

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижнекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ



Заместитель директора по УР  
Н.И. Никифорова  
«30» мая 2022 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине (модулю)

**Б1.В.08 Технология получения оксигенатных присадок**

(наименование дисциплины)

**18.04.01 «Химическая технология»**

(код и наименование направления подготовки)

**«Процессы и технологии глубокой переработки нефти»**

(программа подготовки)

магистр  
квалификация

очно-заочная  
форма обучения

Нижнекамск, 2022 г.

Составитель ФОС:

доцент кафедры Нефтехимического синтеза  Р.Н. Бариева

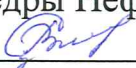
ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры Нефтехимического синтеза,  
протокол от 06 апреля 2022 г. № 8

Зав.кафедрой



Р.З. Агзамов

Эксперт:

Руководитель программы магистратуры, разработчик учебного плана  
Вдовина С.В., доцент кафедры Нефтехимического синтеза НХТИ ФГБОУ ВО  
«КНИТУ» 

***Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием этапов формирования в процессе освоения дисциплины***

Компетенции:

ПК -3 Способен владеть знаниями, позволяющими анализировать тенденции развития технологий нефтехимических производств, совершенствовать действующие, внедрять новые технологии на основе рациональных и альтернативных источников сырья

Индикаторы компетенций:

ПК-3.1 Знает теоретические основы промышленных технологических процессов современных нефтехимических производств; основные направления развития и совершенствования технологий промышленных производств; принципы построения технологических схем производств; способы рационального использования сырья и утилизации производственных отходов

ПК-3.2 Умеет разрабатывать и совершенствовать технологию производства продуктов органического и нефтехимического синтеза; разрабатывать технологические схемы химических производств; анализировать способы рационального использования сырья и утилизации производственных отходов, проводить анализ контроля качества технологического процесса

ПК-3.3 Владеет теоретическими основами промышленных технологических процессов органического и нефтехимического синтеза; навыками разработки и совершенствования технологии производства продуктов органического и нефтехимического синтеза; принципами построения технологических схем химических производств; способами рационального использования сырья и утилизации производственных отходов; способами анализа контроля качества технологического процесса; навыками устранения технологического брака

<b>Индикаторы достижения компетенции</b>	<b>Этапы формирования в процессе освоения дисциплины</b> (указать все темы из РПД)				<b>Наименование оценочного средства</b>
	<b>Лекции</b>	<b>Практические занятия, лабораторный практикум</b>	<b>Лабораторные занятия</b>	<b>Курсовой проект (работа)</b>	
ПК-3.1	<i>Раздел 1,2</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Раздел 2</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Коллоквиум, лабораторная работа, экзамен</i>
ПК-3.2	-	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Раздел 2</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Коллоквиум, лабораторная работа, экзамен</i>
ПК-3.3	<i>Раздел 1,2</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Раздел 2</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Коллоквиум, лабораторная работа, экзамен</i>

**Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Оценивающие мероприятия	Кол-во	Баллы	
		min	max
4 семестр			
Лабораторная работа	1	18	30
Коллоквиум	1	18	30
Экзамен	1	24	40
ИТОГО		60	100

### *Шкала оценивания*

Цифровое выражение	Выражение в баллах:	Словесное выражение	Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля:
			экзамен / зачет с оценкой
5	87 - 100	Отлично (зачтено)	Оценка «отлично» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий
4	74 - 86	Хорошо (зачтено)	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
3	60 - 73	Удовлетворительно (зачтено)	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
2	Ниже 60	Неудовлетворительно (не зачтено)	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному

### Краткая характеристика оценочных средств

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование оценочного сред- ства</i>	<i>Краткая характеристика оценочного средства</i>	<i>Представление оценочного сред- ства в фонде</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
	Лабораторная ра- бота	Это вид учебной работы, целью которой является изучение (исследование, измерение) характери- стик лабораторного объекта. Цель лабораторных занятий: освоение изучаемой учебной дисциплины; приобретение навыков практического применения знаний учебной дис- циплины (дисциплин) с использованием техниче- ских средств и (или) оборудования	Темы лаборатор- ных работ, кон- трольные вопросы по теме лабора- торной работы, вопросы к колло- квиуму
	Практическое за- нятие	В ходе практических работ студенты овладевают умениями пользоваться работая с нормативными документами и инструктивными материалами, справочниками, составлять техническую доку- ментацию; выполнять чертежи, схемы, таблицы, решать разного рода задачи, делать вычисления, определять характеристики различных веществ, объектов, явлений. Цель практических занятий заключается в выработке у студентов навыков применения полученных знаний для решения практических задач в процессе совместной дея- тельности с преподавателями.	Темы практиче- ских занятий; контрольные во- просы и задания по теме практиче- ского занятия
	Коллоквиум	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, органи- зованное как учебное занятие в виде собеседова- ния преподавателя с обучающимися.	Вопросы по те- мам/разделам дисциплины
	Круглый стол, дискуссия, поле- мика, диспут, де- баты	Оценочные средства, позволяющие включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса, проблемы и оценить их умение аргумен- тировать собственную точку зрения.	Перечень дискус- сионных тем для проведения круг- лого стола, дис- куссии, полемики, диспута, дебатов

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал) федерального  
государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
Направление подготовки: 18.04.01 Химическая технология  
Профиль подготовки: «Процессы и технологии глубокой переработки нефти»

**Перечень вопросов на экзамен**  
по дисциплине Б1.В.08 «Технологии получения оксигенатных присадок»

1. Технологичность, экономичность и экологичность применения оксигенатных присадок.
2. Оксигенатные присадки к дизельным топливам
3. Виды оксигенатных присадок.
4. Биотопливо
5. Термодинамика и кинетика синтеза метил-трет-бутилового эфира
6. Оксигенатные присадки к дизельным топливам
7. Химизм и механизм процесса синтеза метил-трет-бутилового эфира
8. Сырье, катализаторы процесса синтеза метил-трет-бутилового эфира
9. Влияние оксигенатных присадок на детонационную стойкость автомобильных бензинов
10. Оперативные параметры процесса синтеза метил-трет-бутилового эфира
11. Технологическая схема процесса синтеза метил-трет-бутилового эфира
12. Эфиры диэтиленгликоля как добавки к топливам
13. Спирты – как оксигенатные присадки
14. Применение кетонов как добавки к топливам
15. Метанол как топливо будущего
16. Целлозольвы как добавки к топливам

**Критерии оценки:**

Оценка «отлично» или 36-40 баллов – ответы на вопросы свидетельствуют об уверенных знаниях и умениях студента.

Оценка «хорошо» или 32-35 баллов – ответы на вопросы свидетельствуют о достаточных знаниях и умениях студента.

Оценка «удовлетворительно» или 25-31 баллов – ответы на вопросы свидетельствуют о недостаточных знаниях и ограниченном умении студента.

Оценка «неудовлетворительно» или 0-24 баллов – ответы на вопросы свидетельствуют о слабых знаниях и неумении студента.

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) федерального  
государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
Направление подготовки: 18.04.01 Химическая технология  
Профиль подготовки: «Процессы и технологии глубокой переработки нефти»

**Перечень вопросов на коллоквиум**  
по дисциплине Б1.В.08 «Технологии получения оксигенатных присадок»

1. Технологичность, экономичность и экологичность применения оксигенатных присадок.
2. Виды оксигенатных присадок.
3. Термодинамика, кинетика, механизм и химизм получения оксигенатных присадок (метил-трет-бутилового эфира)
4. Сырье, катализаторы процесса синтеза МТБЭ.
5. Подготовка сырья синтеза МТБЭ.
6. Оперативные параметры синтеза МТБЭ.
7. Оформление реакторного узла синтеза МТБЭ.
8. Блок разделения синтеза МТБЭ.

**Критерии оценки:**

Максимально 30 баллов - за полный, развернутый ответ на поставленные вопросы.  
Минимально 18 баллов – за неполный ответ с допущением грубых ошибок при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений

**Содержание лабораторных работ**  
по дисциплине Б1.В.08 «Технологии получения оксигенатных присадок»

**Лабораторная работа №1 «Получение трет-бутиловых эфиров взаимодействием спир-  
тов»**

**Цель работы.**

*Изучение реакции получения высокооктановой добавки для автомобильного бензина – метил-трет-бутилового эфира путем взаимодействия метанола с триметилкарбинолом в присутствии катионообменной смолы, выделение продукта реакции и составление материального баланса.*

**Реактивы.**

- 1) метанол –  $T_{\text{кип}} = 64,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $d_4^{20} = 0,792$ ,  $n_d^{20} = 1,3288$ ;
- 2) триметилкарбинол –  $T_{\text{кип}} = 82,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $d_4^{20} = 0,7887$ ,  $n_d^{20} = 1,3954$ ;
- 3) катализатор – катионообменная смола в водородной форме.

**Посуда и оборудование.**

Трехгорлая колба емкостью 200 мл, обратный холодильник; термометр, механическая мешалка с электромотором и ЛАТРОм; глицериновая баня, снабженная контактным термометром и электрореле; воронка Бюхнера; колба Кляйзена; прямой холодильник; аллонж; круглодонные приемники.

**Выполнение работы.**

Синтез метил-трет-бутилового эфира на катионите проводят на установке, изображенной на рис.1.

Перед началом опыта проверяют правильность сборки, герметичность соединений установки и надежность работы механической мешалки и термостатирующей установки. Термостатирующую установку настраивают на поддержание в реакторе температуры  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

В колбу-реактор загружают метанол спирт и триметилкарбинол в мольном соотношении 2:1, т.е. 74 г и 37 г, соответственно, и 6 % катионообменной смолы, т.е. 6,66 г.

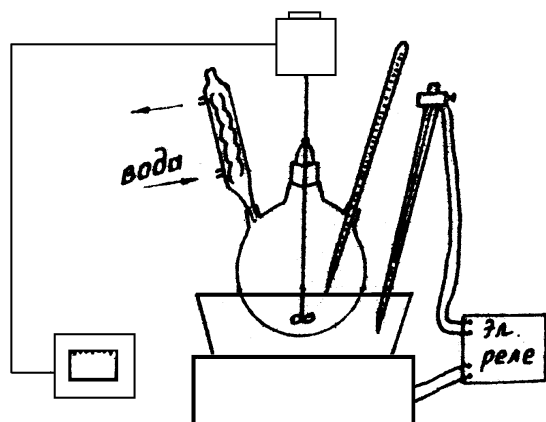


Рисунок 1 - Установка для получения алкил-трет-алкилового эфира

Катионит предварительно переводят в водородную форму и обезвоживают. Подают воду в обратный холодильник, включают термостатирующую установку и механическую

мешалку. Процесс проводят в течение двух часов, затем реакционную массу фильтруют на воронке Бюхнера при отсасывании водоструйным насосом.

Определяют точное количество реакционной массы, взвешивая ее с точностью до 0,1 г.

#### Методика проведения анализа продуктов изомеризации

Исследование проводят на хроматографе «КристалЛюкс-4000М», в котором реализованы функции автоматического регулирования температуры термостатов, расходов и давления газа-носителя, автоматического поджига детекторов, контроль горения пламени в процессе работы, измерения сигналов детекторов. Параметры хроматографа приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Параметры хроматографа «КристалЛюкс-4000М»

Наименование показателя	Значение
Длина стеклянной колонки, м	100
Внешний диаметр колонки, мм	0,95
Температура детектора, °С	300
Температура испарителя, °С	300
Расход газа-носителя, см <sup>3</sup> /мин.	85
Расход воздуха, см <sup>3</sup> /мин.	450
Расход водорода, см <sup>3</sup> /мин.	85
Объем вводимой в испаритель пробы, мл.	0,1
Режим хроматографирования колонок	
Начальная температура, °С	50
Время удерживания, мин.	5
Скорость нагрева, °С/мин.	1
Конечная температура, °С	105
Давление колонки, атм.	1,20

Для количественной идентификации хроматограмм используется метод внутренней нормализации, который основан на определении соотношений между концентрациями компонентов смеси. Расчет состоит в приведении к 100 % суммы произведений площадей пиков  $Q$  на поправочные (градуировочные) коэффициенты  $K$ , чувствительности детектора к данному компоненту:

$$C_i = K_i Q_i \cdot 100 / \sum_{i=1}^n (K_i Q_i)$$

В зависимости от выбора коэффициентов концентрацию ( $C$ ) можно выразить в массовых или объемных процентах. Достоинство метода внутренней нормализации заключается в том, что искажения, имеющиеся в одинаковой степени у всех пиков, в конечном счете, не влияют на точность результатов. Контроль значений параметров, влияющих на качество хроматографического анализа, осуществляется в основном, автоматически и при наличии недопустимых отклонений появляются соответствующие сообщения.

Таким образом, определяют содержание в реакционной массе *n*-бутилового или вторичного бутилового спирта, триметилкарбинола, бутил-трет-бутилового эфира и других продуктов реакции. (Либо проводят разгонку реакционной массы, предварительно отфильтрованной от катализатора, и определяют количество каждой фракции).

#### Оформление результатов.

Составляют материальный баланс опыта (табл.1), определяют конверсию триметилкарбинола и выход целевого эфира на загруженный и прореагировавший спирт.

Таблица 1 – Материальный баланс опыта

Взято	г	% масс.	Получено	г	% масс.
Метанол			Катализат, в том числе:		

Триметилкарбинол			трет-бутил-бутиловый эфир; триметилкарбинол; вода. Потери		
Всего:			Всего:		

Конверсию К (%масс.) триметилкарбинола определяют по формуле:

$$K = (G_2 + G_2^1) / (G_2 + G_2^1 + G_3),$$

где:  $G_2$  - количество триметилкарбинола, пошедшее на образование трет-бутил-бутилового эфира, (г);  $G_2 = M_{\text{ТМК}} \cdot G_1 / M_{\text{эф}}$ , где:  $M_{\text{ТМК}}$  – ММ триметилкарбинола;  $G_1$  и  $M_{\text{эф}}$  - молекулярная масса и количество образовавшегося эфира (г) соответственно;  $G_2^1$  - количество триметилкарбинола, пошедшее на образование побочных продуктов (г);  $G_3$  - количество непрореагировавшего триметилкарбинола (г).

Селективность С (%масс.) реакции по спирту вычисляют по формуле:

$$C = G_2 / (G_2 + G_2^1).$$

Выход В (%масс.) трет-бутил-бутилового эфира на пропущенный спирт определяют по формуле:

$$B = C \cdot K / 100.$$

#### **Критерии оценки:**

Максимально 30 баллов - за полный, развернутый ответ на поставленные вопросы.

Минимально 18 баллов – за неполный ответ с допущением грубых ошибок при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений