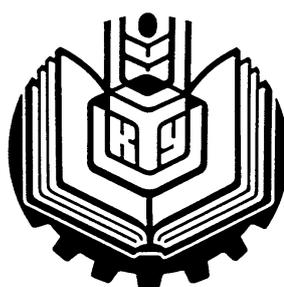


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КубГТУ»)

Институт нефти, газа и энергетики

Кафедра технологии нефти и газа



Технология катализаторов

Методические указания по изучению дисциплины и выполнению
контрольных работ

для студентов заочной формы обучения
по направлению подготовки бакалавров
18.03.01 Химическая технология

Краснодар, 2020

Составитель: канд. техн. наук, доцент Т.А. Литвинова

ТЕХНОЛОГИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ. Методические указания по изучению дисциплины и выполнению контрольных работ для студентов заочной формы обучения по направлению подготовки бакалавров 18.03.01 Химическая технология / Сост. Т.А. Литвинова; Кубан. гос. технол. ун-т. Каф. технологии нефти и газа. Краснодар, 2020 - 25 с. Режим доступа: <http://moodle.kubstu.ru> (по паролю).

Приведена рабочая программа, даны методические указания к самостоятельному изучению дисциплины, разработаны контрольные задания. Изложены требования к оформлению контрольных заданий.

Библиогр.: 12 назв.

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. Ю.П. Ясьян;

зам. начальника службы
инжинирингового обеспечения транспорта
газа Инженерно-технического центра
ООО "Газпром Трансгаз Краснодар",
канд. хим. наук И.С. Завалинская

Содержание

Введение.....	4
Нормативные ссылки.....	7
1 Программа курса «Технология катализаторов».....	8
2 Контрольная работа	11
3 Вопросы для контрольной работы	16
4 Вопросы для подготовки к экзамену.....	21
Список рекомендуемой литературы.....	26

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания составлены в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению 18.03.01 Химическая технология.

Цель дисциплины – вооружение будущего бакалавра знаниями, необходимыми для осуществления технологического контроля и управления промышленными установками, использующими современные каталитические процессы на различных видах цеолитсодержащих контактов, как используемых ранее в промышленных условиях и подвергшихся изменениям и усовершенствованиям, так и принципиально новым и наиболее перспективным.

Задачи дисциплины:

- расширить представления у студентов о катализаторах нефтепереработки, технологии их производства;
- ознакомить студентов с составом и физико-химическими свойствами цеолитсодержащих катализаторов нефтепереработки;
- ознакомить студентов со способами производства основных цеолитсодержащих катализаторов нефтепереработки;
- ознакомить студентов с методами исследования технологических и эксплуатационных свойств катализаторов;
- сформировать у студентов умения и навыки выбора катализатора для конкретных каталитических процессов нефтепереработки;
- сформировать у студентов умения и навыки анализа каталитических процессов нефтепереработки и выявления эффективности использования катализатора и необходимости его регенерации.

Предметом изучения являются катализаторы процессов нефтепереработки, технологии их производства, методы исследования физико-химических свойств.

Дисциплина "Технология катализаторов" в системе подготовки бакалавров данного профиля относится к дисциплинам по выбору студента вариативной части математического и естественнонаучного цикла и направлена на получение фундаментальных знаний состава и физико-химических свойств катализаторов и расширение современных представлений о направлениях производства важнейших контактных масс для нефтепереработки и нефтехимии.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих профессиональных (ПК) компетенций:

– уметь использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире (ПК-3);

– обладать способностью использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности (ПК-23).

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

– общие сведения о катализе и катализаторах (ПК-3, ПК-23);
– катализаторы гетеролитических процессов переработки нефти и газов (ПК-3, ПК-23);

– катализаторы гомолитических процессов нефтепереработки (ПК-3, ПК-23);

– катализаторы гидрокаталитических процессов переработки нефтяного сырья (ПК-3, ПК-23);

– основы производства гетерогенных катализаторов (ПК-3, ПК-23);

– оборудование катализаторных производств (ПК-3, ПК-23);

– методы исследования катализаторов (ПК-3, ПК-23).

Уметь:

– проводить анализ каталитических процессов на предмет эффективности использования катализатора и необходимости его регенерации (ПК-3, ПК-23);

– разрабатывать способы повышения технологических и эксплуатационных свойств различных контактов (ПК-3, ПК-23);

– выбирать оптимальные пути использования или обезвреживания отработанных катализаторов (ПК-3, ПК-23).

Владеть:

– навыками анализа основных свойств и характеристик катализаторов (ПК-3, ПК-23);

– навыками выбора катализатора для конкретных каталитических процессов нефтепереработки (ПК-3, ПК-23);

– навыками анализа каталитических процессов нефтепереработки и выявления эффективности использования катализатора и необходимости его регенерации (ПК-3, ПК-23).

Дисциплина "Технология катализаторов" способствует подготовке бакалавра в области технологии глубокой каталитической переработки нефти и газа при проектировании и эксплуатации нефте- и газоперерабатывающих производств.

Дисциплина "Технология катализаторов" опирается на знания, полученные при изучении следующих дисциплин: "Общая и неорганическая химия", "Химия цеолитов", "Органическая химия", "Физическая химия", "Аналитическая химия и физико-химические методы анализа", "Теоретические основы химической технологии топлива".

Нормативные ссылки

В методических указаниях использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ Р 1.5-2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения (с Поправкой, с Изменением N1)

ГОСТ Р 7.0.5-2008 Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления.

ГОСТ 2.105-95 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Общие требования к текстовым документам (с Изменением N 1, с Поправками)

ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Единицы величин (с Поправками)

ОК 015-94 (МК 002-97) Общероссийский классификатор единиц измерения (ОКЕИ) (с изменениями N 1-13)

Р 50-77-88 Рекомендации. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения диаграмм.

1 Программа курса «Технология катализаторов»

Введение

Раздел 1. Общие сведения о катализе и катализаторах

Содержание раздела 1: Катализ, его виды. Классификация катализа и каталитических реакций. Гетерогенные катализаторы и предъявляемые к ним требования. Теории гетерогенного катализа

Раздел 2. Промышленные катализаторы основных каталитических процессов переработки нефти и газа

Содержание темы 2.1: Катализаторы гетеролитических процессов переработки нефти и газов. Катализаторы процесса каталитического крекинга. Матрица и активный компонент катализатора. Химический состав и основные свойства. Вспомогательные добавки: промоторы, октаноповышающие добавки, пассиваторы металлов. Промышленные катализаторы крекинга. Сравнительная характеристика катализаторов различных фирм, их отличительные особенности.

Содержание темы 2.2: Катализаторы гомолитических процессов нефтепереработки. Промышленные катализаторы паровой каталитической конверсии углеводородов. Химический состав, особенности структуры, селективность. Катализаторы процесса Клауса. Катализаторы окислительной димеркаптанизации сжиженных газов и бензино-керосиновых фракций (процессы «Бендер» и «Мерокс»).

Содержание темы 2.3: Катализаторы гидрокаталитических процессов переработки нефтяного сырья.

Каталитический риформинг: катализаторы и механизм их действия. Катализаторы изомеризации пентан-гексановой фракции бензинов. Катализаторы гидрогенизационных процессов. Сравнительная характеристика. Применение в мировой практике. Катализаторы процессов гидрокрекинга нефтяного сырья.

Раздел 3. Основы производства гетерогенных катализаторов

Содержание темы 3.1: Производство алюмосиликатных катализаторов. Промышленные цеолитсодержащие катализаторы крекинга.

Содержание темы 3.2: Катализаторы на носителях, получаемые методом пропитки. Общая характеристика способа. Характеристика и способы производства важнейших носителей.

Содержание темы 3.3: Примеры производства отдельных контактных масс. Контактные массы, получаемые механическим смешением компонентов. Основные процессы. Никель-вольфрамовый катализатор гидрирования ароматических углеводородов.

Содержание темы 3.4: Плавленые и скелетные контактные массы. Общие сведения о плавленых катализаторах. Платиновый сетчатый катализатор окисления аммиака. Скелетные катализаторы.

Содержание темы 3.5: Катализаторы на основе природных глин, цеолитов, ионообменных смол. Природные катализаторы и их активация. Цеолитные катализаторы. Способы модификации. Органические контактные массы

Раздел 4. Оборудование катализаторных производств

Содержание темы 4.1: Реакторы для жидкофазных процессов. Реакторы с перемешивающими устройствами. Пропиточные аппараты и машины. Аппараты для выпаривания. Аппараты для сгущения и разделения суспензий. Отстойники-сгустители. Гидроциклоны. Фильтры. Аппараты для промывки осадков.

Содержание темы 4.2: Оборудование для сушки и термообработки. Сушилки. Прокалочные печи. Машины для проведения механических процессов. Дробилки и мельницы. Смесители сыпучих материалов. Смесители пастообразных материалов. Машины для формовки и гранулирования.

Раздел 5 Методы исследования катализаторов

Содержание темы 5.1 Методы определения активности катализаторов. Исследование структуры. Определение механической прочности катализаторов

Содержание темы 5.2 Новейшие достижения в области катализа. Обзор курса.

2 Контрольная работа

В процессе изучения курса студент ЗФО выполняет контрольную работу, используя литературу, рекомендованную методическими указаниями. Цель контрольной работы - проверка усвоения основных разделов лекционного курса, приобретение навыков в работе с технической литературой. контрольная работа должна содержать ответы на 4 вопроса в соответствии с выданным заданием. Задание содержит номера вопросов в перечне из 15 вариантов. Прежде чем приступить к выполнению контрольных заданий, студент должен, пользуясь методическими указаниями, проработать рекомендованную учебную литературу.

Номер варианта контрольной работы определяется по последним двум цифрам шифра зачетной книжки студента в соответствии с таблицей 1. Например, если шифр зачетной книжки 17-ЗНБ-107, то вариант – 7.

При составлении текстов ответов запрещается дословное переписывание соответствующих разделов из литературы. Тексты контрольных заданий должны быть полными, без сокращений. Ответы на вопросы должны быть полными, ясными и исчерпывающими. Размерность физико-химических величин необходимо приводить в системе СИ. Вопросы, не вошедшие в конкретную контрольную работу, рекомендуется использовать для самопроверки.

Контрольные работы должны выполняться отдельно и передаваться для рецензирования в намеченные по графику сроки. Контрольные работы, представленные на проверку во время экзаменационной сессии, или выполненные по произвольно выбранному заданию, не засчитываются. Только после изучения курса в полном объеме, выполнения и зачета контрольных работ, студент допускается к сдаче экзамена.

Контрольная работа может быть выполнена рукописно или с помощью средств компьютерной техники. Рукописный текст может быть записан в

тетради объемом 12-18 листов. На обложке указывают наименование дисциплины, полные фамилию, имя, отчество бакалавра, шифр специальности и зачетной книжки и фамилию преподавателя. На каждой странице оставляют поля шириной 2-3 см для пометок преподавателя. Выполнять задания следует в строгой последовательности с их номерами, при этом текст вопроса приводится полностью. Ссылки на использованные источники приводятся в виде цифр в квадратных скобках в тексте ответа, а в конце работы дается полный пронумерованный список использованных источников по общепринятым правилам (с указанием авторов и названия источника, места и года издания, количества страниц). В конце работы указывают дату окончания работы и ставят личную роспись.

При использовании компьютерной техники текст располагается на одной стороне листа формата А4, размер шрифта 14 Times New Roman, интервал полуторный, отступ красной строки 1,25см, выравнивание текста по ширине, автоматическая расстановка переносов, страницы нумеруются в правом нижнем углу. Текст следует размещать, соблюдая размеры полей:

- правое – 15 мм;
- левое – 30 мм;
- верхнее 15 мм;
- нижнее – 25 мм.

При оформлении текста, заголовков, иллюстраций, таблиц, и приложений следует руководствоваться с требованиями ГОСТ Р 1.5, ГОСТ 2.105, используя стандартную терминологию, а при ее отсутствии принятую в технической литературе.

Применяемые наименования величин в выполненном задании должны соответствовать требованиям ГОСТ 8.417 и ОК 015.

Листы контрольной работы нумеруют арабскими цифрами. Номер листа проставляют на нижнем поле листа справа. На титульном листе номер листа не проставляют.

Таблица 1 – Варианты контрольных заданий

Последние цифры шифра	Номера контрольных вопросов																		
	Задание 1	Задание 2	Задание 3	Задание 4		Задание 1	Задание 2	Задание 3	Задание 4		Задание 1	Задание 2	Задание 3	Задание 4		Задание 1	Задание 2	Задание 3	Задание 4
01	1	1	1	1	26	11	11	11	11	51	6	6	6	6	76	1	1	1	1
02	2	2	2	2	27	12	12	12	12	52	7	7	7	7	77	2	2	2	2
03	3	3	3	3	28	13	13	13	13	53	8	8	8	8	78	3	3	3	3
04	4	4	4	4	29	14	14	14	14	54	9	9	9	9	79	4	4	4	4
05	5	5	5	5	30	15	15	15	15	55	10	10	10	10	80	5	5	5	5
06	6	6	6	6	31	1	1	1	1	56	11	11	11	11	81	6	6	6	6
07	7	7	7	7	32	2	2	2	2	57	12	12	12	12	82	7	7	7	7
08	8	8	8	8	33	3	3	3	3	58	13	13	13	13	83	8	8	8	8
09	9	9	9	9	34	4	4	4	4	59	14	14	14	14	84	9	9	9	9
10	10	10	10	10	35	5	5	5	5	60	15	15	15	15	85	10	10	10	10
11	11	11	11	11	36	6	6	6	6	61	1	1	1	1	86	11	11	11	11
12	12	12	12	12	37	7	7	7	7	62	2	2	2	2	87	12	12	12	12
13	13	13	13	13	38	8	8	8	8	63	3	3	3	3	88	13	13	13	13
14	14	14	14	14	39	9	9	9	9	64	4	4	4	4	89	14	14	14	14
15	15	15	15	15	40	10	10	10	10	65	5	5	5	5	90	15	15	15	15
16	1	1	1	1	41	11	11	11	11	66	6	6	6	6	91	1	1	1	1
17	2	2	2	2	42	12	12	12	12	67	7	7	7	7	92	2	2	2	2
18	3	3	3	3	43	13	13	13	13	68	8	8	8	8	93	3	3	3	3
19	4	4	4	4	44	14	14	14	14	69	9	9	9	9	94	4	4	4	4
20	5	5	5	5	45	15	15	15	15	70	10	10	10	10	95	5	5	5	5
21	6	6	6	6	46	1	1	1	1	71	11	11	11	11	96	6	6	6	6
22	7	7	7	7	47	2	2	2	2	72	12	12	12	12	97	7	7	7	7
23	8	8	8	8	48	3	3	3	3	73	13	13	13	13	98	8	8	8	8
24	9	9	9	9	49	4	4	4	4	74	14	14	14	14	99	9	9	9	9
25	10	10	10	10	50	5	5	5	5	75	15	15	15	15	00	10	10	10	10

Оформление иллюстраций в форме графиков и диаграмм выполняют согласно Р 50-77.

Список использованных источников, упомянутых в тексте контрольной работы, приводится в порядке их упоминания по ГОСТ Р 7.0.5.

3 Вопросы для контрольной работы

Задание 1

Общие сведения о катализе и катализаторах. Катализаторы гетеролитических процессов переработки нефти и газов

Варианты вопросов по первому заданию:

1. Определение и основные виды катализа, его особенности.
2. Классификации катализа и каталитических реакций. Определения и сферы использования основных видов катализа.
3. Гетерогенные катализаторы. Определение, виды катализаторов и их основные свойства.
4. Теории гетерогенного катализа.
5. Адсорбция. Определение, виды, значение для гетерогенного катализа.
6. Химическая природа катализа. Термодинамические и кинетические принципы катализа.
7. Ионный катализ. Кислотные центры Бренстеда и Льюиса.
8. Электронный катализ. Механизмы процесса хемосорбции.
9. Бифункциональный катализ. Определение, примеры катализаторов.
10. Катализаторы процесса каталитического крекинга. Состав. Функции матрицы катализаторов крекинга.
11. Активные компоненты катализаторов крекинга. Типы используемых цеолитов и их отличительные особенности.
12. Вспомогательные добавки катализаторов крекинга. Виды и назначение.
13. Промышленные катализаторы крекинга. Сравнительная характеристика катализаторов различных фирм, их отличительные особенности.

14. Основные виды химических превращений углеводородов при каталитическом крекинге.

15. Регенерация катализаторов крекинга. Обосновать необходимость и указать основные условия ее проведения.

Задание 2

Катализаторы гомолитических и гидрокаталитических процессов переработки нефтяного сырья.

Варианты вопросов ко второму заданию:

1. Перечислите и охарактеризуйте основные гомолитические каталитические процессы в нефтепереработке.

2. Каково назначение и значение процессов каталитической окислительной конверсии углеводородов?

3. Промышленные катализаторы паровой каталитической конверсии углеводородов. Определение, основные виды.

4. Химический состав катализаторов паровой каталитической конверсии углеводородов, особенности структуры, селективность.

5. Катализаторы процесса Клауса. Примеры, состав, основные характеристики.

6. Катализаторы окислительной демеркаптанизации сжиженных газов и бензино-керосиновых фракций (процессы «Бендер» и «Мерокс»).

7. Каталитические процессы газификации твердых топлив. Достоинства процесса «Покс».

8. Каковы современные представления о катализе окислительно-восстановительных реакций?

9. Каково назначение, значение и классификация гидрокаталитических процессов?

10. Каков состав катализаторов риформинга? Перечислите этапы совершенствования промышленных катализаторов КР.

11. Обоснуйте преимущества полиметаллических катализаторов риформинга.

12. Каковы требования к катализаторам гидрогенизационных процессов и механизм их би- и полифункционального действия?

13. Катализаторы гидрогенизационных процессов. Сравнительная характеристика. Применение в мировой практике.

14. Каковы требования к катализаторам гидрокрекинга и их компонентному составу?

15. Катализаторы процессов гидрокрекинга нефтяного сырья. Какой компонент катализатора обеспечивает селективность гидрокрекинга?

Задание 3

Основы производства гетерогенных катализаторов

Варианты вопросов к третьему заданию:

1. Охарактеризуйте состав и типы выпускаемых в промышленности алюмосиликатных катализаторов. Рассмотрите технологию микросферического алюмосиликатного катализатора.

2. Промышленные цеолитсодержащие катализаторы крекинга. Технология производства.

3. Катализаторы на носителях, получаемые методом пропитки. Общая характеристика способа.

4. Характеристика и способы производства важнейших носителей.

5. Технология получения катализаторов конверсии углеводородов с водяным паром.

6. Катализаторы риформинга. Виды способы получения.

7. Катализаторы на основе активного угля: назначение и способы получения.

8. Контактные массы, получаемые механическим смешением компонентов. Основные процессы.

9. Никель-вольфрамовый катализатор гидрирования ароматических углеводородов. Катализатор паровой конверсии углеводородных газов (ГИАП-16).

10. Плавленные и скелетные контактные массы. Общие сведения о плавленных катализаторах.

11. Платиновый сетчатый катализатор окисления аммиака.

12. Скелетные катализаторы. Характеристика и способы получения.

13. Природные катализаторы и их активация.

14. Цеолитные катализаторы. Способы модификации.

15. Органические контактные массы.

Задание 4

Оборудование катализаторных производств. Методы исследования катализаторов.

Варианты вопросов к четвертому заданию:

1. Реакторы для жидкофазных процессов. Основные требования. Конструкции реакторов с перемешивающими устройствами.

2. Пропиточные аппараты и машины.

3. Аппараты для выпаривания.

4. Аппараты для сгущения и разделения суспензий. Отстойники-сгустители.

5. Гидроциклоны. Фильтры. Основные виды фильтровальных аппаратов и их устройство.

6. Аппараты для промывки осадков.

7. Оборудование для сушки и термообработки. Сушилки. Прокалочные печи.

8. Машины для проведения механических процессов. Дробилки и мельницы.

9. Смесители сыпучих материалов. Смесители пастообразных материалов.

10. Машины для формовки и гранулирования.

11. Методы исследования катализаторов.

12. Методы определения активности катализаторов. Аппаратурное оформление.

13. Исследование структуры катализаторов.

14. Методы определения радиусов пор в катализаторах.

15. Определение механической прочности катализаторов.

4 Вопросы для подготовки к экзамену

1. Какой из видов катализа имеет место в процессах каталитического риформинга и гидрокрекинга?
2. Какая из составляющих каталитической системы отвечает за ее механическую прочность?
3. Какой компонент выполняет кислотную функцию в катализаторах риформинга?
4. Какой из катализаторов гидрогенизационных процессов уступает другим по показателям термостойкости и механической прочности?
5. Какое из технологических отделений является самым важным при производстве алюмосиликатных катализаторов?
6. Какой из применяемых в промышленности катализаторов носителей является самым легким и непрочным?
7. Какой из методов введения модифицирующей добавки в состав цеолита является наиболее точным?
8. Какие сушилки используют для сушки крупнозернистых материалов?
9. Какой из показателей характеризует способность катализатора сохранять свою активность во времени?
10. Какая из составляющих каталитической системы отвечает за ее селективность?
11. Из чего состоят и в каком температурном интервале эксплуатируются металл-цеолитные катализаторы изомеризации пентан-гексановой фракции?
12. Охарактеризуйте метод пропитки катализаторов. В чем его достоинства и недостатки по сравнению с другими методами модифицирования катализаторов?

13. Приведите состав и охарактеризуйте высокосортные глины как матрицу каталитической системы.
14. Приведите типовые конструкции и охарактеризуйте возможности использования в каталитическом производстве фильтров.
15. Какие сушилки являются наиболее прогрессивным оборудованием для сушки суспензий и маловязких паст?
16. Какой из показателей характеризует количество продукта, образующегося в единицу времени на единицу объема катализатора?
17. Какие цеолитовые молекулярные сита чаще других используют в адсорбции и катализе?
18. Какая из составляющих каталитической системы отвечает за стойкость к отравляющему воздействию каталитических ядов?
19. Какой из носителей катализаторов обладает наивысшей прочностью? Дайте сравнительную характеристику наиболее часто применяемых носителей.
20. Какие мешалки используют для перемешивания смесей с высокой вязкостью? Приведите конструкцию и принцип действия.
21. Какие сушилки позволяют высушивать жидкие материалы? Приведите конструкцию и принцип действия.
22. Каким способом измельчают твердые, но хрупкие материалы?
23. Какой из показателей в нефтепереработке условно выражают как отношение выходов целевого и побочного продуктов? Какими методами можно определить этот показатель?
24. Распространение какого из катализаторов гидрогенизационных процессов ограничивает большой дефицит одного из металлов, входящих в его состав?
25. Какой из элементов и каким образом оказывает наибольшее влияние на цвет глины в ходе изготовления и эксплуатации катализаторов?

26. Дайте характеристику ионитам с точки зрения химизма протекающих на них каталитических процессов.

27. Приведите типовые конструкции и принцип действия инжекторных и диафрагмовых смесителей.

28. Какие установки применяют для повышения концентрации рабочих растворов? Приведите их типовые конструкции.

29. Каким способом и на каком оборудовании измельчают мягкие и вязкие материалы?

30. Приведите конструкции и назначение механизмов, используемых для мелкого измельчения при подготовке кусковых носителей к производству катализаторов.

31. В каком из процессов нефтепереработки в качестве катализаторов используют фталоцианины кобальта?

32. Из чего состоят и в каких процессах нефтепереработки применяются бифункциональные катализаторы?

33. Какой из способов формовки используют для получения алюмосиликатного катализатора микросферической формы?

34. Каким способом готовят платиновый сетчатый катализатор окисления аммиака?

35. Какие установки используют для упаривания сточных вод с целью выделения из них необходимых компонентов.

36. Промывку каких суспензий осуществляют в сгущенном состоянии?

37. Каким образом измельчают твердые и вязкие материалы?

38. Какое оборудование применяют для тонкого измельчения материалов? Приведите типовые конструкции.

39. Дисковый гранулятор является простейшим представителем какого типа машин? Приведите конструкцию.

40. Какие методы исследования катализаторов позволяют получить значения каталитической активности для нестационарных процессов?

41. Какой из показателей характеризует количество продукта, образующегося в единицу времени на единицу объема катализатора?
42. Какие из выпарных аппаратов, используемых в производстве катализаторов являются наиболее экономичными?
43. Какие методы позволяют проводить кинетические исследования при постоянстве технологических параметров?
44. Какие испытания наиболее важны для катализаторов, работающих в кипящем слое?
45. Из каких компонентов состоят катализаторы риформинга? Какой из этих компонентов выполняет кислотную функцию?
46. Какой из методов модифицирования применяют при получении небольших количеств катализатора? Охарактеризуйте данный метод.
47. Охарактеризуйте механизмы закоксовывания катализаторов.
48. Приведите способы регенерации промышленных катализаторов.
49. Приведите основное технологическое оборудование, используемое в производстве катализаторов.
50. Как геометрическая форма и размер зерен катализатора влияет на выбор основного технологического оборудования в процессах глубокой переработки углеводородного сырья?
51. Каким образом и на какой технологической стадии происходит формирование пористой структуры катализаторов?
52. Какие катализаторы используют в процессах сероочистки углеводородного сырья? Приведите их химический состав.
53. Катализаторы би- и полифункционального действия. Механизм действия, примеры, применение.
54. Отравление катализаторов. Каталитические яды.
55. Пути улучшения свойств циркулирующего катализатора.
56. Изменение свойств катализатора при его старении.
57. Модифицирование цеолитов методом ионного обмена.

58. Вспомогательные добавки для катализаторов каталитического крекинга.

59. Какие Вам известны современные школы катализа?

60. Какие из методов исследования катализаторов являются наиболее важными с технологической точки зрения?

Список рекомендуемой литературы

1. Комаров В.С., Бесараб С.В. Адсорбенты и носители катализаторов. Научные основы регулирования пористой структуры: Монография. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 203 с.
2. Романовский Б.В. Основы катализа [Электронный ресурс] : учебное пособие. - Эл. изд. - Электрон. текстовые дан. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.
3. Рябов В.Д. Химия нефти и газа: Учебное пособие. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 336 с.
4. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа.: Учеб. пособие для вузов. - Уфа.: Гилем, 2006. - 672 с.
5. Ильин А.П., Прокофьев В.Ю. Физико-химическая механика в технологии катализаторов и сорбентов [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Иваново : ИГХТУ (Ивановский государственный химико-технологический университет), 2004. — 316 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4470.
6. Колесников И.М. Катализ и производство катализаторов.- М.: Издательство «Техника», ТУМА ГРУПП, 2004. - 400 с.
7. Джемилев У.М., Поподько Н.Р., Козлова Е.В. Металлокомплексный катализ в органическом синтезе. – М.: Химия, 1999. – 648 с.
8. Миначев Х.М., Харламов В.В. Окислительно-восстановительный катализ на цеолитах. - М.: Наука, 1990. – 149 с.
9. Комаров, В. С. Структура и пористость адсорбентов и катализаторов [Электронный ресурс] / В. С. Комаров. - Минск: Наука и техника, 1988. - 288 с.
10. Рабо Дж. Химия цеолитов и катализ на цеолитах. В 2-х т. Т.1. Перевод с англ. М.: Мир, 1980. - 506 с.
11. Рабо Дж. Химия цеолитов и катализ на цеолитах. В 2-х т. Т.2. Перевод с англ. М.: Мир, 1980. - 410 с.
12. Мухленов И.П., Добкина Е.И., Дерюжкина В.И., Сороко В.Е. Технология катализаторов; Под ред. проф. И.П. Мухленова. - Изд. 2-е, перераб. - Л.: Химия, 1979.-328 с.