> 5 4	ПК-1-У1 ПК-1-31 ПК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-4-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-В1	Л.1.1 Л.1.3 Л.2.1	
	<b>Раздел 2</b> <b>Физико-химические процессы реформинга газа</b>					
2.1	<b>Семинарские занятия</b>  <b>Самостоятельная работа:</b> - Выполнение 2 части курсовой работы - Изучение литературы «Физхимия процессов реформирования газов» - Подготовка к СЗ - Подготовка реферата	1	<b>7</b>  <b>28</b> 12 8  4 4	УК-4-У1 УК-4-31 ОПК-1-В1 УК-4-В1 УК-9-У1 УК-9-31 УК-9-В1 УК-6-У1 УК-6-31 УК-6-В1	Л.1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л.2.1 Л.3.1	
2.2	<b>Практические работы</b>  <b>Самостоятельная работа:</b> - Подготовка к ПЗ - Подготовка к КР №2	1	<b>7</b>  <b>10</b> 8 2	ПК-1-У1 ПК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-4-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-В1 УК-6-У1 УК-6-31 УК-6-В1	Л.1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л.2.1	
	<b>Раздел 3</b> <b>Факторы, влияющие на процесс реформирования</b>					
3.1	<b>Семинарские занятия</b>	1	<b>5</b>	УК-4-У1		

	<b>Самостоятельная работа:</b> - Выполнение 3 части курсовой работы - Подготовка к СЗ - Подготовка реферата - Изучение литературы «Способы улучшения работы реформера»		<b>24</b> 12 3 4 5	УК-4-31 ОПК-1-В1 УК-4-В1 УК-9-У1 УК-9-31 УК-9-В1 ПК-1-У1 ПК-1-31 ПК-1-В1	Л.1.1 Л.1.2 Л.1.3; Л 2.1 Л.3.1	
3.2	<b>Практические работы</b>  <b>Самостоятельная работа:</b> - Подготовка к ПЗ - Подготовка к КР №3 -Защита курсовой работы	1	<b>5</b>  <b>12</b> 6 2 4	ПК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-1-31 ПК-1-В1 ОПК-4-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-В1	Л.1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л 2.1	

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### 5.1. Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену (зачёту с оценкой)

1. Виды реформеров и их назначение (ОПК-4-31, ОПК-4-У1 ОПК-4-В1, УК-4-У1, УК-4-В1, УК-9-31, УК-9-У1)
2. Требования к исходным газам, поступающим на реформирование. (ПК-1-31, ПК-1-У1, ПК-1-В1, УК-4-31, УК-4-У1, УК-4-В1)
3. Реакции, протекающие в трубах реформера. (ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-4-31, ОПК-4-У1, ОПК-4-В1).
4. Свойства, требования, предъявляемые к катализаторам (ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-4-31, ОПК-4-У1, ОПК-4-В1).
5. Оценка состояния катализатора. (ОПК-4-У1, ОПК-1-31, ОПК-4-31, УК-6-31).
6. Негативные процессы, возникающие при реформинге газа. (ОПК-4-У1, ОПК-4-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-4-31).
7. Температурные режимы реформирования газа. (ОПК-4-31, ОПК-4-У1 ОПК-4-В1, УК-4-У1, УК-4-В1, УК-9-31, УК-9-У1).
8. Требования к реформированному газу. (ПК-1-31, ПК-1-У1, УК-4-31, УК-4-У1, УК-4-В1)
9. Факторы, влияющие на процесс реформирования (ОПК-4-31, ОПК-4-У1 ОПК-4-В1, УК-4-У1, УК-4-В1, УК-9-31, УК-9-У1).
10. Основные процессы, происходящие в трубах реформера, температуры при которых происходят эти реакции. Описать каждую из них. (ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-4-31, ОПК-4-У1, ОПК-4-В1).
11. Требования к реформированному газу по процессу «МИДРЕКС» (УК-6-31, УК-6-В1, УК-6-У1, ПК-1-31, ПК-1-В1).
12. Требования к реформированному газу по процессу «ХИЛ 3». (ПК-1-31, УК-6-31, УК-6-В1, УК-6-У1).
13. Виды реакций и их расчет при реформировании. (ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-4-31, ОПК-4-У1, ОПК-4-В1).
14. Удаление серы из реформированного газа. (ОПК-4-У1, ОПК-4-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-4-31).
15. Удаление воды из реформированного газа. (ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-4-31, ОПК-4-У1, ОПК-4-В1, ОПК-1-31).
16. Что такое восстановительный потенциал газа и как его определить? (ПК-1-31, ПК-1-У1, УК-4-31, УК-4-У1, УК-4-В1)
17. Как можно добиться чтобы реакция не была обратной? (ОПК-4-31, ОПК-4-У1 ОПК-4-В1, УК-4-У1, УК-4-В1, УК-9-31, УК-9-У1).
18. Как влияет сера на отравление углеродом катализаторов. (ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-4-31, ОПК-4-У1, ОПК-4-В1).
19. Признаки выпадения углерода с участием СО и высоких содержаний сложных углеводородов. (ОПК-4-31, ОПК-4-У1 ОПК-4-В1, УК-4-У1, УК-4-В1, УК-9-31, УК-9-У1).
20. Теплопередача в трубах реформера. (УК-4 –У1, УК-4-В1, УК-9-31, УК-9-У1, ОПК-4-31, ОПК-4-У1, ОПК-4-В1).
21. Расчет распределения температуры газа по высоте труб реформера в зависимости от высоты неактивного катализатора. (ОПК-4-31, ОПК-4-У1 ОПК-4-В1, УК-4-У1, УК-4-В1, УК-9-31, УК-9-У1).
22. Расчет распределения температуры газа по высоте реакционной трубы реформера в зависимости от высоты активного катализатора. (ОПК-4-31, ОПК-4-У1 ОПК-4-В1, УК-4-У1, УК-4-В1, УК-9-31, УК-9-У1).
23. Расчет безопасности катализатора. (ОПК-1-31, ОПК-1-У1, ОПК-1-В1, ОПК-4-31, ОПК-4-У1, ОПК-4-В1).
24. Расчет активности катализатора. (ОПК-4-31, ОПК-4-У1 ОПК-4-В1, УК-4-У1, УК-4-В1, УК-9-31, УК-9-У1).

### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине

В семестре 1 по курсу предусмотрен зачет с оценкой. Возможна простановка зачета на основе результатов текущей аттестации в течение семестра. В 1 семестре предусмотрены:

#### 3 контрольных работы:

1) **Контрольная работа № 1** (УК-4-У1; УК-4-31; УК-4-В1; ПК-1-У1; ПК-1-31).

*Перечень вопросов для подготовки к контрольной работе:*

1. Нарисуйте схему наиболее применяемого типа печи реформера.
2. Что понимают под конверсией?
3. Какова функция катализатора? Какие виды катализаторов бывают
4. Назовите две основные секции реформера. Их назначение и работа.
5. Как происходит загрузка катализатора в трубы?
6. Требования к реформированному газу.
7. От чего зависит выбор материала для труб реформера
8. Напишите реакции реформинга.
9. Какой катализатор чаще всего применяется в реформинге метана паром?

Примеры задач:

1. Задача. Найти количество тепла, необходимое для нагрева 1 м<sup>3</sup> (при нормальных условиях) газовой смеси следующего объемного состава: CO<sub>2</sub>=14,5%, O<sub>2</sub>=6,5%, N<sub>2</sub>=79,0% от 200 до 1200<sup>0</sup>C при P=const и нелинейной зависимости теплоемкости от температуры.
2. Задача. Определить среднюю массовую теплоемкость углекислого газа при постоянном давлении в пределах 0-825<sup>0</sup>C, считая зависимость от температуры нелинейной.
3. Задача. Найти количество тепла, необходимое для нагрева 1 м<sup>3</sup> (при нормальных условиях) газовой смеси следующего объемного состава: CO<sub>2</sub>=14,5%, O<sub>2</sub>=6,5%, N<sub>2</sub>=79,0% от 200 до 1200<sup>0</sup>C при P=const и нелинейной зависимости теплоемкости от температуры.

**2) Контрольная работа № 2** (УК-4-У1; УК-4-31; УК-4-В1; ПК-1-В1; ПК-1-31).

*Перечень вопросов к контрольной работе №2*

**Вариант 1.**

1. Как можно предотвратить осаждение углерода на катализаторе с никелевой основой?
2. Какие соединения являются “отравляющими” для катализатора реформинга и каким образом их можно исключить?
3. Какие газы являются восстанавливающими в процессе MIDREX? в процессе NYL III?
4. Каким образом можно удалить H<sub>2</sub>O? Каким образом можно удалить CO<sub>2</sub>?
5. Какой углеводород чаще всего используется в каталитическом паровом реформинге? Требования к газу
6. Напишите реакцию Будуара и объясните ее влияние на реакции восстановления
7. Углеводородная основа должна быть очищена от серы. Почему?
8. В некоторых реформерах в качестве окислителя для реформинга природного газа используется не пар, а CO<sub>2</sub>. Что необходимо для предотвращения осаждения углерода?
9. Что такое активный и неактивный катализатор. Требования к катализаторам

Примеры задач:

1. Задача. Рассчитав на основании табличных данных ΔG и ΔS, определите тепловой эффект реакции: 2 NO<sub>(г)</sub> + Cl<sub>2(г)</sub> ↔ 2 NOCl<sub>(г)</sub>.
2. Задача. Найти тепловой эффект реакции  
CO<sub>(г)</sub> + H<sub>2</sub>O<sub>(ж)</sub> = CO<sub>2(г)</sub> + H<sub>2(г)</sub>

При постоянном давлении и температуре 0<sup>0</sup>C

Терм. св-ва	CO	H <sub>2</sub> O <sub>ж</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>ж</sub>	H <sub>2</sub> г
ΔH <sub>298</sub> <sup>0</sup> кДж/моль	-110,53	-285,83	-393,51	-285,83	0

3. Задача. Найти тепловой эффект реакции  
CO<sub>(г)</sub> + H<sub>2</sub>O<sub>(ж)</sub> = CO<sub>2(г)</sub> + H<sub>2(г)</sub>  
при 1000K, если молярные теплоемкости компонентов равны:

$$C_p^{CO} = 28,41 + 4,10 \cdot 10^{-3} T - 0,46 T^5 \cdot 10^{-2} \text{ Дж/моль} \cdot \text{K}$$

$$C_p^{H_2O} = 30,00 + 10,71 \cdot 10^{-3} T - 0,33 \cdot 10^5 T^2 \text{ Дж/моль} \cdot \text{K}$$

$$C_p^{CO_2} = 44,14 + 9,04 \cdot 10^{-3} T - 8,53 \cdot 10^5 T^2 \text{ Дж/моль} \cdot \text{K}$$

$$C_p^{H_2} = 27,28 + 3,26 \cdot 10^{-3} T + 0,502 \cdot 10^5 T^2 \text{ Дж/моль} \cdot \text{K}$$

Стандартные теплоты образования CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O соответственно равны: -110,5; -393,4; и 285,8 Дж/моль

**3) Контрольная работа № 3** (УК-4-У1; УК-4-31; УК-4-В1; ПК-1-У1; ПК-1-31; ПК-1-В1; УК-9-У1; УК-9-31; УК-9-В1; ОПК-4-У1; ОПК-4-31)

*Перечень вопросов к контрольной работе №3*

1. Какие вещества чаще всего применяются для абсорбции C В каком оборудовании происходит генерирование пара? O<sub>2</sub>?
2. Перечислите теплообменники реформера

3. Требования к смешанному питающему газу
4. Каковы типичные компоненты восстановительного газа?
5. Назовите восстановительные газы и как определяется степень восстановления

Примеры задач:

1. Задача. Выполнить оценку снижения активности катализатора, исходя из следующих данных:

Состав	природного газа	реформированного газа
i	%, объемн.	
CO <sub>2</sub>	0,40	7,33
CH <sub>4</sub>	76,60	2,05
N <sub>2</sub>	0,80	0,16
C	16,10	
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	5,10	
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,90	
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,10	
H <sub>2</sub>		73,59
CO		16,87

Поток природного газа 631,477 кг\*моль/час. Поток пара на реформер 2030,25 кг\*моль/час. Рабочие температура и давление: T = 830°C; P = 7,4 кг/см<sup>2</sup> изб. = 7,164 атм. абс

2. Задача. Определить вероятности отложения углерода на катализаторе

Исходные данные: T<sub>0</sub> = 830°C; P<sub>T</sub> = 7,164 кг/см<sup>2</sup> абс; H<sub>2</sub> = 360,6 моль/час; CH<sub>4</sub> = 10,04 моль/час; CO = 82,64 моль/час; CO<sub>2</sub> = 35,92 моль/час; H<sub>2</sub>O = 167,83 моль/час; F<sub>T</sub> = 657,8 моль/час.

#### 4) Курсовая работа (ОПК-4-31, ОПК-4-У1; ОПК-4-В1, УК-4-У1, УК-4-В1, УК-9-31, УК-9-У1, УК-9-В1)

Курсовая работа выполняется по следующим темам:

1. Установка металлизации №1 АО «ОЭМК».
2. Установка металлизации №2 АО «ОЭМК».
3. Установка металлизации №3 АО «ОЭМК».
4. Установка металлизации №4 АО «ОЭМК».
5. Установка металлизации процесса «MIDREX» АО «ЛГОК».
6. Установка металлизации процесса ХИЛ-3 АО «ЛГОК».

Все необходимое для выполнения курсовой работы представлено в учебном пособии Л.3.1

#### 5) Практические занятия (ПК-1-У1, ПК-1-31, ПК-1-В1, ОПК-1-31, ОПК-1-У1)

### 1 раздел. Основные положения процесса реформинга. Требования к исходным газам, поступающим на реформирование и реформированному газу

1. Что такое прямое восстановление железа?
2. Какие процессы прямого восстановления железа бывают?
4. Конструкция шахтной печи прямого восстановления процесса ХИЛ?
5. Конструкция шахтной печи прямого восстановления процесса «MIDREX»?
6. Восстановительные процессы в шахтной печи металлизации
7. Реакции, сопровождающие восстановлением железа?
8. Что такое металлизация?
9. Состав восстановительного газа
10. Как получается восстановительный газ? Его расход в «HYL-III» и «MIDREX»
11. Что такое колошниковый газ? Как он получается?
12. Решение задач. Л.1.1.1, задачи для самостоятельного решения №1,2,3,4,5-стр.88-89.

### 2 Раздел. Физико-химические процессы реформинга газа

1. Способы реформирования газа
2. Зачем нужны катализаторы в реформере
3. Для чего необходима десульфурация природного газа.
5. Что представляет реакция Будуара, условия ее прохождения  
Реакции, проходящие в углекислотном реформере
6. Реакция водяного пара
7. Что такое крекинг метана?
8. Что представляет реакция Будуара, условия ее прохождения
10. Решение задач. Л.1.1.1., задачи для самостоятельного решения №6,7,8-стр.89.

### **3 Раздел. Факторы, влияющие на процесс реформирования**

1. Что влияет на эффективность работы реформера?
2. Как рассчитать  $H_2O$  в реформированном газе?
3. Последовательность расчета коэффициента безопасности катализатора
4. Что такое коэффициент активности катализатора и последовательность его расчета
5. Как рассчитать вероятность осаждения углерода на катализаторе
6. Решение задач Л.1.1., задачи для самостоятельного решения № 1,2,4-стр138-140.

#### **6) Семинарские занятия (УК-4-У1, УК-4-31, ОПК-1-В1)**

### **1 раздел. Основные положения процесса реформинга. Требования к исходным газам, поступающим на реформирование и реформированному газу**

1. Температура восстановительного и колошникового газа
2. Что представляет из себя газ, идущий на реформирование?
3. Чем отличается реформированный газ от восстановительного?
4. Какое влияние оказывает реформированный газ на восстановление железа?
5. Зачем нужен реформер? Какие виды реформера бывают?
6. Состав и расход реформированного газа в процессах прямого восстановления железа в процессах «HYL-III» и «MIDREX».
7. Состав и расход восстановительного газа в процессах прямого восстановления железа в процессах «HYL-III» и «MIDREX».
8. Требования к смешанному газу, идущему на реформирование в процессах «HYL-III» и «MIDREX».
9. Требования к реформированному газу в процессах «HYL-III» и «MIDREX».
10. Методы интенсификации процесса восстановления в шахтных печах металлзации.

### **Раздел 2. Физико-химические процессы реформинга газа**

1. Реакции, проходящие в паровом реформере
2. Влияние температуры и давления в реформере на реакции
3. Как влияет пропускная способность реформера на ход реакций
4. Что такое «внутренний» реформинг? Как он происходит?
5. Что такое коэффициент безопасности катализатора?
6. Как происходит удаление серы из природного газа?

### **Раздел 3. Факторы, влияющие на процесс реформирования**

1. Факторы, вызывающие отложение углерода при реакциях с  $CO$
2. Признаки выпадения углерода с участием  $CO$
3. Факторы, позволяющие снизить эффект осаждения углерода.
4. Что влияет на эффективность работы реформера?.
5. Влияние температуры реформера на реакции
6. Влияние давления в реформере на реакции
7. Как влияет пропускная способность реформера на ход реакций
8. Влияние серы на реформирование газа и производительность реформера
9. Влияние состава природного газа на процесс реформинга

Подробное описание оценочных материалов для аттестации обучающихся приведено в ФОМ.

### **5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)**

Экзамен не предусмотрен

### **5.4. Методика оценки освоения дисциплины**

*Обучающийся получает зачет с оценкой при своевременном и правильном выполнении всех видов работ, предусмотренных текущей аттестацией по дисциплине. Методика оценки знаний, умений и навыков*

1. «Отлично»- обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.
2. «Хорошо»- обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал
3. «Удовлетворительно»- обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;
4. «Неудовлетворительно»- обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и



- наводящие вопросы  
5. «Неявка» - обучающийся на зачет с оценкой не явился.

**Зачет может быть поставлен при условии, если:**

1. Обучающийся освоил все вопросы, рассматриваемые на практических и семинарских занятиях, были оформлены конспекты по все вопросам и принимал активное участие в беседах по вопросам на занятиях, применяет свои знания при решении задач.
  2. При успешном написании 3-х контрольных работ.
- Контрольная работа «зачтено» - вопросы, предложенные студенту на контрольной работе раскрыты в полном объеме, решена задача.
- Контрольная работа «не зачтено» - студент не понимает сущности излагаемого вопроса, допускает грубые ошибки при ответе, дает неполные ответы, неверно решает задачу.

**Защита курсовой работы**

*отлично:*

студент показывает глубокое знание материала, а также основного содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой: основной и дополнительной;

*хорошо:*

студент достаточно хорошо ориентируется в пройденном материале, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал;

*удовлетворительно:*

студент показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

*неудовлетворительно:*

студент не понимает сущности излагаемого вопроса, допускает грубые ошибки при выполнении домашнего задания, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

*неявка:*

обучающийся на защиту не явился.

## 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 Е.С. Тимофеев В.В. Федина	Физико-химические основы реформинга газов: учебное пособие	НТБ СТИ НИТУ «МИСиС»	Старый Оскол : «ТНТ», 2019г.
Л.1.2	А.С. Тимофеева Т.В. Никитченко В.В. Федина А.А. Шевченко	Теплофизика получения металлизированного продукта: учебное пособие	НТБ СТИ НИТУ «МИСиС»	Старый Оскол : «ТНТ», 2018г.
Л.1.3	А.С. Тимофеева Е.С. Тимофеев	Теплофизические особенности производства окисленных окатышей и металлизированного продукта: учебное пособие	НТБ СТИ НИТУ «МИСиС»	Старый Оскол : «ТНТ», 2015г

#### 6.1.2 Дополнительная литература

Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 2.1	А.С. Тимофеева В.В. Федина	Справочник теплофизика-металлурга: уч. пособие	НТБ СТИ НИТУ «МИСиС»	Старый Оскол: Из-во кпц «РОСА» 2008г

#### 6.1.3 Методические разработки

Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л.3.1	Тимофеева А.С. Федина В.В.	Физико-химические процессы реформинга газа : учебное пособие для выполнения курсовой работы для магистрантов	НТБ СТИ НИТУ «МИСиС»	Старый Оскол: СТИ НИТУ «МИСиС», 2017г

<b>6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»</b>				
Э 1	Производство железорудного концентрата. <a href="https://www.youtube.com/watch?time_continue=17&amp;v=N3yM1yZglUU&amp;feature=emb_logo">https://www.youtube.com/watch?time_continue=17&amp;v=N3yM1yZglUU&amp;feature=emb_logo</a>			
Э 2	Производство окатышей. <a href="https://www.youtube.com/watch?time_continue=15&amp;v=j8pkNcuo09E&amp;feature=emb_logo">https://www.youtube.com/watch?time_continue=15&amp;v=j8pkNcuo09E&amp;feature=emb_logo</a>			
<b>6.3. Перечень программного обеспечения</b>				
П 1	Microsoft Windows,			
П 2	Microsoft Office.			
П 3	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса.			
<b>6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b>				
И 1	Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a> Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):			
И2	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>			
И3	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>			
И4	— наукометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>			
И5	— научные журналы издательства Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>			

<b>7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ</b>	
7.1	<b>Аудитория № 308</b> <b>Лаборатория технической термодинамики и механики газов</b> Перечень основного оборудования, учебно-наглядных пособий: комплект учебной мебели на 25 посадочных мест персональный компьютер ПЭВМ "ХОПЕР", проектор для презентаций EB-460.
7.2	<b>Помещение для самостоятельной работы обучающихся</b> <b>Аудитория № 306</b> <b>Лаборатория моделирования металлургических процессов и информационных технологий</b> Перечень основного оборудования, учебно-наглядных пособий: комплект учебной мебели на 25 посадочных мест, рабочая станция Core i3-4130 – 4 шт, рабочая станция HP Z420 – 8 шт, проектор для презентаций Acer X1111 DLP Projector QSV 1032. В помещении для самостоятельной работы обучающихся имеется подключение к сети «Интернет» и доступ в электронную информационно-образовательную среду организации.

<b>8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ</b>
<p>Для успешного освоения дисциплины «Физико-химические основы реформинга газов» обучающемуся необходимо:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Посещать все виды занятий.</li> <li>2. Своевременно зарегистрироваться на рекомендованные электронные ресурсы.</li> <li>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).</li> <li>4. Отчеты по практическим работам рекомендуется выполнять с использованием MS Office, допускается выполнять в рукописном виде.</li> <li>5. Активно работать с научными базами в сети Интернет.</li> </ol> <p>Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей аттестации.</p> <p>Для подготовки к каждому практическому и семинарскому занятиям заранее выдаются тема и вопросы, которые необходимо магистрантам подготовить дома. Студенты готовят ответы, касающиеся вопросов, рассматриваемых на занятиях. Материал для подготовки представлен в литературе по этой дисциплине.</p>