

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

**Передовая инженерная школа атомного машиностроения
и систем высокой плотности энергии (ПИШ)**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ПИШ:

_____ А.В. Тумасов

“20” марта 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ОД.1.2 Получение водорода из углеводородного сырья

для подготовки магистров

Направление подготовки: 18.04.01 «Химическая технология»

Направленность (программа): Техника и технологии водородной энергетики

Форма обучения: Очная

Год начала подготовки: 2025

Выпускающая кафедра: ТЭПиХОВ

Кафедра-разработчик: ТЭПиХОВ

Объем дисциплины: 288 / 8

часов/з.е

Промежуточная аттестация: зачет (1 семестр), экзамен (2 семестр), реферат (2 семестр)

Разработчики: Борисова Н.В., к.х.н., доцент.

Нижний Новгород
2025

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 07 августа 2020 г. № 910 на основании учебного плана, принятого УМС НГТУ, протокол от 19.12.2024 г. № 7.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры «ТЭПиХОВ» протокол от «03» марта 2025 г. № 6.

Зав. кафедрой к.т.н., доцент _____ Е.Г. Ивашкин

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института ИФХТиМ, протокол от «20» марта 2025 г. № 6.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 18.04.01-в-10

Начальник МО _____ Е.Г. Севрюкова

Заведующая отделом комплектования НТБ

Н.И. Кабанина

(подпись)

Содержание

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
1.1. Цель освоения дисциплины	4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
3.1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП.....	6
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	8
4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам	8
4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам	9
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	14
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	16
6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда, электронные издания	16
6.2. Справочно-библиографическая литература	17
6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям.....	17
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	18
7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)	18
7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем	18
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	19
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	19
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	19
10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии	19
10.2. Методические указания для занятий лекционного типа	20
10.3. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся	21
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	21
11.1. Типовые вопросы и задания для практических и лабораторных работ	21
11.2. Типовые темы рефератов.....	22
11.3. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме зачёта	22
11.4. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена	23

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины являются формирование компетенций в области технологий получения водорода в термических и каталитических процессах глубокой переработки компонентов нефти и природного газа.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)

- изучение сырьевой базы нефтехимических предприятий и разработке на их основе технологических схем получения водорода;
- освоение химических реакций получения водорода;
- формирование экологического мышления и мотивации выбора безотходных технологий;
- овладение технологическими схемами термических и каталитических трансформаций углеводородного сырья.
- овладение фундаментальными принципами и методами решения научно-технических задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Получение водорода из углеводородного сырья» включена в перечень обязательных дисциплин образовательной магистерской программы «Техника и технологии водородной энергетики» по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология».

Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по программе подготовки «Техника и технологии водородной энергетики».

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Органическая химия», «Физическая химия», «Химическая технология природных энергоносителей», «Оборудование нефтехимических производств», «Реакторы нефтехимических производств» в объёме курса бакалавриата.

Знания, полученные при освоении учебной дисциплины «Получение водорода из углеводородного сырья», необходимы для изучения предметов по программе магистратуры: Б1.Б.8 «Оборудование и основы проектирования химических производств» (2, 3 семестр), Б1.В.ОД.2.2 «Использование водорода в химической технологии» (3 семестр), «Технологическая практика», «Преддипломная практика», «Научно-исследовательская работа» и подготовки к процедуре защиты и защите выпускной квалификационной работы.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующих профессиональных компетенций в соответствии с ОПОП ВО магистерской программы «Техника и технологии водородной энергетики» по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология»:

ПК-3 Способен к планированию производственной деятельности; обеспечению мероприятий по контролю и соблюдению технологических регламентов производства; к повышению эффективности производства на основе внедрения новой техники и технологии;

ПК-4 Способен к совершенствованию технологического процесса: применению современного оборудования; разработке мероприятий по экономически обоснованному рациональному распределению ресурсо- и природосберегающих технологических процессов и режимов производства;

ПК-6 Готов к эксплуатации лабораторного оборудования и приборов для проведения испытаний углеводородного сырья и продуктов его переработки.

3.1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

Таблица 1 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
Тип профессиональной деятельности – технологический						
Трудовая функция: Е/02.7 ПС 19.083 Руководство работами по повышению эффективности производства ВСГ						
ПК-3 Способен к планированию производственной деятельности; обеспечению мероприятий по контролю и соблюдению технологических регламентов производства; к повышению эффективности производства на основе внедрения новой техники и технологии	ИПК-3.1. Анализирует причины низкого качества продукции, разрабатывает мероприятия по увеличению эффективности производства ИПК-3.2. Осуществляет разработку мероприятий по реконструкции и модернизации производства ИПК-3.3. Составляет планы размещения оборудования, технологические схемы установок, рассчитывает производственные мощности и загрузку оборудования технологической установки	Знать: технологические схемы процессов глубокой переработки углеводородного сырья, предъявляемые к сырью, материалам, готовой продукции нефтехимических производств; технологические этапы производства продуктов на основе природных углеводородов, взаимосвязи производственных факторов с параметрами эффективности производства.	Уметь: анализировать причины брака и выпуска продукции низкого качества, разрабатывать мероприятия по его предупреждению; формировать рациональные технологические схемы технологических установок, разрабатывать меры по снижению отходов производства, формировать этапы замкнутых производственных циклов с целью экономичного использования сырья и увеличения эффективности производства	Владеть: навыками решения производственных задач (кейсов) по комплексному использованию сырья, совершенствованию технологических процессов, повышению качества выпускаемой продукции	Вопросы для устного собеседования: билеты	Вопросы для устного собеседования: билеты
Трудовая функция: Е/02.7 (ПС 19.002) Организация работ по повышению эффективности переработки нефти, газа и химического сырья						
ПК-4 Способен к совершенствованию технологического процесса: применению современного оборудования; разработке мероприятий по экономически обоснованному рациональному распределению ресур-	ИПК-4.2. Формирует обоснованные предложения по совершенствованию технологических процессов, способствующих реализации целей устойчивого развития предприятия	Знать: технологические процессы, режимы производства, продукции организации; методы аналитического контроля процессов нефтепереработки, передовой и зарубежный опыт в этой области; правила безопасной	Уметь: анализировать производственную и научно-техническую информацию; выявлять способы совершенствования технологических процессов; формировать и обосновывать последовательность и эффективность предлагаемых решений.	Владеть: технологическими приёмами стабилизации режима эксплуатации технологических объектов, методами создания и обеспечения функционирования модели устойчивого развития предприятия.	Вопросы для устного собеседования: билеты	Вопросы для устного собеседования: билеты

со- и природосберегающих технологических процессов и режимов производства		эксплуатации оборудования технологических и производственных подразделений; стандарты, технические условия и другие материалы по эксплуатации технологических объектов.				
Трудовая функция: (ТС 19.024) С/01.7 Руководство деятельностью подразделения (лаборатории) по контролю показателей (характеристик) качества углеводородного сырья и продуктов его переработки						
ПК-6 Готов к эксплуатации лабораторного оборудования и приборов для проведения испытаний углеводородного сырья и продуктов его переработки	ИПК-6.1 Обоснованно выбирает физико-химические методы и приборы для исследования ИПК-6.2 Выбирает методики проведения физико-химических методов анализа	Знать: методики проведения испытаний определения качества углеводородного сырья, методы оптимизации технологических процессов утилизации отходов химико-технологического производства, замены дефицитных материалов на менее дефицитные, знать причины возникновения брака и способы его устранения, выбирает физико-химические методы и приборы для определения состава углеводородного сырья.	Уметь: анализировать эффективность технологического процесса; применять знания общих и профильных дисциплин для решения задач рационального ресурсосбережения на предприятиях нефтехимической отрасли и смежных отраслей; решать производственные задачи, направленные на внедрение новых технологических решений для оптимизации производственного процесса реального сектора экономики; руководить разработкой планов устранения брака и улучшения качества химической, нефтехимической продукции.	Владеть: навыками разработки и технико-экономического обоснования эффективности проектов ресурсо- и природосберегающих технологических процессов и режимов производства; формирования технологических схем на моделях химических, фармацевтических, нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств и опытом разработки мероприятий по улучшению качества выпускаемой продукции, способами обработки полученных результатов о составе углеводородного сырья.	Вопросы для устного собеседования: билеты	Вопросы для устного собеседования: билеты

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 8 зач. ед. 288 часов, распределение часов по видам работ и семестрам представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость		
	Всего час.	В т.ч. по семестрам	
		1 сем	2 сем
Формат изучения дисциплины	очная		
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	288 8 ЗЕ	144 4 ЗЕ	144 4 ЗЕ
1. Контактная работа:	126	70	56
1.1 Аудиторная работа, в том числе:	119	68	51
занятия лекционного типа (Л)	34	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	34	17	17
лабораторные работы (ЛР)	51	34	17
Контроль (КСР)			
1.2 Внеаудиторная, в том числе	7	2	5
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)			
текущий контроль, консультации по дисциплине	7	2	5
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)			
2. Самостоятельная работа (СРС)	126	74	52
реферат/эссе (подготовка)	20		20
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)			
контрольная работа			
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)			
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям и т.д.)	106	74	32
Подготовка к экзамену (контроль)	36		36

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 3 – Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
1 семестр								
ПК-3 ИПК-3.1 ИПК-3.2 ИПК-3.3 ПК-4 ИПК-4.2	Раздел 1. Современные технологии получения водорода						Презентация	Конспект лекций
	Тема 1.1. Закономерности цепных радикальных процессов получения водорода	2,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Тема 1.2. Производство водорода из органического сырья	2,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
ПК-6 ИПК-6.2	Практическое занятие (ПР) 1 Лабораторная работа 1 по теме 1.1 Технология пиролиза лёгких углеводородов. Расчёт выхода продуктов пиролиза бутана.		3,5	3,0	5,0	Подготовка к практическим занятиям [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2] Подготовка отчёта по ПР		
ПК-6 ИПК-6.1	ПР 2 по теме 1.1 Механизмы образования водорода в цепных радикальных процессах пиролиза лёгких углеводородов			3,0	2,0	Подготовка отчёта по ПР		
ПК-6 ИПК-6.2	ПР 3 по теме 1.2 Влияние температуры, давления и природы углеводорода на выход водорода при пиролизе			3,0	2,0	Подготовка отчёта по ЛР		
ПК-3 ИПК-3.1	Лабораторная работа 2 по теме 1.2 Расчёт и сравнительный анализ выхода продуктов пиролиза этана и пропана		3,5		2,0	Подготовка отчёта по ПР		

Планируемые (контролируе- мые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы до- стижения компе- тенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интер- активных образователь- ных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоем- кость в часах)	
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа сту- дентов (час)				
		Лекции	Лабо- ра- торные работы	Практиче- ские заня- тия					
	Лабораторная работа 3 по те- ме 1.2 Расчёт и сравнительный анализ выхода продуктов пиролиза пентана и изопентана		3,5		2,0				
	Лабораторная работа 4 по те- ме 1.2 Расчёт и сравнительный анализ выхода продуктов пиролиза изобутана и гексана		3,5		2,0				
ПК-6 ИПК-6.1 ИПК-6.2	Тема 1.3. Производство водорода конверсией метана. Виды конвер- сий природного газа.	2,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]			
	Тема 1.4. Паровая конверсия при- родного газа (паровой риформинг)	2,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]			
	Тема 1.5. Кислородная конверсия (парциальное окисление) природ- ного газа	2,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.3], [6.1.2], [6.1.4]			
	Тема 1.6. Углекислотная конвер- сия природного газа	2,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.3], [6.1.2], [6.1.4]			
	ПР 4 по теме 1.4 Расчёт выхода продуктов парового риформинга природного газа			3,0	2,0	Подготовка к практиче- ским занятиям [6.1.3], [6.2.1]			
	ПР 5 по теме 1.5 Расчёт выхода продуктов кислородной конверсии природного газа			3,0	2,0	Подготовка отчёта по ПР			
	ПР 6 по теме 1.6 Расчёт выхода продуктов углекислотной конвер- сии природного газа			2,0	3,0	Подготовка отчёта по ПР			
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:				8,0	Выполнение домашних заданий			
	Итого по 1 разделу	12,0	14,0	17,0	42,0				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	Раздел 2. Термохимические методы получения водорода							
ПК-3 ИПК-3.1. ИПК-4.1.	Тема 2.1. Газификация конденсированных нефтепродуктов	2,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.3], [6.1.2], [6.1.4]		
	Тема 2.2. Реакторы и установки газификации	1,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.3], [6.1.2], [6.1.4]		
	Тема 2.3. Производство водорода из отходов промышленных установок	2,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.3], [6.1.2], [6.1.4]		
ПК-4 ИПК-4.2;	Лабораторная работа (ЛР) 5 по теме 2.2. Материальный баланс и технологический расчёт конвертера метана		4,0		2,0	Подготовка отчёта по ЛР		
ПК-4 ИПК-4.2;	ЛР 6 по теме 2.3. Расчёт материального баланса парового риформинга природного газа		4,0		2,0	Подготовка отчёта по ЛР		
ПК-3 ИПК-3.2;	ЛР 7 по теме 2.3. Материальный баланс парового риформинга заводских отходящих газов		4,0		2,0	Подготовка отчёта по ЛР		
ПК-6 ИПК-6.1;	ЛР 8 по теме 2.3. Материальный и тепловой балансы паровой каталитической конверсии (ПКК) природного газа		4,0		4,0	Подготовка отчёта по ЛР		
ПК-6 ИПК-6.2	ЛР 9 по теме 2.1. Материальный и тепловой балансы печи пиролиза углеводородов		4,0		4,0	Подготовка отчёта по ЛР		
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела				4,0	Подготовка к практическим занятиям [6.3.2]		
	Зачёт				3,0	Подготовка к зачёту		
	Итого по 2 разделу	5,0	20,0	0,0	32,0			
	ИТОГО 1 семестр	17,0	34,0	17,0	74,0			
2 семестр								

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы до- стижения компе- тенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование использу- емых активных и интер- активных образователь- ных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоем- кость в часах)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа сту- дентов (час)			
		Лекции	Лабора- торные работы	Практиче- ские заня- тия				
ПК-3 ИПК-3.1 ИПК-3.2 ИПК-3.3 ПК-4 ИПК-4.2	Раздел 1. Применение водорода для производства энергии							
	Тема 1.1. Энергоустановки на во- дородных топливных элементах	2,0			2,0			
	Тема 1.2. Энергозатраты на произ- водство водорода	2,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Тема 1.3. Водородный цикл накопления энергии возобновляе- мых источников энергии (ВИЭ)	2,0			2,0			
	Тема 1.4. Производство тепловой и электрической энергии с исполь- зованием водорода	2,0			2,0			
	Тема 1.5. Газотурбинные установ- ки на метано-водородных смесях	2,0			2,0			
	Тема 1.6. Водородное аккумуляи- рование энергии на АЭС	1,0			2,0			
	ЛР 2 по теме 1.2. Анализ эконо- мической эффективности техноло- гий производства водорода		6,0		2,0	Подготовка отчёта по ЛР		
	ЛР 3 по теме 1.2. Выявление со- става топливного газа на его теп- лотворную способность		6,0		2,0			
	ЛР 4 по теме 1.5. Расчёт теплот сгорания водородно- углеводородных смесей		5,0		2,0			
	Практическое занятие 1 по те- мам 1.4 и 1.5. Расчёт теплотворной способности топливного газа с со- держанием водорода			5,0	2,0			
	Практическое занятие 2 по те- мам 1.3, 1.4 и 1.5. Технологи- ческий расчёт нагревательных печей на углеводородно-водородных			6,0	2,0			

Планируемые (контролируе- мые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы до- стижения компе- тенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование использу- емых активных и интер- активных образователь- ных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоем- кость в часах)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа сту- дентов (час)			
		Лекции	Лабора- торные работы	Практиче- ские заня- тия				
	смесях							
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:							
	Итого по 1 разделу	11,0	17,0	11,0	11,0			
	Раздел 2. Хранение и транспортировка водорода							
ПК-3 ИПК-3.1 ИПК-3.2 ИПК-3.3 ПК-4 ИПК-4.2 ПК-6 ИПК-6.1 ИПК-6.2	Тема 2.1. Хранение и транспортировка газообразного водорода	2,0			1,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Тема 2.2. Производство, хранение и транспортировка жидкого водорода	2,0			1,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Тема 2.3. Хранение водорода в гидридах, цеолитах и металлоорганических каркасах	2,0			1,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	ПР 5 по теме 2.1 Расчёт материального баланса водорода на установках каталитического риформинга бензинов			3,0	2,0	Подготовка к практическим занятиям [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2]		
	ПР 6 по теме 2.3. Расчёт баланса водорода на установках короткоцикловой адсорбции			3,0	2,0	Подготовка к практическим занятиям [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2]		
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:				3,5	Подготовка к экзамену		
	реферат				20,0			
	Итого по 2 разделу	6,0	0,0	6,0	32,0			
	ИТОГО 2 семестр	17,0	17,0	17,0	52,0			
	ИТОГО по дисциплине	34,0	51,0	34,0	126,0			

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для осуществления текущего контроля знаний обучающихся сформулированы теоретические вопросы по темам лабораторных работ и примеры заданий для практических работ.

Также сформирован перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме экзамена во 2 семестре.

Указанный комплект оценочных средств является неотъемлемой частью фонда оценочных средств и хранится на кафедре ТЭПи ХОВ.

При промежуточном контроле (экзамен) успеваемость студентов оценивается по четырехбалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 4 – Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ПК-3 Способен к планированию производственной деятельности; обеспечению мероприятий по контролю и соблюдению технологических регламентов производства; к повышению эффективности производства на основе внедрения новой техники и технологии	ИПК-3.1. Анализирует причины низкого качества продукции, разрабатывает мероприятия по увеличению эффективности производства ИПК-3.2. Осуществляет разработку мероприятий по реконструкции и модернизации производства ИПК-3.3. Составляет планы размещения оборудования, технологические схемы установок, рассчитывает производственные мощности и загрузку оборудования технологической установки	Не готов к планированию производственной деятельности, не умеет анализировать причины низкого качества продукции, разрабатывать мероприятия по модернизации производства, составлять технологические схемы, рассчитывать производственные мощности и загрузку оборудования	Слабо готов к планированию производственной деятельности, с трудом анализирует причины низкого качества продукции, разрабатывает мероприятия по модернизации производства, составляет технологические схемы, рассчитывает производственные мощности и загрузку оборудования технологической установки	Хорошо готов к планированию производственной деятельности, анализирует причины низкого качества продукции, разрабатывает мероприятия по модернизации производства, составляет технологические схемы, рассчитывает производственные мощности и загрузку оборудования, но допускает ошибки	Без посторонней помощи способен к планированию производственной деятельности; обеспечению мероприятий по контролю и соблюдению технологических регламентов производства; к повышению эффективности производства на основе внедрения новой техники и технологии

<p>ПК-4 Способен к совершенствованию технологического процесса: применению современного оборудования; разработке мероприятий по экономически обоснованному рациональному распределению ресурсо- и природосберегающих технологических процессов и режимов производства.</p>	<p>ИПК-4.2. Формирует обоснованные предложения по совершенствованию технологических процессов, способствующих реализации целей устойчивого развития предприятия.</p>	<p>Не готов к формированию обоснованных предложений по совершенствованию технологических процессов, применению современного оборудования, разработке мероприятий по экономически обоснованному рациональному распределению ресурсо- и природосберегающих технологических процессов и режимов производства.</p>	<p>Слабо готов к формированию обоснованных предложений по совершенствованию технологических процессов, применению современного оборудования, разработке мероприятий по экономически обоснованному рациональному распределению ресурсо- и природосберегающих технологических процессов и режимов производства.</p>	<p>Хорошо формирует обоснованные предложения по совершенствованию технологических процессов, способствующих реализации целей устойчивого развития предприятия, готов к применению современного оборудования; разработке ресурсо- и природосберегающих технологических процессов и режимов производства, но допускает ошибки.</p>	<p>Без посторонней помощи способен к совершенствованию технологического процесса: применению современного оборудования; разработке мероприятий по экономически обоснованному рациональному распределению ресурсо- и природосберегающих технологических процессов и режимов производства.</p>
<p>ПК-6 Готов к эксплуатации лабораторного оборудования и приборов для проведения испытаний углеводородного сырья и продуктов его переработки</p>	<p>ИПК-6.1 Обоснованно выбирает физико-химические методы и приборы для исследования</p> <p>ИПК-6.2 Выбирает методики проведения физико-химических методов анализа</p>	<p>Не готов к эксплуатации лабораторного оборудования и приборов для проведения испытаний углеводородного сырья и продуктов его переработки</p>	<p>Слабо готов к эксплуатации лабораторного оборудования и приборов для проведения испытаний углеводородного сырья и продуктов его переработки</p>	<p>Хорошо готов к эксплуатации лабораторного оборудования и приборов для проведения испытаний углеводородного сырья и продуктов его переработки, успешно выбирает методы для исследования и методики анализа, но допускает ошибки.</p>	<p>Без посторонней помощи способен к эксплуатации лабораторного оборудования и приборов для проведения испытаний углеводородного сырья и продуктов его переработки, успешно выбирает методы для исследования и методики анализа.</p>

Таблица 5 – Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда, электронные издания

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль). Издания, находящиеся в электронном доступе (электронный ресурс), удовлетворяют этому требованию автоматически. Электронный доступ приведен в виде ссылок после обычного описания издания.

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издатель-ство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библ-ке
1	2	3	4	5	6
6.1.1	Арутюнов В.С., Голубева И.А., Елисеев О.Л., Жагфаров Ф.Г.	Технология переработки углеводородных газов	М. : Юрайт, 2021. - 723 с.	Учебник для ВУЗов	1
6.1.2	Потехин В. М., Потехин В. В.	Основы теории химических процессов технологии органических веществ и	Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 896 с.	Учебник	Электронный ресурс

		нефтепереработки			
1	2	3	4	5	6
6.1.3	Кулешов Н. В., Попов С. К., Захаров С. В и др.	Водородная энергетика	Москва : НИУ МЭИ, 2021. - 548 с.	Учебник	Текст : электронный в ЭБС Лань
6.1.4	Тупикин Е.И.	Общая нефтехимия	М.; Краснодар: Лань, 2018. - 319 с.	Учебное пособие	3
6.1.5	Дарьенков А.Б. Соснина Е.Н. Серебряков А.В. Шалухо А.В.	Возобновляемая энергетика	Н.Новгород: НГТУ, 2023. – 168 с.	Учебное пособие	50
6.1.6	Голубева И. А.	Газоперерабатывающие предприятия России	Санкт-Петербург: Лань, 2022.- 456 с.	Монография	Электронный ресурс
6.1.7	Гариева Ф. Р.	Инновационные технологии в нефтегазопереработке. Производство метанола	Казань : КНИТУ, 2022. - 120 с.	Монография	Электронный ресурс ЭБС Лань
6.1.8	Магомедова М. В.	Современные направления увеличения энергоэффективности технологий получения водорода	М.: РТУ МИРЭА, 2022. - 46 с.	Учебное пособие	Электронный ресурс ЭБС Лань
6.1.9	Киселев И. Г., Кудрин М. Ю., Корченков И. А., Крылов Д. В.	Перспективы развития водородной энергетике	Санкт-Петербург : ПГУПС, 2023. - 74 с.	Учебное пособие	Электронный ресурс ЭБС Лань
6.1.10	Магомедова М. В.	Крупнотоннажные технологии получения водорода	М.: РТУ МИРЭА, 2022. - 40 с.	Учебное пособие	Электронный ресурс ЭБС Лань

6.2. Справочно-библиографическая литература

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библ-ке
6.2.1	Бахарев М.С. Иванов Е.И. Иванова Т.А. и др. Сорокин П.М. (гл. ред.)	Технологические процессы и оборудование для переработки углеводородов	Изд-во: Лань, Тюмень, ТюмГНГУ, 2013. – 420 с.	Справочник	Электронный ресурс

6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические указания к лабораторным работам по курсу «Получение водорода из углеводородного сырья» для магистрантов направления 18.04.01 – «Химическая технология» магистерская программа «Техника и технологии водородной энергетики» находятся на кафедре ТЭПиХОВ.

Демидов Д.В. Пароуглекислотная конверсия метана на никель-циркониевых катализаторах: Дис. на соиск. учёной степ. канд. техн. наук: 02.00.04 / Д.В. Демидов; РХТУ им. Д.И. Менделеева; науч. рук. М.Б. Розенкевич. – Защищена 20.09.13. – Н.Новгород: [Б.и.], 2013. – 141 с. Экземпляры: всего: 1, из них: НТЛ – 1.

Ссылка на ресурс: <https://library.nntu.ru/Polnotekst/ДемидовДВ.pdf> - [\\192.168.200.27\Polnotekst\ДемидовДВ.pdf](https://192.168.200.27/Polnotekst/ДемидовДВ.pdf)

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Электронный ресурс библиотеки НГТУ (<https://e.lanbook.ru/>) Лань : электронно-библиотечная система. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/>. – Загл. с экрана.
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. – Загл. с экрана.
5. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
6. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
7. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 6 – Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/
4	TNT-ebook	https://www.tnt-ebook.ru/

В таблице 7 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Таблица 7 – Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	https://cyberpedia.su/21x47c0.html

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 8 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 8 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для проведения лекционных демонстраций имеется демонстрационный кабинет 1345, оснащённый необходимым демонстрационным оборудованием.

Для практических занятий и самостоятельной работы обучающихся выделены помещения, оснащённые компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации:

- зал электронно-информационных ресурсов (ауд. 1160 – 12 компьютеров);

Лабораторные работы проводятся в 1 корпусе НГТУ в оснащённых необходимым оборудованием лабораториях:

- 1222 – лаборатория «Органическая химия».

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся, написания реферата и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная.

При преподавании дисциплины «Технологии получения водорода из углеводородного сырья», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Для студентов создан краткий опорный электронный вариант лекционного материала курса. Электронный конспект находится на кафедре «ТЭП и ХОВ» и может быть получен студентом в случае пропусков занятий по уважительным причинам или вынужденного перевода занятий в дистанционную форму.

На лекциях, практических и лабораторных занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на лабораторных занятиях, практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype, Zoom.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Промежуточная аттестация и оценка знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенций проводится в форме зачёта, экзамена с учетом текущей успеваемости и реферата.

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается несформированным, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 3). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к написанию реферата и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в разделе 9). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Развернутые методические указания по всем видам работы студента находятся на кафедре ТЭПиХОВ.

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая

- теоретический опрос по практическим и лабораторным работам;
- реферат.
- зачёт, экзамен.

11.1. Типовые вопросы и задания для практических и лабораторных работ

1. Методы организации безопасной работы в химической лаборатории. Методы оказания первой помощи.
2. Начертите обобщённую схему производства водорода из природного газа.
3. Способы выявления оптимального технологического режима производственного процесса паровой каталитической конверсии (ПКК).
4. Влияние температуры и давления на выход водорода при пиролизе углеводородов.
5. Какие виды органического сырья используют для производства водорода?
6. Какие существуют основные технологические стадии производства водорода путём окислительных конверсий природного газа?
7. Как составляется материальный баланс химических элементов для окислительных конверсий природного газа?
8. Какой состав синтез-газа принимается в расчётах для окислительных конверсий природного газа?
9. Как рассчитывают константы равновесия на основе констант атомизации?
10. Методы составления материальных и тепловых балансов.
11. Методы составления теплового баланса реактора для окислительных конверсий природного газа.
12. Напишите выражения констант равновесия химических реакций окислительных конверсий метана через парциальные давления и/или удельные объёмы веществ.
13. Напишите механизм пиролиза н-бутана, покажите, на каких этапах образуется водород.
14. От каких технологических факторов зависит выход водорода при пиролизе?
15. При каком варианте окислительной конверсии метана выход водорода наибольший?

11.2. Типовые темы рефератов

1. Распространённость водорода в природе.
2. Применение водорода в металлургии.
3. Применение водорода в стекольной промышленности.
4. Применение водорода в электронной промышленности и энергетике.
5. Применение водорода на транспорте и в авиации.
6. Способы получения и области применения метанола.
7. Перспективы развития водородной энергетики.
8. Водородные и традиционные накопители энергии.
9. Производство и направления применения генераторного газа.

11.3. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме зачёта

1. Приведите примеры восстановительной и окислительной способности водорода.
2. Почему смесь водорода с кислородом взрывоопасна?
3. Какие свойства водорода делают его привлекательным энергоносителем?
4. В каких отраслях промышленности применяется водород?
5. Для каких целей водород используют в химической промышленности?
6. Основные крупнотоннажные потребители водорода.
7. В каких процессах нефтепереработки применяют водород?
8. Какие виды окислительной конверсии имеют эндотермический, а какие экзотермический эффект?
9. Преимущества и недостатки окислительных конверсий метана.
10. Что называется автотермическим режимом при проведении окислительной конверсии природного газа?
11. Производство водорода из конденсированного топлива.
12. Сходства и различия процессов пиролиза и газификации.
13. Что такое газифицирующий агент? Какие вещества используют в качестве газифицирующих агентов?
14. Назовите этапы газификации.
15. Факторы, влияющие на состав продуктов газификации.
16. Схема производства водорода на основе газификации угля.
17. Термохимические процессы в зоне горения и в зоне газификации.
18. Этапы газификации, характеризующиеся выделением (поглощением) теплоты?
19. Классические технологии газификации.
20. Виды, конструктивные схемы, принцип работы газогенераторов с кипящим слоем.
21. Различия между кипящим (псевдооживленным) и взвешенным (псевдогазовым) слоями в газогенераторах.
22. Тепловые потоки, составляющие приходную часть теплового баланса газификатора.
23. Тепловые потоки, составляющие расходную часть теплового баланса газификатора?
24. Влияние давления в газогенераторе на выход водорода и метана в процессе газификации?
25. В результате каких реакций возможно получение водорода в процессе пиролиза конденсированного топлива?
26. В какой отрасли промышленности наиболее развито применение пиролиза?
27. Что называется процессом термической рекуперации (ТХР)?
28. Что называется процессом энергохимической аккумуляции (ЭХА)?
29. На базе каких промышленных производств возможно производство водорода при использовании вторичных ресурсов?
30. Что называется коэффициентом эффективности генерации водорода?

11.4. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена

1. Модификации молекул водорода.
2. Изотопы водорода. Области применения тяжёлой воды в энергетике.
3. Методы ожижения водорода.
4. Способы хранения водорода.
5. Виды окислительных конверсий природного газа для производства водорода.
6. Реакторы для проведения окислительных конверсий углеводородов.
7. Способы производства и выделения водорода на НПЗ.
8. Катализаторы окислительных конверсий природного газа.
9. Технологическая схема получения винилхлорида.
10. Технологическая схема получения стирола.
11. Технология паровой конверсии природного газа.
12. Процессы на нефтеперерабатывающем заводе (НПЗ), связанные с производством и потреблением водорода.
13. Способы производства водорода из вторичных ресурсов.
14. Каталитический гидрокрекинг.
15. Каталитическая изомеризация.
16. Гидропиролиз.

Хранение водорода

1. В чём заключается главный недостаток хранения газообразного водорода под давлением?
2. Какие сосуды используются при хранении газообразного водорода под давлением?
3. В чём преимущества и недостатки хранения водорода в жидком состоянии?
4. Что такое орто-пара-конверсия водорода? Каким образом она влияет на эксплуатацию систем хранения жидкого водорода?
5. Каким основным требованиям должны удовлетворять носители водорода?
6. Виды и отличия простых гидридов.
7. Преимущества и недостатки амидов как носителей водорода.
8. Преимущества и недостатки жидких носителей водорода.
9. Преимущества и недостатки полимеров и наноматериалов как носителей водорода.
10. Преимущества и недостатки использования энергоаккумулирующих веществ (Al и Fe) в качестве источника водорода?
11. Преимущества и недостатки использования углеродных наноструктур для хранения водорода?
12. Недостатки хранения водорода в стеклянных микросферах.
13. Молекулярные сита. Адсорбционная ёмкость цеолитов.
14. Преимущества и недостатки хранения водорода в металлоорганических каркасах?
15. Методы транспортировки водорода.
16. Схема доставки жидкого водорода. Достоинства и недостатки транспортировки жидкого водорода.
17. В чём различие адиабатического и изотермического сжатия водорода?
18. Достоинства и недостатки транспортировки газообразного водорода наземным транспортом.
19. Достоинства и недостатки транспортировки газообразного водорода по трубопроводам?
20. Приведите примеры энергоаккумулирующих веществ, образующих водород при взаимодействии с водой.
21. Достоинства и недостатки транспортировки водорода в носителях.
22. Носители водорода многократного («перезаряжаемые») и однократного использования.

Получение энергии. Топливные элементы

1. Назовите основные типы топливных элементов. По каким признакам они классифицируются?
2. Охарактеризуйте водород как восстановитель. Почему именно водород применяется в технологии топливных элементов?
3. От каких факторов зависит эффективность топливного элемента? Как рассчитать КПД? Как повысить КПД топливного элемента?
4. Каким образом можно рассчитать количество топливных элементов в батарее топливных элементов?
5. Какие ионные проводники применяют в топливных элементах? Назовите их основные характеристики и от чего они зависят?
6. Что такое ЭДС топливного элемента? Как зависит ЭДС от температуры и давления реагентов?
7. Приведите вольт-амперную характеристику (ВАХ) топливного элемента. Рассчитайте зависимость удельной мощности топливного элемента от плотности.
8. Рассчитайте теоретический расход водорода для водородно-воздушного топливного элемента.
9. Назовите основные составляющие напряжения топливного элемента. Каким образом его можно повысить?
10. Как КПД энергоустановок на основе топливных элементов и тепловых двигателей зависит от их мощности?
11. Что такое номинальный режим работы топливного элемента?
12. Назовите основные компоненты топливного элемента и энергосистемы на топливных элементах.
13. Области применения топливных элементов.
14. Типы и области применения накопителей электрической энергии.
15. Виды возобновляемых источников энергии.
16. Теоретические основы водородного аккумулирования энергии.
17. Возможность и целесообразность применения водорода в газовых турбинах.
18. Виды энергоустановок, использующих водородное топливо.
19. Изобразите простейшую схему гибридного паротурбинного энергоблока на органическом топливе.
20. Каков уровень КПД гибридной паротурбинной ТЭС?
21. Перечислите основные узлы водородно-кислородного парогенератора.
22. Перечислите основные отличия традиционного парогенератора от водородно-кислородного.
23. Изобразите простейшую схему гибридного паротурбинного энергоблока на ядерном топливе.
24. Опишите принцип работы АЭС с интегрированным водородным энергетическим потенциалом.
25. Опишите преимущества гибридных АЭС по сравнению с традиционными.
26. Какова эффективность применения водородного топлива в цикле АЭС?
27. Какое количество энергии выделяется при сжигании 1 моль метана (водорода)?
28. Какие проблемы возникают при сжигании чистого водорода в камере сгорания газотурбинной установки?
29. Каких преимуществ можно достичь при переходе от сжигания природного газа к сжиганию метано-водородных смесей?
30. Какие характеристики горения необходимо учитывать при анализе возможности замены топлива без проведения замены горелок?