

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО
Руководитель ОПОП



Т.С. Смирнова

«04» апреля 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой географии,
картографии и геологии



М.М. Иолин

«04» апреля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«Переработка нефти и газа на морских месторождениях»

Составитель	Смирнова Т.С., доцент, к.г.-м.н., доцент кафедры географии, картографии и геологии
Направление подготовки / специальность	05.04.01 Геология
Направленность (профиль) ОПОП	Геология и геохимия нефти и газа
Квалификация (степень)	Магистр
Форма обучения	Очная
Год приема	2023
Курс	2
Семестр	3

Астрахань - 2024

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Целями освоения дисциплины (модуля) «Переработка нефти и газа на морских месторождениях» являются формирование способности использовать основные теоретические закономерности в комплексной производственно-технологической деятельности, связанной с эксплуатацией промышленных объектов подготовки и переработки нефти и газа; формирование способности выполнять проектировочные расчеты технологических процессов подготовки и переработки нефти и газа; формирование творческого мышления и привитие навыков выполнения научных исследований, проведения численных и экспериментальных работ по моделированию, прогнозированию и оптимизации процессов подготовки и переработки нефти и газа; Формирование навыков самостоятельного проведения теоретических и экспериментальных исследований, способности прогнозировать процессы подготовки и переработки нефти и газа.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля): готовность выпускников к производственно-технологической деятельности в области химических технологий, конкурентоспособных на мировом рынке химических технологий; готовность выпускников к проектной деятельности в области химических технологий, конкурентоспособных на мировом рынке химических технологий; готовность выпускников к научным исследованиям для решения задач, связанных с разработкой инновационных методов создания химико-технологических процессов, веществ и материалов, оборудования; готовность выпускников к самообучению и непрерывному профессиональному самосовершенствованию

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП

2.1. Учебная дисциплина (модуль) «Переработка нефти и газа на морских месторождениях» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений и осваивается в 3 семестре.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими учебными дисциплинами (модулями): Обустройство нефтяных и газовых морских месторождений, Проектирование добычи и переработки нефти на морских месторождений, Современные проблемы геологии, Современные проблемы нефтегазовой науки.

Знания: принципы классификации, номенклатуру, строение органических соединений; механизмы органических реакций; основные уравнения химической термодинамики; методы описания химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах; термодинамику растворов электролитов, уравнения формальной кинетики, основные понятия и соотношения термодинамики поверхностных явлений, основные свойства дисперсных систем; основные этапы качественного и количественного химического анализа; теоретические основы и принципы физико-химических методов анализа - электрохимических, спектральных, хроматографических; методы разделения и концентрирования веществ; методы метрологической обработки результатов анализа; явления переноса импульса, массы и энергии; принципы физического моделирования процессов; основные уравнения движения газов и жидкостей; основы массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз; основы теории массообмена; методы расчета высокоэффективных тепло- и массообменных аппаратов;

Умения: использовать химические законы при анализе и решении проблем энерго- и ресурсосбережения; прогнозировать влияние различных факторов на равновесие в химических реакциях; определять направление процесса, определять границы областей устойчивости; фаз, проводить расчеты с использованием основных соотношений термодинамики поверхностных явлений и основных характеристик дисперсных систем; осуществлять анализ и проводить статистическую обработку результатов аналитических определений; определять характер движения жидкостей и газов; характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры, выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса;

Навыки: экспериментальными методами определения физико-химических свойств органических соединений; навыками вычисления тепловых эффектов химических реакций, констант равновесия химических реакций; давления насыщенного пара над индивидуальным веществом, состава сосуществующих фаз в двухкомпонентных системах; методами определения поверхностного натяжения, краевого угла смачивания, параметров ад(аб)сорбции; методами описания дисперсных систем и оценки их агрегативной устойчивости; методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования

2.3. Последующие учебные дисциплины (модули) и (или) практики, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной (модулем): Эксплуатация морских скважин в осложненных условиях, Промысловые исследования залежей с высоким содержанием сероводорода, Нефтегазопромысловые исследования морских месторождений.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Процесс освоения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки/специальности:

а) универсальных (УК): УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;

УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла.

б) профессиональных (ПК): ПК-3. Способен организовать работу по добыче углеводородного сырья на морских месторождениях

Таблица 1 - Декомпозиция результатов обучения

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
	Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	<i>ИУК-1.1.1</i> Базовые составляющие проблемных ситуаций, варианты их решения на основе доступных источников информации	<i>ИУК-1.2.1</i> Определять в рамках выбранного алгоритма вопросы (задачи), подлежащие дальнейшей разработке, предлагать способы их решения	<i>ИУК-1.3.1</i> Навыками разработки стратегии достижения поставленной цели, принимая конкретные решения для ее реализации
УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	<i>ИУК-2.1.1</i> Алгоритм разработки концепции проекта в рамках конкретного проблемного поля с учетом возможных результатов и последствий	<i>ИУК-2.2.1</i> Разрабатывать план реализации проекта с учетом необходимых ресурсов, рисков, сценариев и других вариативных параметров, предлагать	<i>ИУК-2.3.1</i> Способностью осуществлять координацию и контроль в процессе реализации проекта, корректировать отклонения, вносить

	реализации проекта в конкретной социокультурной среде	процедуры и механизмы мониторинга реализации результатов проекта	дополнительные изменения в план реализации, в случае необходимости определять зоны ответственности членов команды
<i>ПК-3. Способен организовать работу по добыче углеводородного сырья на морских месторождениях</i>	<i>ИПК-3.1.1</i> контроль проведения лабораторных анализов по направлению деятельности	<i>ИПК-3.2.1</i> проводить организацию разработки мероприятий по оптимизации добычи углеводородного сырья и устранению (снижению) вредного влияния факторов (образования гидратов, АСПО, водонефтяных эмульсий, отложения солей) на работу скважин и скважинного оборудования	<i>ИПК-3.3.1</i> навыками оперативного руководства добычи и контроля соблюдения технологии добычи углеводородного сырья

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Объем дисциплины (модуля) составляет 2 зачетные единицы, в том числе 14 часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (из 14 часов – практические, семинарские занятия и 58 часов – на самостоятельную работу обучающихся).

Таблица 2 - Структура и содержание дисциплины (модуля)

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самостоят. работа		Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации
		Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
Тема 1. Современное состояние и актуальные проблемы нефтепереработки	3	-	2	-	-	5	Собеседование
Тема 2. Крупнейшие мировые нефтегазовые и химические компании	3	-	2	-	-	5	Собеседование
Тема 3. Технология переработки газов	3	-	1	-	-	6	Практическое задание
Тема 4. Технология подготовки нефти и газоконденсата к переработке	3	-	1	-	-	6	Практическое задание
Тема 5. Технология первичной переработки нефти и газоконденсата	3	-	1	-	-	6	Практическое задание
Тема 6. Технология переработки нефти и газоконденсатов	3	-	1	-	-	6	Практическое задание
Тема 7. Глубина переработки	3	-	2	-	-	6	Собеседование

нефти - обобщающий показатель эффективности использования нефтяного сырья							
Тема 8. Облагораживание топливных продуктов	3	-	2	-	-	6	Собеседование
Тема 9. Переработка нефтезаводских углеводородных газов	3	-	1	-	-	6	Собеседование
Тема 10. Получение товарных топлив и масел	3	-	1	-	-	6	Собеседование, итоговый тест
ИТОГО			14			58	ЗАЧЕТ

Примечание: Л – лекция; ПЗ – практическое занятие, семинар, ЛР – лабораторная работа; КР – курсовая работа; СР – самостоятельная работа.

Таблица 3 – Матрица соотнесения разделов, тем учебной дисциплины (модуля) и формируемых компетенций

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Код компетенции			Общее количество компетенций
		УК-1	УК-2	ПК-3	
Тема 1. Современное состояние и актуальные проблемы нефтепереработки	7	+	+	+	3
Тема 2. Крупнейшие мировые нефтегазовые и химические компании	7	+	+	+	3
Тема 3. Технология переработки газов	7	+	+	+	3
Тема 4. Технология подготовки нефти и газоконденсата к переработке	7	+	+	+	3
Тема 5. Технология первичной переработки нефти и газоконденсата	7	+	+	+	3
Тема 6. Технология переработки нефти и газоконденсатов	7	+	+	+	3
Тема 7. Глубина переработки нефти - обобщающий показатель эффективности использования нефтяного сырья	8	+	+	+	3
Тема 8. Облагораживание топливных продуктов	8	+	+	+	3
Тема 9. Переработка нефтезаводских углеводородных газов	7	+	+	+	3
Тема 10. Получение товарных топлив и масел	7	+	+	+	3
Итого	72				

Краткое содержание каждой темы дисциплины (модуля)

Тема 1. Современное состояние и актуальные проблемы нефтепереработки.

Краткая характеристика и классификация НПЗ. Основные принципы проектирования НПЗ. Основные принципы углубления переработки нефти и поточные схемы НПЗ топливного профиля. Современные проблемы технологии переработки нефтяных остатков в моторные топлива. Проблемы экологизации в нефтепереработке. Основные тенденции и современные проблемы производства высококачественных моторных топлив.

Тема 2. Крупнейшие мировые нефтегазовые и химические компании.

Нефтехимические производства в составе нефтегазовых компаний. Взаимодействие химических и нефтегазовых компаний. Особенности нефтехимической промышленности стран АТР.

Нефтехимические комплексы развитых стран. Современное состояние нефтехимической отрасли в России.

Тема 3. Технология переработки газов.

Состав природных и попутных газов, газов переработки горючих ископаемых. Способы подготовки и очистки природных газов. Методы разделения углеводородных газов и их характеристики. Производство серы и другой товарной продукции из газов.

Тема 4. Технология подготовки нефти и газоконденсата к переработке.

Методы их подготовки к переработке и разделению. Технология сепарационной подготовки нефти и газоконденсата.

Тема 5. Технология первичной переработки нефти и газоконденсата.

Атмосферная перегонка нефти и газоконденсатов; атмосферно-вакуумная перегонка нефти; технологические основы разделения и очистки дистиллятов и остатков с применением разных реагентов, деасфальтизация, депарафинизация.

Тема 6. Технология переработки нефти и газоконденсатов.

Термический крекинг под давлением, коксование нефтяных остатков, термоокислительные процессы в производстве битумов и пеков; процессы пиролиза и его значения; каталитические процессы: риформинг, каталитическая изомеризация углеводородов, гидроочистка и гидрообессеривание дистиллятов, гидрокрекинг; технология производства смазочных масел и специальных жидких продуктов.

Тема 7. Глубина переработки нефти - обобщающий показатель эффективности использования нефтяного сырья.

Методы расширения производства светлых нефтепродуктов при первичной переработке нефти. Деструктивные процессы глубокой переработки нефти. Комбинированные установки глубокой переработки нефти на НПЗ России и государств СНГ. Технологические схемы глубокой переработки нефти на зарубежных НПЗ.

Тема 8. Облагораживание топливных продуктов, полученных в процессах глубокой переработки нефти.

Гидроочистка бензинов термических процессов. Алкилирование бензолсодержащих фракций бензинов. Гидрирование бензолсодержащих фракций бензинов. Селективный гидрокрекинг прямогонных и вторичных бензинов. Технологии для улучшения экологических характеристик дизельных топлив. Производство водорода.

Тема 9. Переработка нефтезаводских углеводородных газов.

Получение высокооктановых компонентов из олефиносодержащих газов. Получение МТБЭ.

Тема 10. Получение товарных топлив и масел.

Расчет рецептуры. Приготовление контрольного образца. Приготовление промышленной партии топлива. Присадки к топливам и маслам.

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРЕПОДАВАНИЮ И ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Указания для преподавателей по организации и проведению учебных занятий по дисциплине (модулю)

Практические занятия. Направленность практического занятия заключается в том, чтобы обучающиеся на основе полученных теоретических знаний освоили способы применения их на практике. В ходе занятий обучающиеся самостоятельно проводят наблюдения, оценивают полученные результаты, анализируют ход работы, делают выводы и обобщения, ведут исследования. Практические занятия студенты выполняют под руководством преподавателя в соответствии с планом учебных занятий. На каждое практическое занятие обучающимся предоставляются указания по его проведению.

Указания содержат информацию о теме, цели занятия; порядке выполнения работы; оформления результатов и выводов, контрольные вопросы; список литературы. Практическое занятие засчитывается, если студент выполнил задания и получил удовлетворительную оценку.

5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)

Таблица 4 – Содержание самостоятельной работы обучающихся

Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Формы работы
Тема 1. Современное состояние и актуальные проблемы нефтепереработки	9	Анализ основной учебной и дополнительной литературы. Систематизация полученной информации
Тема 2. Крупнейшие мировые нефтегазовые и химические компании	9	Анализ основной учебной и дополнительной литературы. Систематизация полученной информации
Тема 3. Технология переработки газов	10	Анализ основной учебной и дополнительной литературы. Систематизация полученной информации
Тема 4. Технология подготовки нефти и газоконденсата к переработке	10	Анализ основной учебной и дополнительной литературы. Систематизация полученной информации
Тема 5. Технология первичной переработки нефти и газоконденсата	10	Анализ основной учебной и дополнительной литературы. Систематизация полученной информации
Тема 6. Технология переработки нефти и газоконденсатов	10	Анализ основной учебной и дополнительной литературы. Систематизация полученной информации
Тема 7. Глубина переработки нефти - обобщающий показатель эффективности использования нефтяного сырья	9	Анализ основной учебной и дополнительной литературы. Систематизация полученной информации
Тема 8. Облагораживание топливных продуктов	9	Анализ основной учебной и дополнительной литературы. Систематизация полученной информации
Тема 9. Переработка нефтезаводских углеводородных газов	9	Анализ основной учебной и дополнительной литературы. Систематизация полученной информации
Тема 10. Получение товарных топлив и масел	9	Анализ основной учебной и дополнительной литературы. Систематизация полученной информации

5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины (модуля), выполняемые обучающимися самостоятельно

Для преподавателя при планировании и организации самостоятельной работы одной из самых сложных задач выступает отбор и конструирование заданий для самостоятельной работы по дисциплине (модулю).

Виды и формы самостоятельной работы утверждаются на кафедре при разработке учебно-методического комплекса (рабочей программы) учебной дисциплины (модуля) основной образовательной программы.

Серьезная теоретическая подготовка необходима для проведения практических занятий. Самостоятельность обучающихся может быть обеспечена разработкой методических указаний по проведению этих занятий с четким определением цели их проведения, вопросов для определения готовности к работе. Указания по выполнению заданий практических занятий будут способствовать проявлению в ходе работы самостоятельности и творческой инициативы.

Подготовка к тестированию

Подготовка к тестированию требует акцентирования внимания на определениях, терминах, содержании понятий, датах, алгоритмах, именах ученых в той или иной области.

Самостоятельное изучение отдельных тем (вопросов) в соответствии со структурой дисциплины (модуля), составление конспектов

Активизация учебной деятельности и индивидуализация обучения предполагает вынесение для самостоятельного изучения отдельных тем или вопросов. Выбор тем (вопросов) для самостоятельного изучения – одна из ключевых проблем организации эффективной работы обучающихся по овладению учебным материалом. Основанием выбора может быть наилучшая обеспеченность литературой и учебно-методическими материалами по данной теме, ее обобщающий характер, сформированный на аудиторных занятиях алгоритм изучения. Обязательным условием результативности самостоятельного освоения темы (вопроса) является контроль выполнения задания. Результаты могут быть представлены в форме конспекта, реферата, хронологических и иных таблиц, схем. Также могут проводиться блиц - контрольные и опросы. С целью проверки отработки материала, выносимого на самостоятельное изучение, могут проводиться домашние контрольные работы.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

6.1. Образовательные технологии

Таблица 5 – Образовательные технологии, используемые при реализации учебных занятий

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Форма учебного занятия		
	Лекция	Практическое занятие, семинар	Лабораторная работа
Тема 1. Современное состояние и актуальные проблемы нефтепереработки	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Фронтальный опрос</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Тема 2. Крупнейшие мировые нефтегазовые и химические компании	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Фронтальный опрос</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Тема 3. Технология переработки газов	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Тема 4. Технология подготовки нефти и газоконденсата к переработке	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Тема 5. Технология первичной переработки нефти и газоконденсата	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Тема 6. Технология переработки нефти и газоконденсатов	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Тема 7. Глубина переработки нефти - обобщающий показатель эффективности использования нефтяного сырья	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Фронтальный опрос</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Тема 8. Облагораживание топливных продуктов	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Фронтальный опрос</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Тема 9. Переработка нефтезаводских углеводородных газов	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Фронтальный опрос</i>	<i>Не предусмотрено</i>

Тема 10. Получение товарных топлив и масел	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Фронтальный опрос, итоговый тест</i>	<i>Не предусмотрено</i>
--	-------------------------	---	-------------------------

6.2. Информационные технологии

- использование возможностей интернета в учебном процессе (использование сайта преподавателя (рассылка заданий, предоставление выполненных работ, ответы на вопросы, ознакомление обучающихся с оценками и т. д.));
- использование электронных учебников и различных сайтов (например, электронных библиотек, журналов и т. д.) как источников информации;
- использование возможностей электронной почты преподавателя;
- использование средств представления учебной информации (электронных учебных пособий и практикумов, применение новых технологий для проведения очных (традиционных) лекций и семинаров с использованием презентаций и т. д.);
- использование интегрированных образовательных сред, где главной составляющей являются не только применяемые технологии, но и содержательная часть, т. е. информационные ресурсы (доступ к мировым информационным ресурсам, на базе которых строится учебный процесс);
- использование виртуальной обучающей среды (LMS Moodle «Электронное образование») или иных информационных систем, сервисов и мессенджеров.

6.3. Программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

6.3.1. Программное обеспечение

Adobe Reader	Программа для просмотра электронных документов
Платформа дистанционного обучения LMS Moodle	Виртуальная обучающая среда
Mozilla FireFox	Браузер
Microsoft Office 2013	Пакет офисных программ
7-zip	Архиватор
Microsoft Windows 7 Professional	Операционная система
Kaspersky Endpoint Security	Средство антивирусной защиты
Google Chrome	Браузер

6.3.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- Универсальная справочно-информационная полнотекстовая база данных периодических изданий ООО "ИВИС". <http://dlib.eastview.com>
- Электронные версии периодических изданий, размещенные на сайте информационных ресурсов www.polpred.com
- Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем». <https://library.asu.edu.ru>
- Электронный каталог «Научные журналы АГУ»: <http://journal.asu.edu.ru>
- Корпоративный проект Ассоциации региональных библиотечных консорциумов (АРБИКОН) «Межрегиональная аналитическая роспись статей» (МАРС) - сводная база данных, содержащая полную аналитическую роспись 1800 названий журналов по разным отраслям знаний. Участники проекта предоставляют друг другу электронные копии отсканированных статей из книг, сборников, журналов, содержащихся в фондах их библиотек. <http://mars.arbicon.ru>

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) «Переработка нефти и газа на морских месторождениях» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин (модулей) и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины (модуля) – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем.

Таблица 6 - Соответствие разделов, тем дисциплины (модуля), результатов обучения по дисциплине (модулю) и оценочных средств

Контролируемый раздел, тема дисциплины (модуля)	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
Тема 1. Современное состояние и актуальные проблемы нефтепереработки	УК-1, УК-2, ПК-3	Собеседование
Тема 2. Крупнейшие мировые нефтегазовые и химические компании	УК-1, УК-2, ПК-3	Собеседование
Тема 3. Технология переработки газов	УК-1, УК-2, ПК-3	Практическое задание
Тема 4. Технология подготовки нефти и газоконденсата к переработке	УК-1, УК-2, ПК-3	Практическое задание
Тема 5. Технология первичной переработки нефти и газоконденсата	УК-1, УК-2, ПК-3	Практическое задание
Тема 6. Технология переработки нефти и газоконденсатов	УК-1, УК-2, ПК-3	Практическое задание
Тема 7. Глубина переработки нефти - обобщающий показатель эффективности использования нефтяного сырья	УК-1, УК-2, ПК-3	Собеседование
Тема 8. Облагораживание топливных продуктов	УК-1, УК-2, ПК-3	Собеседование
Тема 9. Переработка нефтезаводских углеводородных газов	УК-1, УК-2, ПК-3	Собеседование
Тема 10. Получение товарных топлив и масел	УК-1, УК-2, ПК-3	Собеседование, итоговый тест

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Таблица 7 – Показатели оценивания результатов обучения в виде знаний

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует глубокое знание теоретического материала, умение обоснованно излагать свои мысли по обсуждаемым вопросам, способность полно, правильно и аргументированно отвечать на вопросы, приводить примеры
4 «хорошо»	демонстрирует знание теоретического материала, его последовательное изложение, способность приводить примеры, допускает единичные

Шкала оценивания	Критерии оценивания
	ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует неполное, фрагментарное знание теоретического материала, требующее наводящих вопросов преподавателя, допускает существенные ошибки в его изложении, затрудняется в приведении примеров и формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	демонстрирует существенные пробелы в знании теоретического материала, не способен его изложить и ответить на наводящие вопросы преподавателя, не может привести примеры

Таблица 8 – Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы
4 «хорошо»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует отдельные, несистематизированные навыки, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий, выполняет задание по подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	не способен правильно выполнить задания

7.3. Контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения по дисциплине (модулю)

Тема 1. Современное состояние и актуальные проблемы нефтепереработки

Вопросы для собеседования:

1. Краткая характеристика и классификация НПЗ.
2. Основные принципы проектирования НПЗ.
3. Основные принципы углубления переработки нефти и поточные схемы НПЗ топливного профиля.
4. Современные проблемы технологии переработки нефтяных остатков в моторные топлива.
5. Проблемы экологизации в нефтепереработке.
6. Основные тенденции и современные проблемы производства высококачественных моторных топлив.

Тема 2. Крупнейшие мировые нефтегазовые и химические компании

Вопросы для собеседования:

1. Нефтехимические производства в составе нефтегазовых компаний.
2. Взаимодействие химических и нефтегазовых компаний.
3. Особенности нефтехимической промышленности стран АТР.

4. Нефтехимические комплексы развитых стран.
5. Современное состояние нефтехимической отрасли в России.

Тема 3. Технология переработки газов

Практическое задание: «Расчет абсорбции многокомпонентных углеводородных газов»

При обработке многокомпонентных углеводородных газов абсорбентом, в качестве которого берётся какая-либо нефтяная фракция, абсорбируются все компоненты исходного газа, но с различной степенью извлечения.

Чем больше летучесть компонента газовой смеси, тем меньше степень его поглощения. Поэтому в результате абсорбции исходный газ разделяется (аналогично однократной конденсации) на две фракции — поглощенную и непоглощенную части.

В случае так называемых «тощих» углеводородных газов обычно извлекается небольшая часть исходного газа и теплота, выделяемая при абсорбции, незначительна. В этом случае можно принять количества газового (G , кмоль/ч) и жидкого (L , кмоль/ч) потоков, а также константы парожидкостного равновесия и всех компонентов газа приблизительно постоянными.

Составляя уравнения равновесия фаз на первой (верхней) тарелке и материального баланса вокруг первой тарелки, затем уравнения равновесия на второй тарелке и материальные балансы вокруг первых двух тарелок и т.д., для n -тарелочного абсорбера выводится следующее основное уравнение абсорбции Крейсера для любого компонента «тощего» газа:

$$\varphi = \frac{A^{n+1} - A}{A^{n+1} - 1},$$

при этом

$$\varphi = \frac{g_{n+1} - g_1}{g_{n+1}} \approx \frac{y_{n+1} - y_1}{y_{n+1}},$$

$$A = \frac{L}{kG},$$

φ — коэффициент извлечения любого i -го компонента исходной газовой доли; n — число теоретических тарелок в абсорбере; где g_{n+1} и g_1 — начальное и конечное содержание i -го компонента в газовом потоке соответственно, кмоль/ч; y_{n+1} и y_1 — начальная и конечная концентрации i -го компонента в газовом потоке, молярные доли; A — фактор абсорбции компонента; k — коэффициент парожидкостного равновесия компонента; G и L — количество газового и жидкого потоков, поступающих в абсорбер, кмоль/ч.

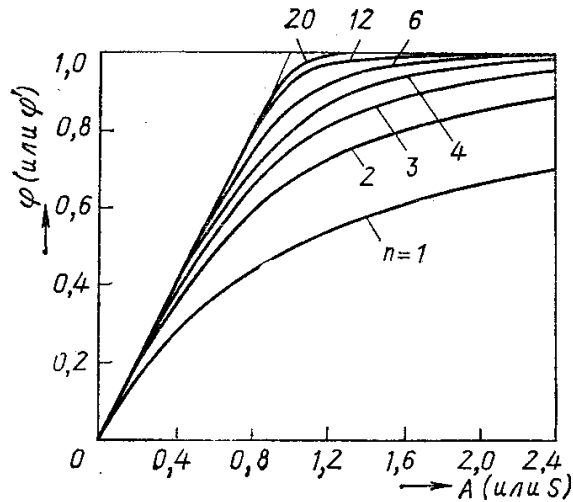


Рис. 1, График Крейсера

Рисунок 1, из которого видно, что при любом значении A с увеличением числа теоретических тарелок n компонента растет, приближаясь при коэффициенте извлечения $n = 16$. К. п. д. тарелок при абсорбции обычно составляет $0,2—0,5 \leq 1,0$. Поэтому в абсорберах принимают $n=12—16$ практически к своему максимальному значению.

Десорбция.

Десорбцию из насыщенного абсорбента поглощенных компонентов производят водяным паром, расход которого (G' , кмоль/ч) определяют путем расчета полного извлечения наименее летучего компонента.

Основное уравнение десорбции имеет вид, аналогичный уравнению

$$\varphi' = \frac{S^{n+1} - S}{S^{n+1} - 1},$$

$$\varphi' = \frac{l_{n+1} - l_1}{l_{n+1}} \approx \frac{x_{n+1} - x_1}{x_{n+1}},$$

$$S = \frac{kG'}{L'},$$

φ' — коэффициент извлечения любого (i -го) компонента при десорбции, доли; где n — число теоретических тарелок в десорбере; L_{n+1} и L_1 — начальное и конечное количества i -го компонента в жидком потоке десорбера, соответственно, кмоль/ч; x_{n+1} и x_1 — начальная и конечная концентрации i -го компонента в жидком потоке, — мольные доли; S — фактор десорбции компонента; G' и L — количества газового и жидкого потоков, поступающих в десорбер, кмоль/ч.

Так как уравнения абсорбции и десорбции тождественны, то график Крейсера, показанный на рис.1, используют для расчета как абсорбера, так и десорбера.

Тепло, выделяемое при абсорбции, приводит к повышению температуры потока абсорбента, поэтому для поддержания в абсорбере невысокой температуры обычно часть тепла отводят за счет циркуляции некоторого количества абсорбента через холодильник.

Наоборот, в десорбере для поддержания повышенной температуры, кроме тепла за счет предварительного подогрева насыщенного абсорбента, подают тепло с помощью кипятильника.

Количество тепла, отводимого от абсорбера и подводимого внизу десорбера, определяется на основании теплового баланса этих аппаратов.

Пример 1. Рассчитать процесс абсорбции углеводородной газовой смеси, состав которой (u_i ф., молярные проценты) приведен в табл. 1, при условии, если извлечение ϕ_4 бутана должно составить 95 %.

Расход газа $V_0 = 5000 \text{ м}^3/\text{ч}$, средние условия в абсорбере: $p=1 \text{ МПа}$, $t = 0,3$, составит $20. \eta 40^\circ\text{C}$, абсорбент — нефтяная фракция с молекулярной массой $M = 190$. Число теоретических тарелок $n = 6$ (число практических тарелок, принимая

Таблица 1. Расчет адсорбции ($t=40^\circ\text{C}$, $p=1 \text{ МПа}$, $\phi_4=0.95$, $n=6$)

Компонент	u_i % (мол.)	$g_i = G u_i$, кмоль/ч	k_i	$A_i = \frac{L}{K_i G} =$ $\frac{0,572}{K_i}$	ϕ_i	Извлечение $\phi_i g_i$, кмоль/ч	Остаточный газ $(1-\phi_i) g_i$, кмоль/ч
Метан	84,0	187,32	18	0,032	0,032	5,99	181,33
Этан	5,1	11,37	3,8	0,151	0,151	1,72	9,65
Пропан	3,4	7,58	1,3	0,440	0,440	3,34	4,24
<i>n</i> -Бутан	2,7	6,02	0,44	1,300	0,950	5,72	0,30
<i>n</i> -Пентан	2,2	4,91	0,15	3,813	1,000	4,91	0
<i>n</i> -Гексан и выше	2,6	5,80	0,06	9,533	1,000	5,80	0
Σ	100,0	223,0	—	—	—	27,48	195,52

Решение. Молярный расход газа:

$$G = \frac{5000}{22,4} = 223 \text{ кмоль/ч.}$$

По графику Крейсера для $n = 6$ и $\phi_4 = 0,95$ находим фактор абсорбции *n*-бутана и $A_4=1,3$. Относительный молярный расход абсорбента составит:

$$L/G = k_4 A_4 = 0,44 \cdot 1,3 = 0,572 \text{ кмоль/кмоль.}$$

откуда

$$L = 0,572 G = 0,572 \cdot 223 = 127,6 \text{ кмоль/ч}$$

или

$$\bar{L} = 127,6 \cdot 190 = 24\,244 \text{ кг/ч.}$$

Факторы абсорбции всех остальных компонентов находим по формуле

$$A_i = \frac{L}{k_i G} = \frac{0,572}{k_i}.$$

По значениям A_i , - из графика Крейсера находим коэффициенты извлечения ϕ_4 всех компонентов. Весь расчет представлен в табл. 1.

Последние две графы этой таблицы показывают количества каждого компонента в насыщенном абсорбенте и в остаточном газе абсорбера.

Пример 1. По данным примера 1 найти расход десорбирующего агента — водяного пара, если в десорбере число теоретических контактов $n=5$, средние условия: $p = 490$ кПа, $t=140^\circ\text{C}$.

Решение. $= 0,98$. Из графика Крейсера по значениям ϕ Для практически полной десорбции всех растворенных в насыщенном абсорбенте компонентов примем коэффициент извлечения для наиболее тяжелого компонента — н-гексана $n = \phi_5$ и $\phi_6 = 0,98$ находим фактор десорбции $S_6 = 2$. При $p = 490$ кПа и $t = 140^\circ\text{C}$ константа парожидкостного равновесия гексана $k_6 = 1,5$.

Находим удельный расход десорбирующего агента:

$$\frac{G'}{L'} = \frac{S_6}{k_6} = \frac{2}{1,5} = 1,333 \text{ кмоль/кмоль.}$$

Количество насыщенного абсорбента

$$L' = 127,6 + 27,48 = 155,08 \text{ кмоль/ч.}$$

Расход водяного пара

$$G' = 1,333L' = 1,333 \cdot 155,08 = 206,72 \text{ кмоль/ч} = 3721 \text{ кг/ч.}$$

Тема 4. Технология подготовки нефти и газоконденсата к переработке.

Цель практического задания: закрепление знаний по термическим процессам нефтепереработки.

Общие сведения

Под влиянием высоких температур связи между атомами и молекулами углеводородов нефти ослабевают, они могут разрываться, и тогда образуются новые соединения. В каждом гомологическом ряду более легкие, низкокипящие углеводороды расщепляются труднее, чем высококипящие. Наряду с расщеплением и образованием более легких углеводородов происходят и другие превращения, в том числе уплотнение с получением более крупных молекул. Процессы, в которых более тяжелые фракции первичной перегонки нефти подвергаются разложению под влиянием повышенных температур, называются термическими. В нефтеперерабатывающей промышленности применяют следующие термические процессы: термический крекинг, висбрекинг, коксование и пиролиз. Термический крекинг, обычно осуществляемый под давлением до 5 МПа (50 кгс/см) и при температурах от 420 до 550° С, является процессом качественного изменения сырья с образованием новых соединений, отличающихся от исходных своими физико-химическими свойствами.

В зависимости от состава сырья и условий процесса выход бензиновых фракций при крекинге составляет 7-30% от исходного сырья. Наряду с бензиновыми фракциями образуются другие продукты – газообразные, жидкие и твердые (кокс).

Висбрекинг – процесс однократного термического крекинга тяжелого остаточного сырья, проводимый в мягких условиях. Типичное сырье висбрекинга – мазуты, получаемые при атмосферной перегонке нефтей, или вакуумные гудроны. Восприимчивость гудрона к висбрекингу тем выше, чем ниже температура его размягчения и чем меньше асфальтенов, нерастворимых в н-пентане. Висбрекинг проводится для производства преимущественно жидкого котельного топлива пониженной по сравнению с сырьем вязкости (вариант I), либо с целью производства в повышенных количествах газойля-сырья для установок гидрокрекинга и каталитического крекинга (вариант II). Для висбрекинга гудронов условия процесса такие: температура 460-500°C; давление 1,4-3,5 МПа. Длительность пребывания сырья в зоне реакции определяется с помощью уравнения скорости реакции первого порядка. Требуемый объем реакционной зоны, т. е. того участка змеевика, где температура сырья превышает 399 °С, составляет 3,6-4,8 м на каждые 1000 м перерабатываемого жидкого сырья в сутки. Процесс висбрекинга протекает с поглощением тепла. Октановое число бензиновой фракции висбрекинга находится в пределах от 58 до 68 (моторный метод, без присадки). Содержание серы в бензиновых и керосиновых фракциях существенно ниже, чем в сырье; однако эти фракции обычно нуждаются в очистке. Например, подвергая висбрекингу мазут [мол. масса 407, плотность 938,5 кг/м³; содержание серы 1,81 % (масс.), коксуемость 5,0 %], самотлорской нефти, получали бензин и керосин, содержащие до очистки 0,7 и 1,0 % (масс.) серы.

Коксование нефтяных остатков ведут при температурах от 445-460 (при коксовании в кубах) до 485-540° С. В зависимости от качества сырья, типа процесса и технологического режима получают (от исходного сырья) 15-38% товарного кокса, 49-77,5% жидких продуктов (в том числе 7-17% бензиновых фракций) и 5-12% газа до С4 включительно.

Пиролиз дистиллятного сырья, а также легких углеводородов (от этана до бутана) проводят обычно при температурах от 650 до 850° С. Основное назначение пиролиза – получение этилена и пропилена, а раньше – получение ароматических углеводородов.

Термический крекинг.

Основной реакцией при термическом крекинге является реакция разложения (расщепления, крекинга). Легче всего подвергаются крекингу парафиновые углеводороды, затем нафтеновые; наиболее устойчивы ароматические углеводороды. В каждом гомологическом ряду легче подвергаются крекингу углеводороды большей молекулярной массы. Таким образом, более тяжелые фракции нефтяных продуктов менее стабильны и крекируются значительно легче, чем более легкие.

Результаты крекинга зависят от фракционного и химического состава сырья и технологического режима, особенно температуры и давления.

Сырье. При прочих равных условиях скорость крекинга зависит от фракционного и химического состава крекируемого сырья. Скорость образования бензина, так и выход всех образовавшихся фракций увеличиваются с повышением температуры выкипания (утяжелением) сырья. Вместе с тем выход кокса при одинаковом выходе бензина увеличивается при крекировании более тяжелого сырья. В заводских условиях выход кокса допускается не более 0,1% от исходного сырья, при этом условии однократный крекинг мазута дает не более 8% бензина (с температурой конца кипения 200°C), крекинг керосина – не более 40%. Скорость крекинга зависит также от химического состава сырья. Так, сырье с высоким содержанием ароматических углеводородов плохо поддается крекингу, поэтому скорость его значительно меньше, чем крекинга парафинистого сырья. Как уже говорилось, высокомолекулярные парафиновые углеводороды или парафиновые боковые цепи циклических углеводородов разрушаются легче, чем нафтеновые и особенно ароматические углеводороды с короткими боковыми цепями. Таким образом, скорость крекинга тесно связана с химическим составом и молекулярной массой крекируемого сырья.

Температура — один из основных факторов крекинг-процесса. С повышением температуры скорость реакций крекинга увеличивается. Зависимость температуры и времени крекинга мазута при одинаковом (30%-ном) выходе бензина характеризуется следующими данными:

Температура крекинга, °С: 400, 425, 450, 475, 500.

Продолжительность крекинга, мин 720, 120, 20, 2, 0,6.

Обычно продолжительность крекинга керосино-дизельных фракций в промышленных условиях составляет 5-7 мин. Для упрощенных расчетов можно принять, что скорость крекинга удваивается при нагреве на каждые 10° С при температуре процесса около 400° С, на каждые 14° С — при 500° С и на каждые 17° С — при 600° С.

Давление заметно не влияет на скорость крекинга и образование бензина при обычных его выходах. Однако крекинг под давлением обеспечивает наиболее желательные условия для распределения тепла и устранения местного перегрева и поэтому дает меньший выход смол и кокса, протекает с максимальным эффектом и минимальным расходом топлива. Повышение давления позволяет увеличить производительность установок. Первичные реакции не зависят от давления, а вторичные (полимеризации и конденсации) — зависят. Высокие давления благоприятствуют протеканию ряда вторичных реакций, в том числе превращению олефиновых углеводородов в нафтеновые. В результате реакций уплотнения, протекающих быстрее при крекинге под давлением (особенно в паровой фазе), продукты крекинга содержат меньше непредельных углеводородов, чем продукты крекинга, проведенного под низким давлением. Повышение давления способствует протеканию реакции полимеризации, в результате чего содержание в газе непредельных углеводородов, особенно легких олефинов, снижается.

Глубина превращения определяется выходом бензина из исходного сырья. Она является сложной функцией продолжительности и скорости крекинга. Так как скорость крекинга определяется в основном температурой и временем, глубина превращения обычно является функцией времени и температуры. Коксообразование при крекинге крайне нежелательно, так как кокс отлагается в аппаратуре, в трубах печи и трубопроводах, что сокращает межремонтное время и может привести к прогару печных труб и ухудшению качества крекинг-остатка.

Теплота основных реакций термического крекинга. Величиной, необходимой при расчете крекинг-печей, является теплота реакций, которая принимается равной: для легкого крекинга (висбрекинга) гудрона и полугудрона 117—234 кДж/кг (28—56 ккал/кг); для крекинга керосино-дизельных фракций 1256—1465 кДж/кг (300—350 ккал/кг) и для крекинга мазута 1256—1675 кДж/кг (300-400 ккал/кг). Приведенные выше значения теплоты реакций термического крекинга являются разностью между теплотами реакций расщепления, которые проходят с поглощением тепла (эндотермические реакции), и реакций уплотнения, протекающих с выделением тепла (экзотермических). Как видно из приведенных данных, термический крекинг идет с поглощением тепла.

Термический крекинг с рециркуляцией. В результате совместного воздействия рассмотренных выше факторов определяются показатели однократного крекинга. Выход бензина в процессе однократного крекинга ограничивается, с одной стороны, началом его интенсивного разложения (что приводит к увеличению выхода газа), с другой — усилением коксообразования. Последнее влияет на межремонтное время установки и объем коксоочистительных работ, определяющие длительность ремонта установки. При однократном крекинге получают газ, бензин, промежуточные фракции, крекинг-остаток и иногда — крекинг-керосин. Максимальный выход бензина из легких дистиллятов прямой перегонки нефти при однократном крекинге без заметного коксообразования составляет до 30%, а из тяжелых дистиллятов и остатков (гудрона) — соответственно 20 и 6% исходного сырья. Более высокие выходы крекинг-бензина с минимальным коксообразованием могут быть получены в результате многократного повторения крекинга, когда крекируются и дистилляты (промежуточные фракции), получаемые после отделения и удаления остатков, содержащих коксообразующие продукты конденсации. Промежуточную фракцию (крекинг-флегму) можно подвергать крекингу отдельно (так называемый крекинг «гуськом») или в смеси со свежим сырьем (крекинг с рециркуляцией). В промышленности основным процессом является крекинг с рециркуляцией.

Отношение количества крекинг-флегмы к количеству свежего сырья называется коэффициентом рециркуляции, а отношение полной загрузки реакционного аппарата к загрузке его свежим сырьем – коэффициентом загрузки, С увеличением коэффициента рециркуляции растет выход бензина, но снижается производительность установки.

Схема установки

Как говорилось выше основное назначение процесса термического крекинга – производство сырья для технического углерода. В качестве сырья используют смесь тяжелых каталитических газойлей и дистиллятных экстрактов, получаемых при селективной очистке масел. Помимо целевого продукта – термогазойля (фракция 200—480°С) – получают также газ, бензиновую Фракцию и крекинг-остаток. Серийный термогазойль получают по схеме, не предусматривающей фракционирования в вакууме.

Основными показателями качества термогазойля являются: индекс корреляции, содержание серы, коксусемость, фракционный состав, вязкость и температура застывания.

Установка состоит из следующих секций:

1. реакторное отделение, включающее печи крекинга легкого и тяжелого сырья и выносную реакционную камеру;
2. отделение разделения продуктов реакции, которое включает испарители высокого и низкого давления для отделения крекинг-остатка, вакуумную колонну для дополнительного отпаривания крекинг- остатка с целью увеличения выхода термогазойля, комбинированную колонну для загрузки печей тяжелого и легкого сырья и газосепаратора для отделения газа от нестабильного бензина;
3. отделение теплообменной аппаратуры, которое состоит из сырьевых теплообменников типа, «труба в трубе», погружных конденсаторов-холодильников, водяных холодильников термогазойля и крекинг- остатка.

Сырье из резервуарного парка насосом 1 прокачивается через теплообменники 20 (на схеме показан один), где подогревается за счет тепла крекинг-остатка. Нагретое в теплообменниках сырье двумя потоками подается в нижнюю секцию ректификационной колонны 11.

Колонна 11 разделена полуглухой тарелкой на две части: пары из нижней части переходят в верхнюю, а жидкость из верхней части накапливается в аккумуляторе (кармане) внутри колонны.

Отсюда жидкость (легкая часть сырья) забирается насосом 9 и подается в змеевики печи 3. А с низа колонны 11 тяжелая часть сырья забирается насосом 10 и подается в змеевики печи 2.

Продукты крекинга по выходе из змеевиков печей 2 и 3 поступают в выносную реакционную камеру 4, откуда переходят в испаритель высокого давления 7. Здесь от смеси отделяется жидкий крекинг-остаток, который затем через редукционный клапан поступает в испарительную колонну низкого давления 12 (испаритель).

Газы и пары по выходе из верхней части испарителя 7 направляются в низ колонны 11, с верха которой уходят бензиновая фракция и газ. Пары конденсируются, и смесь охлаждается в холодильнике- конденсаторе 6. Далее газожидкостная смесь разделяется в газосепараторе 5 на газ и бензиновую фракцию. Газ поступает на ГФУ, а балансовое количество бензина – на стабилизацию. Насосом 8 бензин-орошение подается на верхнюю тарелку колонны 11. В колонне 12 в результате снижения давления из крекинг-остатка выделяются газойлевые фракции; несконденсированные пары из колонны 12 направляются в холодильник-конденсатор 13, и конденсат собирается в приемнике

Отсюда часть конденсата насосом 15 возвращается в колонну 12 в качестве орошения, а балансовое его количество выводится с установки. Крекинг-остаток подается насосом 16 в вакуумную колонну 17. Целевой продукт – термогазойль – выводится как промежуточный продукт с 17-й тарелки вакуумной колонны 17.

Во избежание коксования крекинг-остатка и для улучшения транспортирования его разбавляют менее вязким продуктом. Крекинг-остаток можно использовать в производстве битумов, а также как связующее вещество при брикетировании углей. Выход термогазойля на сырье вакуумной колонны составляет около 72% (масс.).

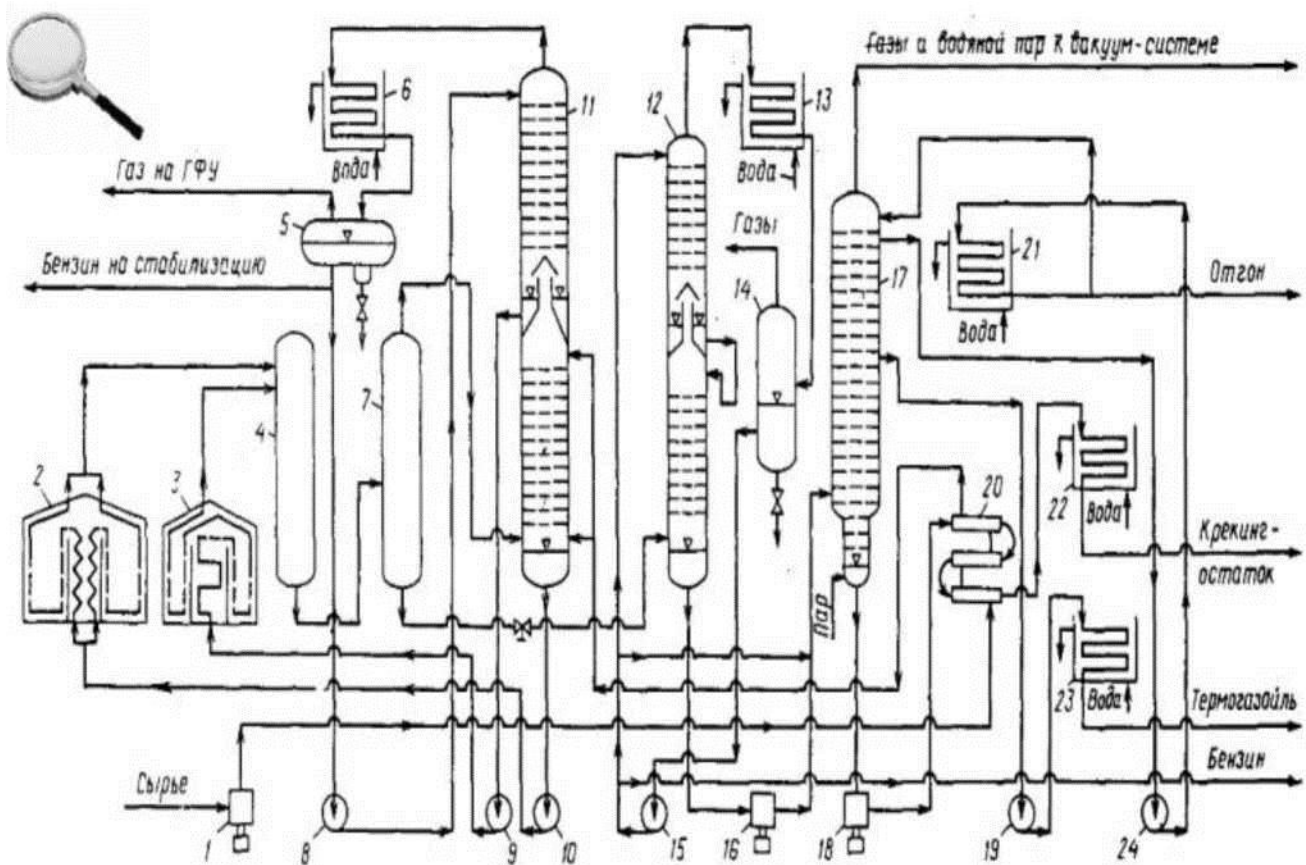


Рис. 2. Технологическая схема установки термического крекинга

Некоторые установки термического крекинга по получению термогазойля работают по схеме, отличной от описанной. Целевой продукт отбирается из колонны 12, выход термогазойля в этом случае составляет 24—27% (масс.). При индексе корреляции 95—100.

Технологический режим установки

Аппарат	Температура, °С	Давление, МПа
Печь 2		
вход	390 - 410	5,0 - 5,6
выход	490 - 500	2,2 - 2,8
Печь 3		
вход	290 - 320	5,0 - 6,6
выход	530 - 550	2,3 - 2,9
Реакционная камера 4		
верх	495 - 500	2,0 - 2,6
низ	460 - 470	-
Испаритель высокого давления 7		
верх	450 - 460	1,0 - 1,3
низ	430 - 440	-
Ректификационная колонна 11		
верх	180 - 220	-

аккумулятор	300 - 330	0,9 - 1,3
низ	390 - 410	-
Испарительная колонная низкого давления 12		
верх	170 - 200	-
низ	400 - 415	0,25 - 0,40
Вакуумная колонна 17		
вход	305 - 345	0,007 - 0,013
верх	70 - 90	-
низ	300 - 320	-

Установка висбрекинга тяжёлого сырья

Висбрекинг — процесс однократного термического крекинга тяжелого остаточного сырья, проводимый в мягких условиях. Типичное сырье висбрекинга — мазуты, получаемые при атмосферной перегонке нефтей, или вакуумные гудроны. Восприимчивость гудрона к висбрекингу тем выше, чем ниже температура его размягчения и чем меньше асфальтенов, нерастворимых в н-пентане. Висбрекинг проводится для производства преимущественно жидкого котельного топлива пониженной по сравнению с сырьем вязкости (вариант I), либо с целью производства в повышенных количествах газойля — сырья для установок гидрокрекинга и каталитического крекинга (вариант II). Установка висбрекинга может входить как секция в состав комбинированной установки, например атмосферная перегонка нефти висбрекинг атмосферного мазута вакуумная перегонка висбрекинг — мазута для выделения газойлевых фракций или висбрекинг атмосферного мазута выделение газойлей (в частности, под вакуумом) термический крекинг смеси газойлей с целью увеличения выхода керосиновой фракции. Возможны также варианты установок висбрекинга: на одних нагретое сырье по выходе из печи направляется в не обогреваемый реактор, где в основном и осуществляется неглубокий термокрекинг; на других — нагретое сырье подвергается висбрекингу в обогреваемом змеевике (сокинг-секция), расположенном во второй топочной камере трубчатой печи.

Висбрекинг-установка с реакционной камерой. Горячий мазут, поступающий с нефтеперегонной установки, подается насосом 1 в змеевик печи 2 (рис.3). По выходе из печи сырье подвергается висбрекингу в реакционной камере 3 (реакторе), работающей при давлении около 1,7 МПа.

Полученная смесь продуктов, пройдя редуцирующий клапан 4, направляется далее в фракционирующую колонну 8. До входа в колонну смесь охлаждается за счет подачи в линию холодного газойля, нагнетаемого насосом 7, через теплообменник 6. Остальная часть охлажденного газойля (рециркулят) возвращается этим же насосом в среднюю зону колонны 8. Балансовое количество газойля отводится с установки через холодильник 5. Для конденсации бензиновых паров и охлаждения газов, выходящих из колонны 8 сверху, служит аппарат воздушного охлаждения 11. После него смесь проходит водяной холодильник 12. В горизонтальном сепараторе 13 (он же сборник орошения) жирные газы отделяются от нестабильного бензина. Часть бензина подается насосом 14 на верхнюю тарелку колонны в качестве орошения; остальное количество отводится с установки. Легкая керосиновая фракция отбирается из колонны с промежуточной тарелки и насосом 10 выводится с установки. На некоторых установках эта фракция предварительно продувается водяным паром в выносной отпарной колонне. Описанная установка является частью комбинированной установки, и с низа колонны 8 остаток — утяжеленный висбрекинг-мазут — направляется насосом 9 в вакуумную ступень.

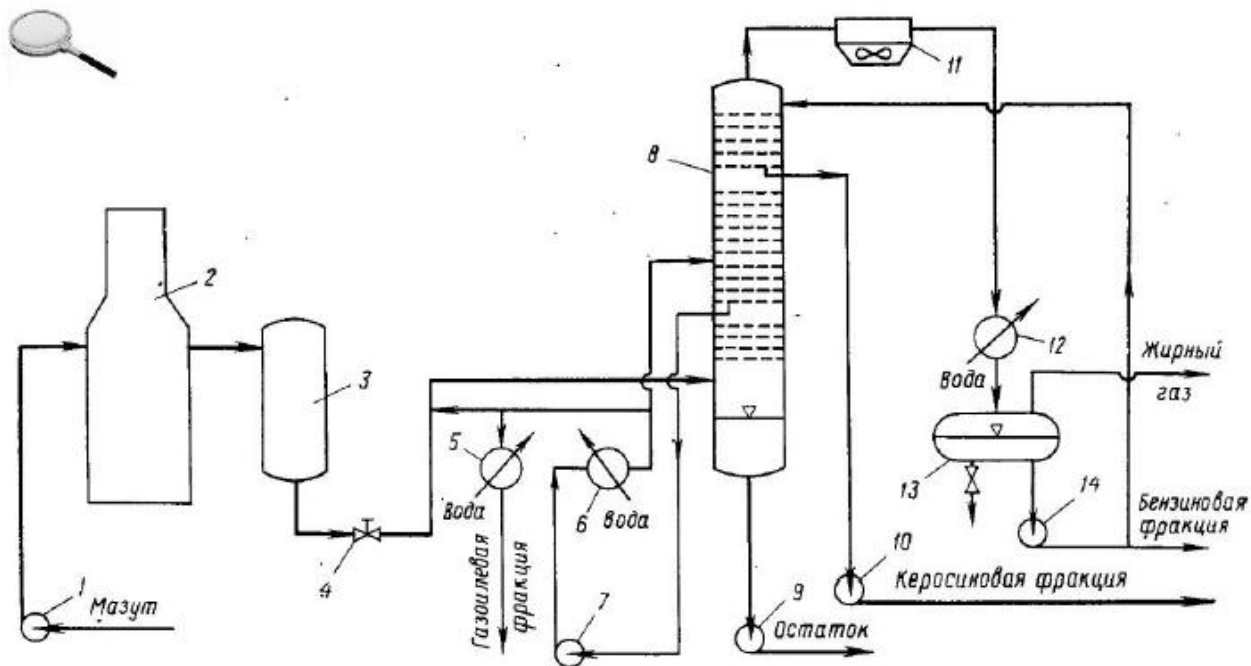


Рис. 3. Технологическая схема висбрекинг-установки с реакционной камерой

1, 7, 9, 10, 14 - насосы, 2 - трубчатая печь, 3 - реактор, 4 - редукционный клапан, 5 - холодильник, 6 - теплообменник, 8 - фракционирующая колонна, 11 - аппарат воздушного охлаждения, 12 - водяной холодильник, 13 - сепаратор.

Содержание серы в коксе почти всегда больше, чем в остаточном сырье коксования. Из остатков малосернистых нефтей получают малосернистый кокс, содержащий, как правило, до 1,5 % (масс.) серы; кокс из сернистых остатков содержит обычно 2,0-4,5 % (масс.) серы, а из высокосернистых — более 4,0 % (масс.). Содержание золы в коксе в значительной мере зависит от глубины обессоливания нефти перед ее перегонкой.

Пиролиз нефтяного сырья. Назначением процесса пиролиза – наиболее жесткой формы термического крекинга – является получение углеводородного газа с высоким содержанием непредельных, и в первую очередь этилена, поэтому часто установки пиролиза называют этиленовыми установками. Процесс может быть направлен и на максимальный выход пропилена или бутиленов и бутадиена. Получаемый с помощью пиролиза этилен идет на производство оксида этилена, пластических масс и полимеров. Образующийся в процессе пиролиза пропилен используется в основном для производства полипропилена, акрилопнитрила и бутадиена.

Сырьем для процесса пиролиза служат углеводородные газы, легкие бензиновые фракции, газоконденсаты, рафинаты каталитического риформинга, керосиновые и газойлевые фракции; ведутся исследования по пиролизу нефтей и нефтяных остатков. Выбор сырья определяется целью пиролиза, а также доступностью сырья, его количеством, стоимостью, а также экономическими показателями процесса. От качества сырья и технологического режима установки зависят выходы продуктов пиролиза. Наибольший выход этилена получается при пиролизе этана. По мере утяжеления сырья выход этилена снижается с одновременным увеличением выхода пиролизной смолы (углеводородов С₆ и выше) и кокса. С повышением температуры процесса и уменьшением времени реакции выход этилена увеличивается. Для повышения выхода непредельных и снижения коксообразования в реакционную смесь подают различные разбавители, например водяной пар, водород, метан или метано-водородную смесь. Известны различные варианты пиролиза: с твердым теплоносителем, в перегретом водяном паре, в электроразрядных трубках, в вольтовой дуге, в системе с катализатором. Наибольшее же распространение в промышленности получил пиролиз в трубчатых печах.

Основными продуктами современных пиролизных установок являются: этилен чистотой 99,9% (масс.), пропилен чистотой 99,9% (масс.), бутан-бутадиеновая фракция, содержащая 30-40% (масс.) бутадиена, 25-30% (масс.) изобутилена и 15-30% (масс.) н-бутилена, и смола пиролиза. Смола пиролиза разгоняется на фракции по разным вариантам. Например, на установке ЭП-300 выделяют ароматизированную фракцию н.к. - 150 °С, содержащую 25-30 % (масс.) бензола, 20-25 % (масс.) толуола и 10-15% (масс.) ксилолов для экстракции ароматических углеводородов; фракция 150-250°С служит дистиллятным топливом, а фракция 250-400 °С — компонентом котельного топлива. На одной из зарубежных установок (Германия) смолу разгоняют на бензин до 200°С и остаток. На некоторых заводах страны из смолы получают следующие фракции: н.к.-70 °С, являющуюся компонентом бензина; 70-130 °С, используемую для извлечения ароматических углеводородов; 130-160 °С, идущую на полимеризацию с получением полимеров стирола; 160-190 °С, полимеризуемую в инден-кумароновую смолу; 190— 230 °С, используемую для извлечения нафталина, и остаток >230 °С — пек пиролиза, используемый для получения кокса, пеков или технического углерода.

Порядок проведения занятия

1. Проработать теоретический материал.
2. Вычертить одну из секций (по заданию преподавателя) установки термического крекинга.
3. Заполнить таблицу 1 по основным параметрам термических процессов.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Таблица 2

Наименование процесса	Сырьё	Температура, С ⁰	Давление, МПа

Контрольные вопросы

1. Сырьё термических процессов нефтепереработки.
2. Основные параметры термических процессов.
3. Основные факторы термических процессов.
4. Применение продуктов термических процессов нефтепереработки.
5. Почему в газах термических процессов нефтепереработки присутствует большое количество непредельных углеводородов?
6. Почему в процессе термического крекинга используется тяжёлое сырьё?
7. Как зависит выход продуктов термических процессов от температуры процесса?
8. Для чего на установке висбрекинга тяжёлого сырья после печи стоит реакционная камера?
9. Какие из термических процессов используют рециркуляцию непревращённого сырья?

Тема 5. Технология первичной переработки нефти и газоконденсата

Цель практического задания: ознакомление с технологической схемой переработки нефти.

Общие сведения

Нефтепереработка - непрерывное производство со сложным технологическим процессом, который начинается с транспортировки нефтепродуктов на нефтеперерабатывающие заводы. Здесь нефть проходит несколько этапов, прежде чем стать готовым к использованию продуктом. Технологическая схема переработки нефти представлена на рисунке 4.

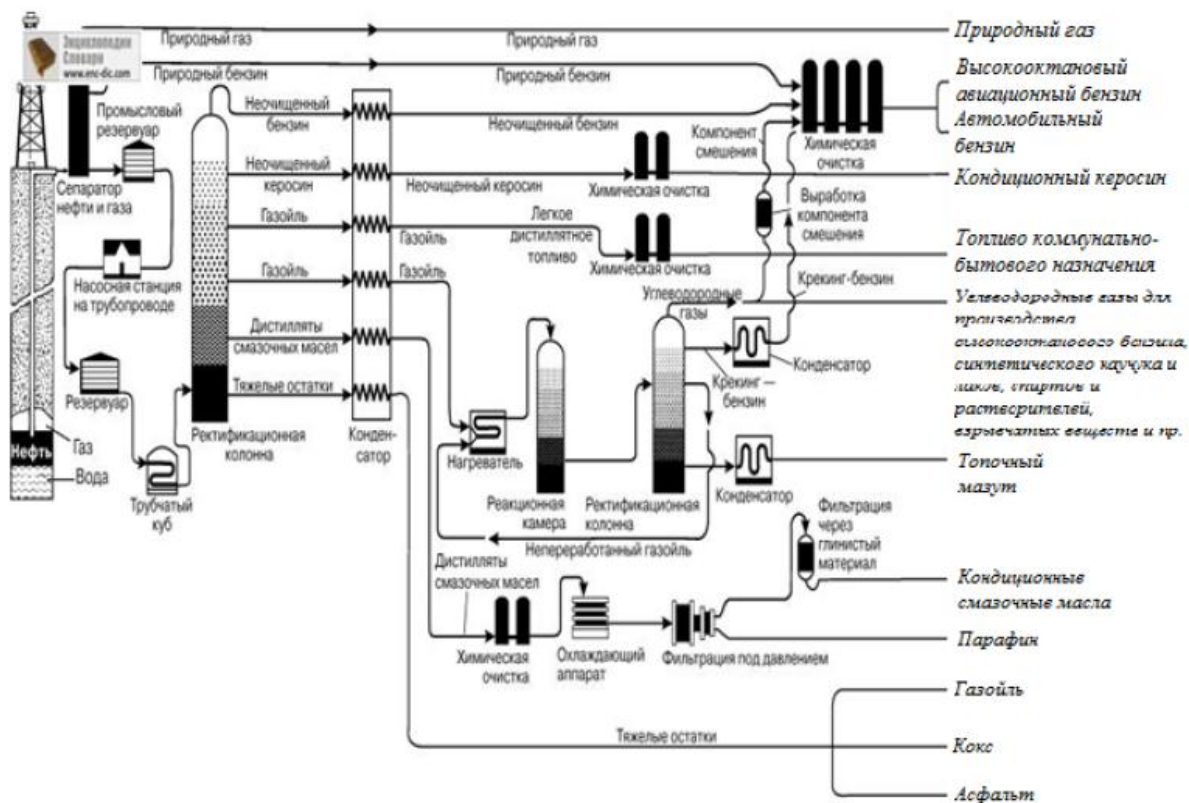


Рис. 4 Технологическая схема переработки нефти

Процесс переработки нефти можно разделить на 4 основных этапа:

Подготовка нефти к первичной переработке

Разделение нефтяного сырья на фракции, различающиеся по интервалам температур кипения (первичная переработка);

Переработка полученных фракций путем химических превращений содержащихся в них углеводородов и выработка компонентов товарных нефтепродуктов (вторичная переработка);

Смешение компонентов с вовлечением, при необходимости, различных присадок, с получением товарных нефтепродуктов с заданными показателями качества (товарное производство).

Подготовка нефти к первичной переработке

Добытая, но не переработанная нефть, содержит различные примеси, например, соль, воду, песок, глину, частицы грунта, попутный газ ПНГ. Наличие механических примесей и воды мешает транспортированию нефти по нефтепродуктопроводам для дальнейшей ее переработки, вызывает образование отложений в теплообменных аппаратах и других емкостях усложняет процесс переработки нефти.

Вся добытая нефть проходит процесс комплексной очистки, сначала механической, затем тонкой очистки.

На данном этапе также происходит разделение добытого сырья на нефть и газ в сепараторах нефти и газа.

Для получения высоких показателей работы установок по дальнейшей переработке нефти последнюю подвергают дополнительному обезвоживанию и обессоливанию на специальных электрообессоливающих установках.

Первичная переработка нефти

Нефть есть смесь нафтеновых, парафиновых, ароматических углеводородов, которые имеют разный молекулярный вес и температуру кипения, и сернистые, кислородные и азотистые органические соединения. Первичная переработка нефти заключается в разделении подготовленной нефти на фракции и группы углеводородов. При перегонке получают большой ассортимент нефтепродуктов и полупродуктов.

Суть процесса основана на принципе разности температур кипения компонентов добытой нефти. В результате сырье разлагается на фракции - до мазута (светлые нефтепродукты) и до гудрона (масла).

Первичная перегонка нефти может осуществляться с

1. однократным испарением,
2. многократным испарением,
3. постепенным испарением.

При однократном испарении нефть нагревается в подогревателе до заданной температуры. По мере нагрева образуются пары. При достижении заданной температуры парожидкостная смесь поступает в испаритель (цилиндр, в котором пар отделяется от жидкой фазы).

Процесс многократного испарения представляет собой последовательность однократных испарений при постепенном повышении температуры нагрева.

Перегонка постепенным испарением представляет собой малое изменение состояния нефти при каждом однократном испарении.

Первичная перегонка нефти на трубчатых установках осуществляется при атмосферном давлении и под вакуумом

Основные аппараты, в которых проходит перегонка нефти, или дистилляция, - это трубчатые печи, ректификационные колонны и теплообменные аппараты. При перегонке нефти на трубчатых установках, работающих при атмосферном давлении, из нефти получают следующие основные нефтепродукты:

1. бензиновая фракция (температура кипения до 200 °С),
2. керосин (температура кипения 220-275 °С)
3. газойль или дизельное топливо (температура кипения 200-350 °С)

Остатком от перегонки при атмосферном давлении является мазут—фракция, перегоняющаяся выше 330-350 °С.

Для того чтобы выделить более высококипящие нефтяные фракции, мазут подвергается перегонке на установках, работающих с применением вакуума. Остатком от перегонки мазута является гудрон, который затем перерабатывают в битум.

В зависимости от общей схемы нефтеперерабатывающего завода и свойств поступающей для переработки нефти сооружаются либо установки атмосферной перегонки, либо установки, сочетающие атмосферную и вакуумную перегонку, атмосферно-вакуумные трубчатые установки (АВТ).

Полученные компоненты после первичной переработки нефти обычно не используются в качестве готового продукта. На этапе первичной перегонки определяются свойства и характеристики нефти, от которых зависит выбор дальнейшего процесса переработки для получения конечного продукта.

Вторичная переработка нефти

Продукты первичной переработки нефти, как правило, не являются товарными нефтепродуктами. В связи с этим, нефтяные фракции поступают на установки вторичных процессов, призванные осуществить улучшение качества нефтепродуктов и углубление переработки нефти.

В зависимости от физико-химических свойств нефти и от потребности в конечном продукте происходит выбор дальнейшего способа деструктивной переработки сырья. Вторичная переработка нефти заключается в термическом и каталитическом воздействии на нефтепродукты, полученные методом прямой перегонки. При этом получается большее количество бензиновых фракций, а также сырье для производства ароматических углеводородов (толуола, бензола и других). Получаемая при первичной переработке нефти бензиновая фракция содержит газы (в основном пропан и бутан) в объеме, превышающем требования по качеству, и не может использоваться ни в качестве компонента автобензина, ни в качестве товарного прямогонного бензина. Кроме того, процессы нефтепереработки, направленные на повышение октанового числа бензина и производства ароматических углеводородов в качестве сырья используют узкие бензиновые фракции.

Этим обусловлено включение в технологическую схему переработки нефти данного процесса, при котором от бензиновой фракции отгоняются сжиженные газы, и осуществляется её разгонка на узкие фракции на соответствующих установках с определенным количеством колонн.

Товарное производство

В ходе указанных выше основных технологических процессов процессов вырабатываются только компоненты моторных, авиационных и котельных топлив с различными показателями качества. Для получения же товарных нефтепродуктов организуется смешение полученных компонентов в соответствующих емкостях НПЗ в соотношениях, которые обеспечивают нормируемые показатели качества.

Расчёт рецептуры смешения (компаундирования) компонентов осуществляется при помощи соответствующих модулей математических моделей, используемых для планирования производства по НПЗ в целом. Исходными данными для моделирования являются прогнозные остатки сырья, компонентов и товарной продукции, план реализации нефтепродуктов в разрезе ассортимента, плановый объём поставок нефти. Таким образом, возможно рассчитать наиболее эффективные соотношения между компонентами при смешении. Зачастую на заводах используются устоявшиеся рецептуры смешения, которые корректируются при изменении технологической схемы. Компоненты нефтепродуктов в заданном соотношении закачиваются в ёмкость для смешения, куда также могут подаваться присадки. Полученные товарные нефтепродукты проходят контроль качества и откачиваются в соответствующие ёмкости товарно-сырьевой базы, откуда отгружаются потребителю.

Порядок проведения занятия

1. Изучить основные этапы переработки нефти.
2. Начертить технологическую схему переработки нефти.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные этапы переработки нефти.
2. С какой целью выполняют обессоливание нефти?
3. Какие аппараты используют при первичной перегонки нефти?
4. Основная цель вторичной перегонки нефти.
5. Что такое компаундирование компонентов?

Тема 6. Технология переработки нефти и газоконденсатов.

Цель практического задания: ознакомление с технологической установкой каталитического крекинга, параметрами процесса.

Общие сведения

Каталитический крекинг представляет собой процесс превращения высококипящих нефтяных фракций в базовые высокооктановые компоненты авиационных и автомобильных бензинов и в средние дистилляты.

Промышленные процессы каталитического крекинга основаны на контактировании сырья с активным катализатором в условиях, при которых значительная часть сырья превращается в бензин и другие легкие продукты. При реакции крекинга на катализаторе образуются углеродистые отложения, которые резко снижают его активность, в данном случае крекирующую способность. Для восстановления активности катализаторы регенерируют – выжигают углеродистые отложения (обычно называемые коксом) в среде воздуха.

Одно из ведущих мест среди вторичных процессов нефтепереработки принадлежит процессу каталитического крекинга тяжелых дистиллятных фракций на мелкодисперсных катализаторах. Целевым назначением процесса является получение высокооктанового бензина. Газы, богатые бутан-бутиленовой и пропанпропиленовой фракциями, находят широкое применение в качестве сырья для производства высокооктанового компонента бензина — алкилата, а также в производстве синтетического каучука и в нефтехимии.

Легкий газойль каталитического крекинга используют как компонент дизельного топлива. Тяжелый газойль с высоким содержанием полициклических ароматических соединений имеет широкое применение как сырье для получения дисперсного технического углерода, игольчатого кокса, а также в качестве компонента мазутов.

Основным сырьем крекинга являются вакуумные газойли широкого фракционного состава, например с температурами выкипания от 300 до 500°C. В последние годы стали применять утяжеленные вакуумные газойли с температурой конца кипения до 550 и даже 590°C. Для расширения ресурсов сырья используют и сырье вторичного происхождения, в частности газойли коксования.

Сырье каталитического крекинга должно обладать низкой коксуемостью (не более 0,5 % масс.), т. е. содержать немного полициклических ароматических углеводородов и смолистых веществ, вызывающих быстрое закоксовывание катализатора. Кроме того, в сырье должно быть обеспечено низкое (не более 20-25 г/т) содержание металлов, способных дезактивировать (отравлять) катализатор. В настоящее время разрабатывают способы предварительной деметаллизации сырья. Зольность сырья крекинга обычно находится в пределах 0,006-0,007% (масс.).

Использование сернистого сырья вызывает необходимость его гидроочистки. Последние проекты предусматривают оснащение установок каталитического крекинга блоком гидроочистки, в котором соединения серы удаляются в виде сероводорода, а также происходит общее облагораживание сырья – очистка от соединений азота и кислорода. Содержание серы в сырье после гидроочистки снижается до 0,1-0,3% (масс.).

На установках крекинга широко применяют высокоактивные цеолитсодержащие катализаторы, в которых от 10 до 25% (масс.) кристаллических алюмосиликатов в массе аморфной матрицы. Это позволяет значительно увеличить выход бензина и повысить его октановое число до 82-84 (моторный метод) или 92-94 (исследовательский метод), а также уменьшить время контакта. Катализатор должен иметь определенный гранулометрический состав, развитую поверхность, высокие пористость и механическую прочность.

Под глубиной каталитического крекинга понимается общий выход продуктов (в % масс.), за исключением либо тяжелого газойля, либо суммы легкого и тяжелого газойлей.

Выходы продуктов каталитического крекинга и их качество весьма существенно зависят от природы сырья – содержания в нем ароматических, нафтеновых и парафиновых углеводородов.

Основные факторы процесса

В зависимости от вида перерабатываемого сырья и системы или типа установки, а также состава и свойств катализатора процесс можно вести при различном технологическом режиме. Основными факторами процесса каталитического крекинга являются температура, давление, объемная скорость подачи сырья и кратность циркуляции катализатора.

Каталитический крекинг практически на установках всех типов протекает при 470-535°C и давлении 0,13-0,28 МПа (1,3-2,8 кгс/см²), а регенерация катализатора – в атмосфере воздуха (в некоторых случаях с добавлением кислорода) или в смеси его с продуктами сгорания при 540-680°C и 0,13-0,31 МПа (1,3-3,1 кгс/см²).

Температура в реакторе. Выход бензина при повышении температуры сначала увеличивается, достигает максимума и при дальнейшем росте температуры уменьшается вследствие глубокого разложения ранее образовавшихся углеводородов. С повышением температуры усиливаются реакции распада и увеличивается скорость вторичных реакций дегидрирования нафтеновых углеводородов и ароматические. Это приводит к увеличению содержания ароматических и непредельных углеводородов в газе и бензине. При этом в газе возрастает содержание углеводородов C1—C3 и снижается содержание C4. Октановое число бензина с повышением температуры увеличивается. Повышение температуры приводит также к увеличению соотношения выходов бензина и кокса и дезактивации катализатора с утратой его кристаллической структуры.

Давление в реакторе. Повышение давления оказывает действие, обратное повышению температуры, — снижает выход бензина, газов C1-C3, олефиновых и ароматических углеводородов. В последнее время наметилась тенденция к увеличению давления до 0,21-0,28 МПа (2,1-2,8 кгс/см²) и соответственно повышению температуры. Одновременно повышаются давление и температура (до 700-760° С) в регенераторе, что способствует более полному выжигу кокса.

Объемная скорость подачи сырья. Напомним, что объемной скоростью называют отношение объема сырья, подаваемого в реактор за 1 ч, к объему катализатора в зоне крекинга. На установках с циркулирующим микросферическим катализатором используют понятие «массовая скорость», так как плотность слоя катализатора в реакционном объеме изменяется в широких пределах в зависимости от скорости паров, проходящих через слой катализатора, и его гранулометрического состава.

Объемная скорость может быть подсчитана для свежей загрузки реактора либо для общей загрузки, т. е. с учетом рециркулирующего сырья (рисайкла). Обычно в качестве рециркулирующего сырья используют газойли каталитического крекинга. С уменьшением объемной скорости глубина превращения (крекинга) возрастает вследствие увеличения времени пребывания углеводородных фракций в реакторе, т. е. более продолжительного контакта их с катализатором. При применении катализатора повышенной активности легко крекируемое сырье можно перерабатывать при более высоких значениях объемной скорости — до 3-5 ч и выше.

Кратность циркуляции катализатора. В системах для каталитического крекинга с циркулирующим микросферическим катализатором на каждую тонну поступающего в реактор сырья вводят 6-10 т регенерированного катализатора, а на установках с крупнозернистым катализатором (частицы диаметром 3-5 мм) — от 3 до 4 т (в зависимости от конструкции установки). Это отношение называют массовой кратностью циркуляции катализатора. Иногда его выражают в объемных единицах и называют объемной кратностью циркуляции катализатора. Значение объемной кратности циркуляции больше, чем массовой.

При прочих равных условиях с увеличением кратности катализатора глубина крекинга увеличивается, а закоксованность катализатора уменьшается, хотя общий выход кокса от сырья возрастает. Это объясняется тем, что образующееся количество кокса приходится на большее количество циркулирующего катализатора.

Кратность циркуляции катализатора является важным показателем технологического режима, влияющим не только на режим процесса каталитического крекинга, но и на мощность и размеры (при проектировании) воздуходувок-компрессоров, катализаторопроводов, охлаждающих змеевиков в регенераторе и некоторых других устройств.

Глубина превращения. Выше отмечалось, что глубина превращения (в %) равна 100 минус выход (от сырья) газойлей. Если хотят достигнуть более глубокого превращения и получить из сырья больше бензина, то крекингу подвергают не только исходное сырье, но и часть образующихся газойлевых фракций.

В последнее время свежее сырье и газойли стали подавать в реактор отдельно.

Однако увеличение глубины превращения требует больших энергетических затрат и, что особенно важно, приводит к снижению производительности установок по исходному сырью. Это имеет большое значение при использовании малоактивных катализаторов.

С применением же активных цеолитсодержащих катализаторов, когда количество присыла резко снижается (а в отдельных случаях он даже исключается), производительность установки изменяется мало.

Технологическая схема установки каталитического крекинга с прямоточным реактором приведена на рисунке 5. Установка включает следующие блоки: гидроочистки сырья — вакуумного дистиллята, каталитического крекинга, ректификации, газофракционирования и стабилизации бензина. Сырье - гидрогенизат, поступающий из секции гидроочистки, — насосом 1 подается в змеевик печи 2 и затем перед входом в реактор 11 смешивается с рециркулятом и водяным паром, подаваемым на распыливание. В нижней зоне прямоточного реактора 11 сырье, контактируя с горячим регенерированным катализатором, испаряется и подвергается крекингу. Основная масса катализатора отделяется от продуктов реакции в реакторе-сепараторе 10.

Предложены различные способы отделения продуктов реакции от катализатора. Так, на одной из отечественных установок верхняя часть прямоточного реактора расширена (так называемый реактор с форсированным псевдооживленным слоем). Скорость потока газов и паров в нем составляет примерно 2 м/с. За счет меньшей скорости по сравнению со скоростью в лифтреакторе происходит отделение основной массы катализатора от газов и паров, которое завершается в реакторе-сепараторе, а затем в циклонах и электрофильтрах.

Катализатор, пройдя зону отпаривания водяным паром, по транспортной линии 5 поступает в регенератор 6 с псевдооживленным слоем катализатора, куда одновременно воздуходувкой 3 через горизонтальный распределитель подается воздух, необходимый для регенерации катализатора. Регенерированный катализатор по трубопроводу 7 опускается в узел смешения с сырьем. Пары продуктов крекинга и газы регенерации отделяются от катализаторной пыли в соответствующих двухступенчатых циклонах и объединяются в сборных камерах, расположенных в верхней части аппаратов 6 и 10. Газы регенерации проходят паровой котел-утилизатор 9, где их тепло используется для выработки водяного пара. Затем они очищаются от остатков пыли в электрофильтре 8 и выводятся в атмосферу через дымовую трубу (на схеме не показана).

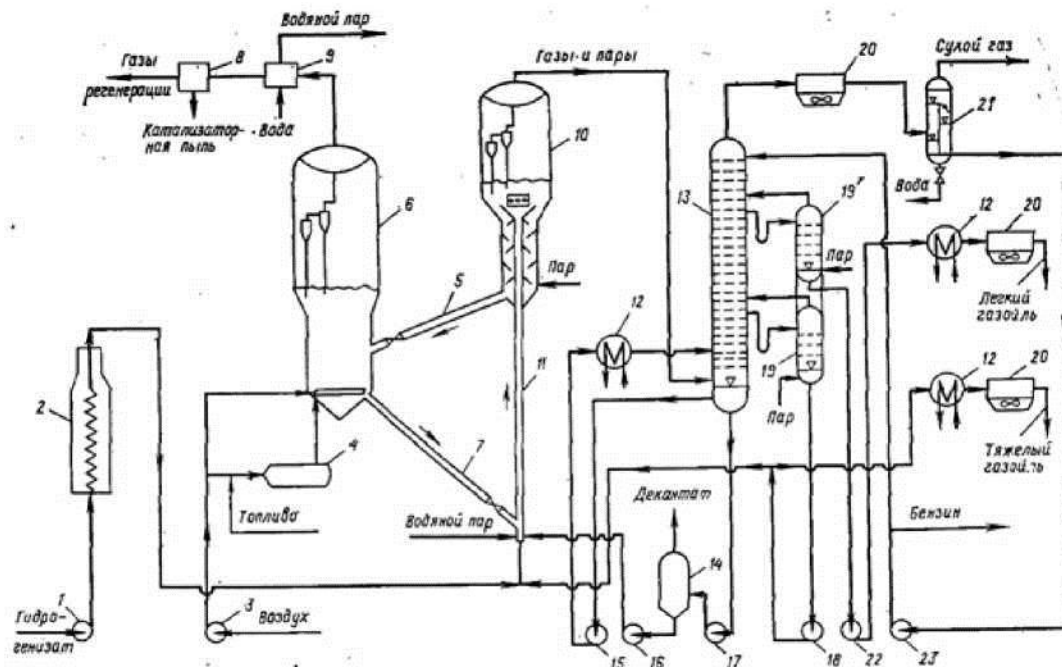


Рис. 5. Технологическая схема установки каталитического крекинга с прямоточным реактором
 1, 15-18, 22, 23 - насосы, 2 - трубчатая печь, 3 - воздуходувка, 4 - топка, 5 - линия транспорта закоксованного катализатора, 6 - регенератор, 7 - линия транспорта регенерированного катализатора, 8 - электрофильтр, 9 - котел-утилизатор, 10 - реактор-сепаратор, 11 - прямоточный реактор, 12 - теплообменники, 13 - ректификационная колонна, 14 - шламоотделитель, 19, 19' - отпарные колонны, 20 - аппараты воздушного охлаждения, 21 - газовоодделитель.

Парообразные продукты крекинга направляются в нижнюю отмывочно-сепарационную секцию ректификационной колонны 13. Здесь продукты крекинга разделяются. В нижней части колонны от паров отделяется увлеченная катализаторная пыль, кроме того, происходит конденсация тяжелой части паров (за счет подачи нижнего орошения насосом 15). Легкий и тяжелый газойли выводятся из соответствующих точек колонны 13 в отпарные колонны 19 и 19' затем насосами 18 и 22 прокачиваются через теплообменники 12 и аппараты воздушного охлаждения 20 и выводятся с установки. Часть тяжелого газойля подается в узел смешения с катализатором (на рециркуляцию). С низа колонны 13 насосом 17 смесь тяжелых углеводородов с катализаторной пылью откачивается в шламоотделитель 14. Шлам забирается с низа аппарата 14 насосом 16 и возвращается в реактор, а с верха шламоотделителя выводится ароматизированный тяжелый газойль (декантат). Из колонны 13 сверху отводятся пары бензина, углеводородные газы и водяной пар; они поступают в аппарат воздушного охлаждения 20, газоводоотделитель 21, где газ отделяется от конденсата бензина и воды. Бензин насосом 23 частично возвращается в колонну 13 в качестве острого орошения, а балансовое его количество направляется на стабилизацию (для отделения растворенных газов). В период пуска установки воздух в регенератор подается через топку 4, в которой для его нагрева под давлением сжигается топливо. В теплообменниках 12 тепло отходящих потоков используется для нагрева исходного сырья, поступающего в секцию гидроочистки.

Таблица 3. Режим работы реакторного блока

Показатели	Прямоточный реактор	Реактор сепаратор	Регенератор
Температура, °С	515-545	490-500	650-700
Давление, МПа	0,15-0,2	0,15-0,20	0,2-0,3
Скорость паров, м/с	-	0,4-0,7	0,9-1,0
Массовая скорость подачи сырья, ч ⁻¹	18-20	-	-
Расход пара на сырье, %(масс)	0,1,0	-	-
Скорость суспензии, м/с	6-8	-	-
Плотность взвеси, кг/м	40-60	400-450	450-500
Скорость выжига кокса кг/(т/ч)	-	-	30-50
Расход воздуха на выжиг 1 кг кокса, м	-	-	10-12

* Диаметр реактора составляет 0,5 — 1,5 м, высота 25—30 м; время пребывания взвеси 2—С с; время регенерации катализатора 5—7 мин.

1. Нарисовать реакторный блок установки каталитического крекинга, подписать наименование технологических потоков.
2. Заполнить таблицу 1.
3. Определить факторы, влияющие на выход и качество получаемых продуктов.
4. Описать почему установка каталитического крекинга работает на тяжёлом сырье?
5. Описать какие реакции являются желательными, а какие нежелательными в процессе каталитического крекинга?
6. Описать применение продуктов процесса.
7. Ответить на контрольные вопросы.

Таблица 4. Характеристики процесса каталитического крекинга

№ п/п	Показатели	Наименование, величина
	Сырьё	

	Продукты	
	Температура, оС	
	Давление, Мпа	
	Катализатор	
	Выход бензина, %	
	Октановое число бензина	

Контрольные вопросы

1. Назначение процесса каталитического крекинга.
2. Сырьё и продукты процесса.
3. Параметры процесса.
4. Основные факторы процесса.
5. Какие факторы процесса влияют на выход и качество получаемого компонента автомобильного бензина?
6. В чём заключается регенерация катализатора процесса?
7. Какие устройства расположены в верхней части реактора и регенератора для улавливания частиц катализатора?

Тема 7. Глубина переработки нефти - обобщающий показатель эффективности использования нефтяного сырья

Вопросы для собеседования:

1. Методы расширения производства светлых нефтепродуктов при первичной переработке нефти.
2. Деструктивные процессы глубокой переработки нефти.
3. Комбинированные установки глубокой переработки нефти на НПЗ России и государств СНГ.
4. Технологические схемы глубокой переработки нефти на зарубежных НПЗ.

Тема 8. Облагораживание топливных продуктов, полученных в процессах глубокой переработки нефти

Вопросы для собеседования:

1. Гидроочистка бензинов термических процессов.
2. Алкилирование бензолсодержащих фракций бензинов.
3. Гидрирование бензолсодержащих фракций бензинов.
4. Селективный гидрокрекинг прямогонных и вторичных бензинов.
5. Технологии для улучшения экологических характеристик дизельных топлив.
6. Производство водорода.

Тема 9. Переработка нефтезаводских углеводородных газов

Вопросы для собеседования:

1. Получение высокооктановых компонентов из олефиносодержащих газов.
2. Получение МТБЭ.

Тема 10. Получение товарных топлив и масел

Вопросы для собеседования:

1. Расчет рецептуры.
2. Приготовление контрольного образца.

3. Приготовление промышленной партии топлива.
4. Присадки к топливам и маслам.

Таблица 9 – Оценочные средства с ключами правильных ответов

<i>№ п/п</i>	<i>Тип задания</i>	<i>Формулировка задания</i>	<i>Правильный ответ</i>	<i>Время выполнения (в минутах)</i>
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий				
1.	<i>Задание закрытого типа</i>	<i>Нефть – это смесь, состоящая А) Только из жидких углеводородов Б) Только из газообразных углеводородов В) Только из твердых углеводородов Г) Из жидких и растворенных в них газообразных и твердых углеводородов</i>	<i>Г</i>	<i>1</i>
2.		<i>Укажите свойство, которое не относится к нефти А) Легче воды Б) Растворима в воде В) Густая темная жидкость Г) Не имеет постоянной температуры кипения</i>	<i>Б</i>	<i>1</i>
3.		<i>Укажите верное суждение: А) перегонка нефти – это физический процесс; Б) крекинг – это физический процесс А) Верно только А Б) Верно только Б В) Верны оба суждения Г) Оба суждения неверны</i>	<i>А</i>	<i>1</i>
4.		<i>Ректификационные газы, образующиеся при перегонке нефти, содержат преимущественно А) Метан и этан Б) Этан и бутан В) Бутан и пропан Г) Пропан и метан</i>	<i>В</i>	<i>1</i>
5.		<i>С увеличением числа атомов углерода в молекулах углеводородов температура кипения этих углеводородов А) Уменьшается Б) Увеличивается В) Не изменяется Г) Сначала увеличивается,</i>	<i>Б</i>	<i>1</i>

<i>№ п/п</i>	<i>Тип задания</i>	<i>Формулировка задания</i>	<i>Правильный ответ</i>	<i>Время выполнения (в минутах)</i>
		<i>потом уменьшается</i>		
6.	<i>Задание открытого типа</i>	<i>Какие данные не указываются в рабочем проекте на бурение скважин?</i>	<i>Конструкции скважин, диаметры и глубины спуска эксплуатационных и лифтовых колонн</i>	3-5
7.		<i>Технические средства, которыми оснащается морская платформа согласно принятой технологической схеме в процессе ее создания на разных стадиях добычи?</i>	<i>средства, необходимые для перевода скважин с фонтанного на механизированный способ эксплуатации, становятся штатной единицей платформы; все технические средства устанавливаются на платформе преимущественно в процессе ее строительства на заводе или непосредственно в море, согласно принятой технологической схеме сбора, обработки и транспорта на платформах на разных стадиях разработки месторождения и способу эксплуатации; для каждой из стадий рационально заранее предусматривается определенное место, поскольку по завершении строительства сделать это сложно и опасно в силу ярусности и плотности застройки</i>	3-5
8.		<i>Оптимальным дебитом скважины называют дебит, обеспечиваемый при...</i>	<i>выполнении требований рациональной эксплуатации залежи и рационального использования эксплуатационного оборудования</i>	3-5
9.		<i>Контроль каких параметров необходимо осуществлять в процессе вывода скважины на режим?</i>	<i>Изменение уровня жидкости в скважине, замер дебита, проверка эксплуатационной колонны на герметичность, замеры буферного и линейного давлений</i>	3-5
10.		<i>В чем заключается принцип действия газосепаратора УЭЦН?</i>	<i>Центробежном отделении жидкости от газа и выброса газа в затрубное пространство</i>	3-5
УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла				
11.	<i>Задание закрытого типа</i>	<i>Укажите фракцию нефти с наибольшей температурой кипения А) Керосин Б) Бензин</i>	Г	1

<i>№ n/n</i>	<i>Тип задания</i>	<i>Формулировка задания</i>	<i>Правильный ответ</i>	<i>Время выполнения (в минутах)</i>
		<i>В) Лигроин Г) Мазут</i>		
<i>12.</i>		<i>Укажите фракцию нефти с наименьшей температурой кипения А) бензин Б) мазут В) лигроин Г) керосин</i>	<i>А</i>	<i>1</i>
<i>13.</i>		<i>Укажите физический способ переработки нефти А) Риформинг Б) Фракционная перегонка В) Каталитический крекинг Г) Термический крекинг</i>	<i>Б</i>	<i>1</i>
<i>14.</i>		<i>При термическом крекинге из одной молекула алкана образуются две молекулы А) Алканов Б) Алкана и алкина В) Алкенов Г) Алкана и алкена</i>	<i>Г</i>	<i>1</i>
<i>15.</i>		<i>Детонационная устойчивость (октановое число) выше у бензинов, получаемых в ходе А) Фракционной перегонки Б) Термического крекинга В) Каталитического крекинга Г) Устойчивость одинаковая</i>	<i>В</i>	<i>1</i>

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
16.	Задание открытого типа	Опишите методы, используемые при подготовке сырой нефти к переработке, дать их сравнительный анализ.	<p>Подготовка нефти к переработке предполагает ее стабилизацию. В сырой нефти обычно бывает немало растворенных углеводородов легкого типа, которые способны выделяться в процессе хранения нефти и ее транспортировки, меняя состав данного материала.</p> <p>Избегая риска загрязнения атмосферы и утери бензиновых фракций, которые обладают особой легкостью, в промышленности просто извлекают таковые до переработки материала.</p> <p>Именно этот процесс и называется стабилизацией, и в зависимости от ситуации применимыми оказываются разные варианты исполнения такой процедуры.</p> <p>А такая подготовка нефти к переработке, как ее обезвоживание и обессоливание, проводится как на заводах по подготовке при местах добычи, так и на нефтепереработках, и в любом случае при выполнении таких работ приходится сталкиваться с необходимостью разрушения нефте-водяных эмульсий.</p> <p>При промысле выполняют разрушение эмульсий естественного происхождения, которые возникают при добыче нефти, а что касается заводов переработки – тут работать приходится с искусственными эмульсиями, которые получаются из-за промывки нефти водой для удаления солей.</p> <p>Для того чтобы выполнить такую работу, применяют методы отстаивания, нагревания, а также специальные электрические и химические методы.</p>	5-7

№ n/n	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
17.		<i>Опишите этапы подготовки нефти к переработке</i>	<p>1. Извлеченная нефть поступает в специальный приемник на поверхности скважины, где могут выполняться первые процессы подготовки наподобие дегазации.</p> <p>2. Начальная подготовка на промысле заключается в удалении пластовой воды, грубой фильтрации, исключении основной доли хлоридов и механических примесей.</p> <p>3. Сырье транспортируется по магистральному газопроводу в специальный отдел нефтеперерабатывающего завода, где производится специализированная подготовка нефти к переработке на мощностях того же комплекса.</p> <p>4. Нефтяная жидкость поступает в сырьевой парк, где выполняется ее анализ и определяются параметры дальнейших процессов подготовки. Основная подготовка сырья на специализированном оборудовании.</p>	5-7
18.		<i>На чем основана первичная переработка нефти?</i>	<p>Первичная переработка нефти основана на различии физико-химических свойств компонентов нефти: температуры кипения, кристаллизации растворимости и заключается в ее разделении на отдельные фракции дистилляты, каждая из которых представляет смесь углеводородов. Первичная переработка является физическим процессом и не затрагивает химической природы и строения содержащихся в нефти соединений. Важнейшим из первичных процессов является прямая гонка нефти.</p>	5-7

<i>№ п/п</i>	<i>Тип задания</i>	<i>Формулировка задания</i>	<i>Правильный ответ</i>	<i>Время выполнения (в минутах)</i>
19.		<i>Что представляет собой вторичная нефтепереработка?</i>	<i>Вторичная нефтепереработка (вторичные процессы) представляет собой разнообразные процессы переработки нефтепродуктов, полученных методом прямой гонки. Эти процессы сопровождаются деструктивными превращениями содержащихся в нефтепродуктах углеводородов и изменением их природы, то есть являются химическими процессами.</i>	3-5
20.		<i>На какие процессы по назначению подразделяются вторичные процессы?</i>	<p>1. Процессы, проводимые с целью повышения выхода легкокипящих фракций за счет высококипящих (крекинг).</p> <p>2. Процессы, проводимые с целью изменения углеводородного состава сырья (риформинг).</p> <p>3. Процессы синтеза индивидуальных углеводородов (алкилирование).</p> <p>4. Процессы удаления из нефтепродуктов примесей (гидроочистка).</p>	5-6
ПК-3. Способен организовать работу по добыче углеводородного сырья на морских месторождениях				
21.	<i>Задание закрытого типа</i>	<p><i>Процесс получения 2,2,4-триметилпентана (изооктана) из нормального октана:</i></p> $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3 \longrightarrow (\text{CH}_3)_3\text{C-CH}_2\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}_3$ <p><i>это процесс</i></p> <p><i>А) Ароматизации</i></p> <p><i>Б) Расщепления</i></p> <p><i>В) Циклизации</i></p> <p><i>Г) Изомеризации</i></p>	Г	1
22.		<p><i>Детонационная устойчивость будет наименьшей у бензина, который содержит углеводороды</i></p> <p><i>А) Циклические</i></p> <p><i>Б) Линейного строения</i></p> <p><i>В) Ароматические</i></p>	Б	1

<i>№ n/n</i>	<i>Тип задания</i>	<i>Формулировка задания</i>	<i>Правильный ответ</i>	<i>Время выполнения (в минутах)</i>
		<i>Г) Разветвленного строения</i>		
23.		<i>Укажите верное суждение: А) качество бензина определяется его детонационной устойчивостью; Б) качество бензина характеризуется его октановым числом. А) Верно только А Б) Верно только Б В) Верны оба суждения Г) Оба суждения неверны</i>	<i>В</i>	<i>1</i>
24.		<i>Наилучшую детонационную устойчивость имеет бензин со следующим октановым числом А) 96 Б) 80 В) 76 Г) 92</i>	<i>А</i>	<i>1</i>
25.		<i>Укажите углеводород, детонационную устойчивость которого принимают за 100 А) Н-гептан Б) 2,3-диметилпентан В) Н-октан Г) изооктан</i>	<i>Г</i>	<i>1</i>
26.	<i>Задание открытого типа</i>	<i>Классификация вторичных процессов по условиям протекания.</i>	<i>По условиям протекания вторичные процессы подразделяются на термические процессы, протекающие под воздействием высоких температур и давлений и каталитические процессы, протекающие под воздействием высоких температур в присутствии катализаторов;</i>	<i>3-5</i>
27.		<i>Какие факторы оказывают большое влияние на устойчивость нефтяных эмульсий?</i>	<i>Дисперсность системы. Физико-химические свойства эмульгаторов, образующих на поверхности раздела фаз адсорбционные защитные оболочки. Наличие на глобулах дисперсной фазы двойного электрического заряда. Температура смешивающихся жидкостей. Величина рН эмульгированной пластовой воды.</i>	<i>3-5</i>

<i>№ n/n</i>	<i>Тип задания</i>	<i>Формулировка задания</i>	<i>Правильный ответ</i>	<i>Время выполнения (в минутах)</i>
28.		<i>Какими свойствами должны обладать реагенты, применяемые в качестве деэмульгаторов для разрушения нефтяных эмульсий?</i>	<ul style="list-style-type: none"> • способностью проникать на поверхность раздела фаз нефть – вода; • вызывать флокуляцию и коалесценцию глобул воды; • хорошо смачивать поверхность механических примесей. 	3-5
29.		<i>Что из себя представляет каталитический крекинг?</i>	<p><i>Каталитический крекинг – самый многотоннажный промышленный химический процесс.</i></p> <p><i>Основная цель процесса – получение высокооктанового бензина и ценных сжиженных газов. В качестве сырья в процессе каталитического крекинга используются фракции, кипящие >360°С.</i></p>	3-5
30.		<i>Для чего предназначен процесс каталитического риформинга?</i>	<p><i>Процесс каталитического риформинга предназначен для повышения детонационной стойкости бензинов и получения индивидуальных ароматических углеводородов, главным образом, – бензола, толуола, ксилолов – сырья нефтехимии. Значение процессов каталитического риформинга в нефтепереработке существенно возросло в 1990-е годы в связи с необходимостью производства неэтилированного высокооктанового автобензина. Как сырьё каталитического риформинга используют: пряmogонные бензины, бензины вторичных процессов коксования после их глубокого гидрооблагораживания, а также гидрокрекинга.</i></p>	5-8

Полный комплект оценочных материалов по дисциплине (модулю) (фонд оценочных средств) хранится в электронном виде на кафедре, утверждающей рабочую программу дисциплины (модуля), и в Центре мониторинга и аудита качества обучения.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если правильно отвечает на поставленные вопросы, демонстрирует глубокие системные знания, не только анализирует, но дает обоснованную оценку различным теоретическим положениям;
- оценка «хорошо» - если студент показывает хорошие знания, допускает единичные ошибки, анализирует различные теоретические положения;
- оценка «удовлетворительно» - если студент демонстрирует разрозненные знания, не способен провести анализ и дать оценку различным теоретическим положениям;
- оценка «неудовлетворительно» - если студент не может правильно ответить на поставленные вопросы, не способен провести анализ и дать оценку различным теоретическим положениям.

7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

По дисциплине, итоговой формой отчетности для которой является **зачет**, отводится 100 баллов (58 баллов на текущие формы контроля и до 40 баллов отводится на бонусы), которые накапливаются студентом в течение всего семестра изучения дисциплины и распределяются по возможности равномерно по всему семестру.

Проведение практических занятий должно быть организовано таким образом, чтобы на каждом занятии каждый студент группы получил хотя бы одну оценку.

Таблица 10 – Технологическая карта рейтинговых баллов по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
Основной блок				
1.	Развернутый ответ на вопросы темы	10/3	30	В соответствии с расписанием учебного занятия
2.	Участие в общегрупповой дискуссии по определенной теме	6/1	6	В соответствии с расписанием учебного занятия
3.	Выполнение практических заданий	4/3	12	В соответствии с расписанием учебного занятия
4.	Итоговое тестирование	1/10	10	В соответствии с расписанием учебного занятия
Всего			58	
Блок бонусов				
1.	Посещение аудиторных занятий	10/1	10	В соответствии с расписанием учебного занятия
2.	Активность на практических занятиях	10/1	10	В соответствии с расписанием учебного занятия
3.	Своевременное выполнение всех заданий	10/1	10	В соответствии с расписанием учебного занятия
4.	Соблюдение учебной дисциплины	10/1	10	В соответствии с расписанием учебного занятия

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
Всего			40	
ИТОГО			98	-

Таблица 11 – Система штрафов (для одного занятия)

Показатель	Балл
Опоздание на аудиторное занятие	-1
Нарушение учебной дисциплины	-5
Неготовность к аудиторному занятию	-5
Пропуск аудиторного занятия без уважительной причины	-10

Таблица 12 – Шкала перевода рейтинговых баллов в итоговую оценку за семестр по дисциплине (модулю)

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	
90–100	5 (отлично)	Зачтено
85–89	4 (хорошо)	
75–84		
70–74		
65–69	3 (удовлетворительно)	Не зачтено
60–64	2 (неудовлетворительно)	
Ниже 60		

При реализации дисциплины (модуля) в зависимости от уровня подготовленности обучающихся могут быть использованы иные формы, методы контроля и оценочные средства, исходя из конкретной ситуации.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1. Основная литература:

1. Солодова, Н. Л. Химическая технология переработки нефти и газа : учебное пособие / Н. Л. Солодова, Д. А. Халикова. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2012. — 120 с. — ISBN 978-5-7882-1220-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/62720.html> .
2. Солодова, Н. Л. Химическая технология переработки нефти и газа : учебное пособие / Н. Л. Солодова, Д. А. Халикова. - Казань : Издательство КНИТУ, 2012. - 120 с. - ISBN 978-5-7882-1220-3. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788212203.html> .
3. Черкасова, Е. И. Технологии переработки нефти и газа. Задачи и упражнения : учебное пособие / Е. И. Черкасова и др. - Санкт-Петербург : Проспект Науки, 2020. - ISBN 978-5-906109-80-4. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785906109804.html>
4. Коршак, А. А. Основы транспорта, хранения и переработки нефти и газа / А. А. Коршак - Ростов н/Д : Феникс, 2015. - 365 с. (Высшее образование) - ISBN 978-5-222-24733-4. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785222247334.html>
5. Рябов, В. Г. Технология переработки нефти и газа. Ч. 1. Первичная переработка нефти и газа: конспект лекций : учебное пособие / В. Г. Рябов. — Пермь : Пермский

государственный технический университет, 2007. — 225 с. — ISBN 978-5-88151-841-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110561.html> .

8.2. Дополнительная литература:

1. Ганиева, Т. Ф. Высоковязкие нефти, природные битумы и битумоносные породы : учебное пособие / Т. Ф. Ганиева, В. К. Половняк - Казань : Издательство КНИТУ, 2012. - 105 с. - ISBN 978-5-7882-1253-1. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788212531.html>
2. Башкирцева, Н. Ю. Сбор, транспорт и хранение нефти, нефтепродуктов и газа : учебное пособие / Башкирцева Н. Ю. , Рахматуллин Р. Р. - Казань : Издательство КНИТУ, 2016. - 132 с. - ISBN 978-5-7882-2107-6. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788221076.html>
3. Фахрутдинов, Р. З. Очистка и переработка нефтяных фракций : учебное пособие / Фахрутдинов Р. З. - Казань : Издательство КНИТУ, 2016. - 84 с. - ISBN 978-5-7882-2041-3. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788220413.html>
4. Елпидинский, А. А. Технический анализ нефти и нефтепродуктов : учебное пособие / Елпидинский А. А. - Казань : Издательство КНИТУ, 2016. - 128 с. - ISBN 978-5-7882-2019-2. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788220192.html> .
5. Костромин, Р. Н. Химический состав нефти : учебное пособие / Костромин Р. Н. - Казань : Издательство КНИТУ, 2018. - 160 с. - ISBN 978-5-7882-2420-6. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788224206.html>

8.3. Интернет-ресурсы, необходимые для освоения дисциплины (модуля)

1. Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента». www.studentlibrary.ru
2. Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на платформе ЭБС «Электронный Читальный зал – БиблиоТех». <https://biblio.asu.edu.ru>
3. Электронная библиотечная система IPRbooks. www.iprbookshop.ru

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для проведения занятий необходимы аудитории для проведения практических занятий, оборудованные учебной мебелью и персональными компьютерами.

Рабочая программа дисциплины (модуля) при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. Для инвалидов содержание рабочей программы дисциплины (модуля) может определяться также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).