



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИММиМ
А.С. Савинов

09.02.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА

Направление подготовки (специальность)
22.04.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы
Химические технологии энергоносителей в металлургии

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Металлургии и химических технологий
Курс	2
Семестр	3

Магнитогорск
2023 год



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИММиМ
А.С. Савинов

09.02.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА

Направление подготовки (специальность)
22.04.02 Metallургия

Направленность (профиль/специализация) программы
Химические технологии энергоносителей в металлургии

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Металлургии и химических технологий
Курс	2
Семестр	3

Магнитогорск
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 22.04.02 Metallургия (приказ Минобрнауки России от 24.04.2018 г. № 308)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Metallургии и химических технологий

08.02.2023, протокол № 5

Зав. кафедрой _____ А.С. Харченко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ

09.02.2023 г. протокол № 5

Председатель _____ А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры МиХТ, канд. хим. наук _____ С.А. Крылова

Рецензент:

доцент кафедры Химии, канд. техн. наук _____ Л.Г. Коляда

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Харченко

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Харченко

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

получение студентами знаний о методах и сущности процессов получения синтез-газа и вариантах его применения; физико-химических особенностях поведения сырьевых материалов в технологических условиях, формирование практических умений и навыков использования основных теоретических закономерностей при выполнении техно-химических расчетов, формирование способности прогнозировать характер, свойства и область применения получаемых продуктов.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Современные методы получения синтез-газа входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Общая химическая технология

Современные физико-химические методы исследования и анализа

Физическая химия пирометаллургических процессов

Экологические проблемы металлургического производства

Химическая технология энергоносителей в металлургии

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

Производственная - технологическая (производственно-технологическая) практика

Производственная - научно-исследовательская работа

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Современные методы получения синтез-газа» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-2	Способен выполнять производственные задачи по выпуску товарной продукции топливно-энергетического комплекса
ПК-2.1	Оценивает параметры и режимы технологических процессов, вносит предложения по их совершенствованию, анализирует результаты производственной деятельности в топливно-энергетическом комплексе

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 61,2 акад. часов;
- аудиторная – 57 акад. часов;
- внеаудиторная – 4,2 акад. часов;
- самостоятельная работа – 47,1 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Введение								
1.1 Введение. Водород, синтез-газ: практическое применение и методы получения.	3	2			1	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Подготовка к собеседованию, подготовка к экзамену	Собеседование Экзамен	ПК-2.1
Итого по разделу		2			1			
2. Газификация угля и другого твердого сырья.								
2.1 Газификация угля. Физико-химическая сущность процесса. Примеры промышленных установок. Характеристика синтез-газа, полученного при газификации различного твердого сырья. Варианты использования синтез-газа. Промышленное применение технологий газификации топлива за рубежом	3	8		6	10	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Подготовка к практическому занятию, собеседованию, выполнение домашнего, подготовка к экзамену	Работа на практическом занятии, собеседование, Домашнее задание Экзамен	ПК-2.1
Итого по разделу		8		6	10			
3. Технологии получения синтез-газа из природного								

3.1 Очистка и кондиционирование природного газа Окислительный пиролиз природного газа (парциальное окисление метана) (POX) Паровая конверсия метана (SMR) Углекислотная конверсия природного газа Комбинирование традиционных способов - Автотермический риформинг (ATR) - Тройной риформинг Альтернативные пути окисления метана в синтез-газ Выделение чистого водорода из продуктов конверсии природного газа	3	16		8	16	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Подготовка к практическому занятию, собеседованию, выполнение домашнего задания, подготовка к экзамену	Работа на практическом занятии, собеседование, Домашнее задание Экзамен	ПК-2.1
Итого по разделу		16		8	16			
4. Получение синтез-газа из биомассы								
4.1 Получение синтез-газа из различных видов биомассы	3	4		2	6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Подготовка к практическому занятию, собеседованию, выполнение домашнего задания, подготовка к экзамену	Работа на практическом занятии, собеседование, Домашнее задание Экзамен	ПК-2.1
Итого по разделу		4		2	6			
5. Получение синтез-газа с заданным СО-водородным числом								
5.1 Получение синтез-газа с заданным СО-водородным числом	3	4		1	6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Подготовка к практическому занятию, собеседованию, выполнение домашнего задания, подготовка к экзамену	Работа на практическом занятии, собеседование, Домашнее задание Экзамен	ПК-2.1
Итого по разделу		4		1	6			
6. Получение синтез-газа на интегрированных металлургических предприятиях полного цикла								

6.1 Получение синтез-газа на интегрированных металлургических предприятиях полного цикла	3	4		2	8,1	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Подготовка к практическому занятию, собеседованию, выполнение домашнего задания, подготовка к экзамену	Работа на практическом занятии, собеседование, Домашнее задание Экзамен	ПК-2.1
Итого по разделу		4		2	8,1			
Итого за семестр		38		19	47,1		экзамен	
Итого по дисциплине		38		19	47,1		экзамен	

5 Образовательные технологии

Проектирование обучения строится на основе следующих принципов:

- Обучение на основе интеграции с наукой и производством.
- Профессионально-творческая направленность обучения.
- Ориентированность обучения на личность.
- Ориентированность обучения на развитие опыта самообразовательной деятельности будущего специалиста.

Для достижения планируемых результатов обучения используются различные образовательные технологии:

1. Традиционные образовательные технологии: лекции, практические занятия.
2. Информационно-коммуникационные образовательные технологии: Лекции и практическое занятие в форме презентации – представление результатов с использованием специализированных программных сред.
3. Информационно-развивающие технологии, направленные на формирование системы знаний, запоминание и свободное оперирование ими. При самостоятельном изучении литературы применение современных информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации.
4. Деятельностные практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений при разборе конкретных ситуаций, основанных на практических примерах, обеспечивающих возможность качественно выполнять профессиональную деятельность.
5. Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способности видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их решения.
6. Интерактивные технологии: коллективное обсуждение какого-либо спорного вопроса, проблемы, выявление мнений в группе. Изложение проблем и их совместное решение.
7. Личностно-ориентированные технологии обучения, обеспечивающие в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе. Личностно-ориентированные технологии обучения реализуются в результате индивидуального общения преподавателя и студента, при выполнении домашних заданий, на консультациях.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Технология переработки углеводородных газов : учебник для вузов / В. С. Арутюнов, И. А. Голубева, О. Л. Елисеев, Ф. Г. Жагфаров. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 723 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12398-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/495689> .
2. Копытов, В. В. Газификация конденсированных топлив. Вчера. Сегодня. Завтра... : учебное пособие / В. В. Копытов. - 2-е изд. - Москва ; Вологда :

Инфра-Инженерия, 2021. - 624 с. - ISBN 978-5-9729-0678-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1836546> – Режим доступа: по подписке.

б) Дополнительная литература:

Основы проектирования процессов переработки природных энергоносителей: Учебное пособие / Кравцов А.В., Самборская М.А., Вольф А.В., - 2-е изд. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 166 с. / Издательство « ИНФРА-М» Электронно-библиотечная система. <https://znanium.com/read?id=268307>

Общая энергетика: водород в энергетике : учебное пособие для вузов / Р. В. Радченко, А. С. Мокрушин, В. В. Тюльпа ; под научной редакцией С. Е. Щеклеина. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 230 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07557-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492147>

Игнатенков, В. И. Общая химическая технология: теория, примеры, задачи : учебное пособие для вузов / В. И. Игнатенков. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 195 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09222-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/489904> .

Крылова С. А. Введение в анализ и синтез химико-технологических систем [Элек-тронный ресурс] : учебное пособие / С. А. Крылова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим доступа: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=25.pdf&show=dcatalogues/1/1131464/25.pdf&view=true> . - Макрообъект.

в) Методические указания:

1. Смирнов, А. Н. Производство химических продуктов : учебное пособие. Ч. 1 / А. Н. Смирнов, С. А. Крылова, В. И. Сысоев ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3663.pdf&show=dcatalogues/1/1526324/3663.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Смирнов, А. Н. Теоретические основы химико-технологических процессов : учебное пособие / А. Н. Смирнов, С. А. Крылова, В. И. Сысоев ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3515.pdf&show=dcatalogues/1/1514321/3515.pdf&view=true> . - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Mozilla Firefox	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Браузер	свободно	бессрочно
Linux	свободно	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru
Университетская информационная система РОССИЯ	https://uisrussia.msu.ru
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт	URL: http://www1.fips.ru/
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебная аудитория для проведения практических занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Доска, учебные столы, стулья, Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Учебные аудитории для самостоятельной работы обучающихся Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования Стеллажи для хранения оборудования

Методическая литература для учебных занятий

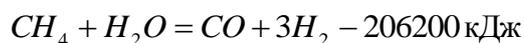
Инструменты для ремонта и профилактического обслуживания учебного оборудования

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Примеры расчетных задач

Пример Составить материальный и тепловой баланс процесса получения водорода каталитической конверсией метана. Состав исходной газовой смеси (м³): CH_4 - 100,0; H_2O - 250,0. Потери теплоты составляют 4% от прихода. Температура смеси на входе в реактор - 380°C, на выходе 800°C.

Процесс идет по реакции:



Решение.

По стехиометрии реакции, вещества CH_4 и H_2O реагируют в объемном отношении 1:1. Из условия задачи следует, что водяной пар взят с избытком. Поэтому расчет выхода продуктов ведем по метану: объем CO равен объему CH_4 (100 м³), а объем H_2 - в 3 раза больше (300 м³). Объем пара, не вступившего в реакцию 250 - 100 = 150 м³. Внесем эти значения в табл. и определим массы газообразных веществ приходной и расходной части по формуле:

$$m_2 = \frac{V_2}{22,4} M_2$$

Молярные массы, кг/кмоль: CH_4 - 16; H_2O - 18; CO - 28, H_2 - 2.

Таблица

Материальный баланс процесса для получения водорода

Приход			Расход		
Статья	кг	м ³	Статья	кг	м ³
CH_4	71,4	100	CO	125,0	100
H_2O	200,9	250	H_2	26,8	300
Итого	272,3	350	H_2O	120,5	150
			Итого	272,3	550

По данным материального баланса рассчитаем тепловой баланс.

Приход теплоты:

- физическая теплота парогазовой смеси Q_{ϕ}^{cM} :

$$Q_{\phi}^{cM} = V_{CH_4} \cdot c_{CH_4} \cdot t'' + V_{H_2O} \cdot c_{H_2O} \cdot t'';$$

где c_{CH_4}, c_{H_2O} - средние теплоемкости метана и водяного пара при температуре t'' , кДж / (м³ · К):

$$Q_{\phi}^{cM} = 100 \cdot 1,965 \cdot 380 + 250 \cdot 1,555 \cdot 380 = 223000 \text{ кДж}$$

Расход теплоты:

- теплота, поглощенная в результате эндотермической реакции Q_p :

$$1 \text{ кмоль } CH_4 - 206200 \text{ кДж}$$

$$100 / 22,4 \text{ кмоль} - x, \quad x = 920536 \text{ кДж}$$

- теплота конвертированного газа Q_{ϕ}^k :

с CO:

$$Q_{CO} = V_{CO} \cdot C_{CO} \cdot t^k = 100 \cdot 31,20 / 22,4 \cdot 800 = 111429 \text{ кДж}$$

$$\text{с } H_2: \quad Q_{H_2} = \frac{300}{22,4} \cdot 29,6 \cdot 800 = 317143 \text{ кДж}$$

$$\text{с } H_2O: \quad Q_{H_2O} = \frac{150}{22,4} \cdot 37,5 \cdot 800 = 200893 \text{ кДж}$$

$$Q'_{\phi} = 629465 \text{ кДж.}$$

- теплопотери: $Q_{ном} = 223000 \cdot 0,04 = 9820 \text{ кДж}$

$$Q_{расх} = Q_p + Q_{\phi}^k + Q_{ном} = 1559821 \text{ кДж}$$

$$\Delta Q = Q_{расх} - Q_{\phi}^{cM} = 1559821 - 223000 = 1336821 \text{ кДж}$$

Таким образом, дефицит теплоты составил 1336821 кДж, то есть необходим дополнительный подвод теплоты в зону реакции.

Предположим, что подвод теплоты осуществляется путем сжигания части метана природного газа (98% CH_4 и 2% N_2) по реакции:



Для покрытия образовавшегося дефицита теплоты необходимо сжечь $\frac{1336821}{890950} = 1,5$ кмоль метана или $\frac{1,5}{0,98} = 1,53$ кмоль ($34,3 \text{ м}^3$) природного газа.

Результаты расчетов представим в виде таблицы (табл.).

Таблица

Тепловой баланс процесса получения водорода каталитической конверсией метана

Приход			Расход		
Статья	МДж	%	Статья	МДж	%
1. Физическая теплота парогазовой смеси $Q_{\phi}^{см}$	223,0	14,3	1. Теплота эндо-термической реакции Q_p	920,5	59,0
			2. Теплота конвертированного газа $Q_{\phi}^к$	629,5	40,4
2. Дополнительный подвод теплоты	1336,8	85,7	3. Теплотери	9,8	0,6
Итого	1559,8	100	Итого	1559,8	100

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Водород, синтез-газ: практическое применение и методы получения.
2. Способы получения синтез-газа из природного газа: (сущность, краткая характеристика)
3. Подготовка природного газа для конверсии. Очистка природного газа от сернистых соединений. Катализаторы.
4. Схема двухступенчатой сероочистки природного газа.
5. Окислительный пиролиз природного газа (парциальное окисление метана) (POX): химическая схема, физико-химические основы процесса. Характеристика конвертированного газа.
6. Паровая конверсия метана (SMR): сущность и химическая схема процесса
7. Катализаторы конверсии природного газа.
8. Паровая конверсия метана (SMR): физико-химические основы процесса. Характеристика конвертированного газа.
9. Углекислотная конверсия природного газа: сущность и химическая схема процесса.
10. Углекислотная конверсия природного газа): физико-химические основы процесса. Характеристика конвертированного газа.
11. Принципиальная технологическая схема двухступенчатой паровоздушной конверсии природного газа.

12. Комбинирование традиционных способов риформинга природного газа/метана - Автотермический риформинг (ATR)
13. Комбинирование традиционных способов риформинга природного газа/метана - Тройной риформинг
14. Основные аппараты конверсии природного газа.
15. Альтернативные пути окисления метана в синтез-газ
16. Выделение чистого водорода из продуктов конверсии природного газа
17. Водород как перспективный энергоноситель. Преимущества и недостатки водородного топлива
18. Методы получения синтез-газа: Газификация угля. Физико-химическая сущность процесса.
19. Газификация угля. Примеры промышленных установок.
20. Газификация угля. Характеристика синтез-газа, полученного при газификации различного твердого сырья.
21. Газификация угля. Варианты использования полученного синтез газа.
22. Промышленное применение технологий газификации топлива за рубежом
23. Получение синтез-газа из различных видов биомассы.
24. Синтез-газ. Состав. Применение. Получение синтез-газа с заданным CO-водородным числом.
25. Получение синтез-газа на интегрированных металлургических предприятиях полного цикла
26. Применение пароводяной конверсии природного газа в доменном производстве
27. Специфические экологические риски процессов переработки природного газа

Примеры тестовых заданий

1. Для ускорения процесса паровой конверсии метана и исключения сажеобразования необходимо
 - а) повысить давление и температуру
 - б) использовать катализатор (Ni) и избыток метана
 - в) использовать катализатор (Ni) и избыток водяного пара
 - г) проводить процесс при пониженном давлении, температуре 1300⁰С и избытке метана.

2. Увеличению выхода водорода по реакции

$$CH_4 + H_2O \leftrightarrow 3H_2 + CO, \Delta H = 206 \text{ кДж/моль}$$
 способствуют:
 - а) снижение давления, повышение температуры, увеличение соотношения пар:газ
 - б) снижение давления, повышение температуры, увеличение соотношения пар:газ, использование катализатора
 - в) повышение давления и температуры, увеличение соотношения пар:газ, использование катализатора
 - г) повышение давления, понижение температуры, увеличение соотношения пар:газ.

3. Конвертированный газ (после двухступенчатой конверсии метана и CO) содержит, об.%
 - а) CH₄ - 10, H₂ - 68,9, CO₂ - 9,8

- б) CH_4 - 0,4, H_2 - 59,8, CO_2 - 15,2
- в) CH_4 - 0,5, H_2 - 56,1, CO_2 - 7,2
- г) CH_4 - 98, H_2 - 0, CO_2 - 0,4.

4. Катализаторы, применяемые в промышленности при получении водорода конверсией природного газа

- а) Ni, Fe-Cr, V_2O_5
- б) Zn-Cr-Cu, Ni
- в) Pt, Fe-Cr, Zn-Cr-Cu
- г) Ni, Fe-Cr, Zn-Cr-Cu

5. Основным видом оборудования агрегата конверсии является

- а) шахтная печь
- б) метанатор
- в) трубчатая печь
- г) абсорбер

6. Наиболее экономичными способами получения водорода для синтеза аммиака являются

- а) конверсия метана, CO и разделение коксового газа
- б) конверсия метана и электролиз воды
- в) разделение коксового газа, электролиз воды, конверсия метана
- г) конверсия метана и электролиз растворов щелочных металлов.

7. При получении водорода электролизом воды на катоде протекает реакция

- а) $2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$
- б) $2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$
- в) $2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$
- г) $2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightarrow 4\text{H}^+$

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-2: Способен выполнять производственные задачи по выпуску товарной продукции топливно-энергетического комплекса		
ПК-2.1	Оценивает параметры и режимы технологических процессов, вносит предложения по их совершенствованию, анализирует результаты производственной деятельности в топливно-энергетическом комплексе	28. Водород, синтез-газ: практическое применение и методы получения. 29. Способы получения синтез-газа из природного газа: (сущность, краткая характеристика) 30. Подготовка природного газа для конверсии. Очистка природного газа от сернистых соединений. Катализаторы. 31. Схема двухступенчатой сероочистки природного газа. 32. Окислительный пиролиз природного газа (парциальное окисление метана) (POX): химическая схема, физико-химические основы процесса. Характеристика конвертированного газа. 33. Паровая конверсия метана (SMR): сущность и химическая схема процесса 34. Катализаторы конверсии природного газа. 35. Паровая конверсия метана (SMR): физико-химические основы процесса. Характеристика конвертированного газа. 36. Углекислотная конверсия природного газа: сущность и химическая схема процесса. 37. Углекислотная конверсия природного газа): физико-химические основы процесса. Характеристика конвертированного газа. 38. Комбинирование традиционных способов риформинга природного газа/метана - Автотермический риформинг (ATR) 39. Комбинирование традиционных способов риформинга природного газа/метана - Тройной риформинг 40. Основные аппараты конверсии природного газа. 41. Альтернативные пути окисления метана в синтез-газ 42. Выделение чистого водорода из продуктов конверсии природного газа 43. Методы получения синтез-газа: Газификация угля. Физико-химическая сущность

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>процесса.</p> <p>44. Газификация угля. Примеры промышленных установок.</p> <p>45. Газификация угля. Характеристика синтез-газа, полученного при газификации различного твердого сырья.</p> <p>46. Газификация угля. Варианты использования полученного синтез газа.</p> <p>47. Промышленное применение технологий газификации топлива за рубежом</p> <p>48. Получение синтез-газа из различных видов биомассы.</p> <p>49. Синтез-газ. Состав. Применение. Получение синтез-газа с заданным СО-водородным числом.</p> <p>50. Получение синтез-газа на интегрированных металлургических предприятиях полного цикла</p> <p>Решить задачу</p> <p>1. Определить теоретический расход бурого угля (содержащего 70%(масс) углерода), водяного пара и воздуха для получения 1000 м³ генераторного газа состава, %(об) : H_2 -18; CO - 40, N_2 - 42. Состав воздуха принять, % (об): O_2 -21, N_2 -79. Процесс газификации протекает по реакциям:</p> $C + H_2O = CO + H_2 \quad (a)$ $2C + O_2 = 2CO \quad (б)$ <p>2. Укажите статьи приходной и расходной материального и теплового балансов процесса получения водорода каталитической конверсией метана. Процесс идет по реакции:</p> $CH_4 + H_2O = CO + 3H_2 - 206,2 \text{ кДж/ моль}$ <p>Состав исходной газовой смеси (м³): CH_4 - 100,0; H_2O - 250,0. Потери теплоты составляют 4% от прихода. Температура смеси на входе в реактор - 380°С, на выходе 800°С.</p> <p>Рассчитайте материальный и тепловой балансы</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p><i>Выполните тест</i></p> <p>8. Для ускорения процесса паровой конверсии метана и исключения сажеобразования необходимо</p> <p>а) повысить давление и температуру б) использовать катализатор (Ni) и избыток метана в) использовать катализатор (Ni) и избыток водяного пара г) проводить процесс при пониженном давлении, температуре 1300⁰С и избытке метана.</p> <p>9. Увеличению выхода водорода по реакции</p> $CH_4 + H_2O \leftrightarrow 3H_2 + CO, \Delta H = 206 \text{ кДж/ моль}$ <p>способствуют:</p> <p>а) снижение давления, повышение температуры, увеличение соотношения пар:газ б) снижение давления, повышение температуры, увеличение соотношения пар:газ, использование катализатора в) повышение давления и температуры, увеличение соотношения пар:газ, использование катализатора г) повышение давления, понижение температуры, увеличение соотношения пар:газ.</p> <p>10. Конвертированный газ (после двухступенчатой конверсии метана и СО) содержит, об. %</p> <p>а) CH₄ - 10, H₂ - 68,9, CO₂ - 9,8 б) CH₄ - 0,4, H₂ - 59,8, CO₂ - 15,2 в) CH₄ - 0,5, H₂ - 56,1, CO₂ - 7,2 г) CH₄ - 98, H₂ - 0, CO₂ - 0,4.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<i>Выполните задание</i> 51. Составьте и опишите принципиальную технологическую схему двухступенчатой паровоздушной конверсии природного газа.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Современные методы получения синтез-газа» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

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

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач:

- дается комплексная оценка предложенной ситуации;
- демонстрируются глубокие знания теоретического материала и умение их применять;
- последовательное, правильное выполнение всех практических заданий;
- умение обоснованно излагать свои мысли, делать необходимые выводы.
- развернуто отвечает на дополнительные вопросы.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций:

- Вопросы раскрыты по существу;
- демонстрируются достаточные знания теоретического материала и умение их применять; но допускаются незначительные ошибки, неточности
- выполнение всех практических заданий; возможны единичные ошибки, исправляемые самим студентом после замечания преподавателя;
- затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
- имеет затруднения при ответе на дополнительные вопросы.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций:

- затруднения с комплексной оценкой предложенной ситуации;
- неполное теоретическое обоснование, требующее наводящих вопросов преподавателя;
- выполнение заданий при подсказке преподавателя;
- затруднения в формулировке выводов.
- дополнительные вопросы вызывают затруднение.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

- большая часть вопросов не раскрыта;
- обучающийся не может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами, не может применить теорию при решении конкретных задач;
- нет ответов на дополнительные вопросы

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.