

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Методическое указание для проведения практических занятий
по дисциплине
«Химическая технология органических веществ»
для направления подготовки 18.03.01 Химическая технология
Направленность (профиль) Технология химических производств**

Содержание

Практическое занятие №1. Термодинамический анализ органических реакций (расчет констант равновесия и выхода).....	4
Практическое занятие №2. Составление и расчет материального баланса установки получения этилена.....	7
Практическое занятие №3. Расчет теплового баланса реактора окисления или гидрирования.....	8
Практическое занятие №4. Выбор и обоснование оптимального технологического режима заданного процес Определение параметров работы реактора идеального вытеснения и смешения для ХТОВ	9
Практическое занятие №5. Выбор и обоснование оптимального технологического режима заданного процес.....	10
Практическое занятие №6. Чтение и анализ принципиальных технологических схем (ПТС).....	11

Введение

Химическая технология органических веществ синтетическая дисциплина, объединяющая как специальные, так и надпрофессиональные знания. Специальные знания отражают особенности той области деятельности, к которой относятся проекты (инновационные, образовательные, строительные, экологические, исследовательские, реорганизационные и др.). Однако подлинно самостоятельной дисциплиной управление проектами стало благодаря знаниям, полученным в результате изучения общих закономерностей, присущих проектам во всех областях деятельности, благодаря методам и средствам, успешно используемым для самых различных проектов.

Практикум нацелен на формирование ключевых компетенций, необходимых для эффективного решения профессиональных задач и управления инновационными проектами в профессиональной деятельности на основе глубокого понимания законов функционирования экономики.

Практическое занятие № 1

Теоретическая часть

Энтальпия реакции (ΔH) — тепловой эффект

Энтальпия характеризует теплоту, которая выделяется или поглощается при протекании реакции при постоянном давлении.

- Экзотермические реакции ($\Delta H < 0$): тепло выделяется (например, горение, гидрирование).
- Эндотермические реакции ($\Delta H > 0$): тепло поглощается (например, дегидрирование, крекинг).

Закон Гесса: Изменение энтальпии реакции равно сумме энтальпий образования продуктов за вычетом суммы энтальпий образования исходных веществ.

$$\Delta H^{\text{кр}} = \sum(n \cdot \Delta H^{\text{of}}, \text{прод}) - \sum(m \cdot \Delta H^{\text{of}}, \text{исх})$$

Энтропия реакции (ΔS) — фактор беспорядка

Энтропия отражает степень хаотичности системы.

В органической химии энтропия растет ($\Delta S > 0$), если из одной молекулы образуется несколько (реакции разложения, деполимеризации) или если образуются газы из жидкостей.

• Энтропия падает ($\Delta S < 0$), если идет полимеризация или гидрирование (уменьшается число частиц газа).

$$\Delta S^{\text{кр}} = \sum(n \cdot S^{\text{прод}}) - \sum(m \cdot S^{\text{исх}})$$

Энергия Гиббса (ΔG) — критерий возможности реакции

Энергия Гиббса объединяет энтальпийный и энтропийный факторы. Это главный показатель того, пойдет ли реакция «сама собой».

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

- $\Delta G < 0$: Реакция термодинамически разрешена (самопроизвольна).
- $\Delta G > 0$: Реакция невозможна в данных условиях (идет обратный процесс).
- $\Delta G = 0$: Состояние химического равновесия.

Важно: С ростом температуры роль энтропийного фактора ($T\Delta S$) возрастает. Поэтому высокотемпературные процессы (крекинг) протекают именно за счет роста энтропии.

Константа равновесия (K_p)

В органическом синтезе большинство реакций обратимы. Константа равновесия показывает соотношение между концентрациями продуктов и реагентов в момент, когда скорости прямой и обратной реакций сравнялись.

Связь между термодинамикой и равновесием описывается уравнением изотермы Вант-Гоффа:

$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln K_p$$

- Если $K_p \gg 1$, равновесие смещено в сторону продуктов (выход высокий).
- Если $K_p \ll 1$, в системе преобладают исходные вещества (выход низкий).

Теоретический выход продукта

Выход продукта — это отношение количества полученного вещества к максимально возможному (теоретическому). В состоянии равновесия он напрямую зависит от константы равновесия.

Для простой изомеризации $A \rightleftharpoons B$ доля продукта (x) вычисляется как:

$$x = \frac{K_p}{1 + K_p}$$

Для более сложных реакций (например, синтез аммиака или спиртов) на выход влияют также общее давление и соотношение исходных веществ.

Влияние условий (Принцип Ле Шателье)

Температура:

- Для экзотермических реакций ($\Delta H < 0$) нагрев уменьшает выход продукта.
- Для эндотермических реакций ($\Delta H > 0$) нагрев увеличивает выход.

Давление: Повышение давления смещает равновесие в сторону меньшего объема газов.

Цель работы: Научиться рассчитывать термодинамические параметры (ΔH° , ΔS° , ΔG°), определять направление химической реакции, вычислять константу равновесия (K_p) и равновесный выход продукта при различных температурах.

1. Краткий справочник формул (Алгоритм расчета)

1. Изменение энтальпии и энтропии реакции (по следствию из закона Гесса):

$$\Delta H^{\circ \text{xp}} = \sum(n \cdot \Delta H^{\circ \text{f, прод}}) - \sum(m \cdot \Delta H^{\circ \text{f, исх}})$$

$$\Delta S^{\circ \text{xp}} = \sum(n \cdot S^{\circ \text{прод}}) - \sum(m \cdot S^{\circ \text{исх}})$$

(Где n, m — стехиометрические коэффициенты).

2. Энергия Гиббса реакции:

$$\Delta G^{\circ \text{T}} = \Delta H^{\circ 298} - T \cdot \Delta S^{\circ 298}$$

(Если $\Delta G < 0$ — реакция термодинамически возможна; если $\Delta G > 0$ — реакция идет в обратном направлении).

3. Константа равновесия (K_p):

$$\ln K_p = -\Delta G^{\circ \text{T}} / R \cdot T \Rightarrow K_p = e^{-\Delta G^{\circ \text{T}} / RT}$$

(Где R = 8.314 Дж/(моль·К), T — температура в Кельвинах).

4. Равновесный выход (на примере реакции $A \rightleftharpoons B$):

$$\eta = K_p / (1 + K_p) \cdot 100\%$$

Справочные данные для расчетов (при 298 К)

| Вещество | Состояние | $\Delta H^{\circ \text{f}}$ (кДж/моль) | S° (Дж/моль·К) |

| Этилен (C₂H₄) | газ | +52.3 | 219.5 |

| Этанол (C₂H₅OH) | газ | -235.3 | 282.0 |

| Вода (H₂O) | пар | -241.8 | 188.7 |

| н-Бутан (C₄H₁₀) | газ | -126.2 | 310.1 |

| Изобутан (C₄H₁₀) | газ | -134.5 | 294.7 |

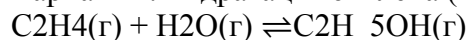
| Бензол (C₆H₆) | газ | +82.9 | 269.2 |

| Циклогексан (C₆H₁₂) | газ | -123.1 | 298.2 |

| Водород (H₂) | газ | 0 | 130.5 |

. Задания (Выберите вариант по указанию преподавателя)

Вариант 1. Гидратация этилена (получение спирта):

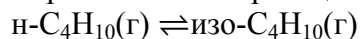


1. Рассчитайте $\Delta H^{\circ 298}$ и $\Delta S^{\circ 298}$ реакции.

2. Определите значение $\Delta G^{\circ \text{T}}$ при температурах 298 К и 600 К.

3. Рассчитайте константу равновесия K_p при 600 К. Сделайте вывод о влиянии температуры на выход спирта.

Вариант 2. Изомеризация н-бутана (получение сырья для высокооктанового бензина):

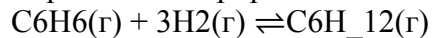


1. Рассчитайте $\Delta G^{\circ 298}$ реакции.

2. Вычислите константу равновесия K_p при 298 К.

3. Рассчитайте равновесный выход изобутана (в % мольн.) при стандартных условиях.

Вариант 3. Гидрирование бензола:



1. Рассчитайте энтальпию и энтропию реакции.

2. Найдите температуру, при которой реакция переходит в состояние равновесия ($\Delta G = 0$).

3. Определите направление реакции при 500 К.

Вопросы для самоконтроля

1. Как изменится константа равновесия экзотермической реакции при повышении температуры?
2. Почему для реакции гидратации этилена (Вариант 1) повышение давления выгодно для выхода продукта?
3. Что означает величина $K_p \gg 1$?

Практическое занятие № 2
Теоретическая часть

Процесс получения этилена основан на термическом пиролизе углеводородного сырья (этана, бензина или газойля) в присутствии водяного пара.

Материальный баланс составляется на основе закона сохранения массы:

$$\sum G_{\text{приход}} = \sum G_{\text{расход}}$$

Применительно к реактору пиролиза:

$$G_{\text{сырья}} + G_{\text{пара}} = G_{\text{пирогаза}} + G_{\text{кокса}}$$

Основные показатели:

1. Конверсия (X): доля превращенного сырья.
2. Селективность (φ): доля превращенного сырья, пошедшая на образование целевого продукта (этилена).
3. Выход продукта (Y): масса полученного продукта на массу поданного сырья.

Задания по вариантам:

Рассчитайте материальный баланс (кг/ч) для следующих условий:

Вариант	Продукт (т/год)	Сырье	Конверсия	Селективность	Пар/Сырье
1	150 000	Этан	60%	82%	0.3
2	200 000	Пропан	75%	45%	0.5
3	300 000	Бензин	90%	30%	0.6

Вопросы для самоконтроля

1. Почему при пиролизе бензина выход этилена ниже, чем при пиролизе этана?
2. Зачем в реактор пиролиза подается водяной пар?
3. Как изменится материальный баланс при увеличении конверсии сырья?

Практическое занятие № 3
Теоретическая часть

Тепловой баланс основывается на законе сохранения энергии: количество теплоты, поступающей в реактор, равно количеству теплоты, выходящей из него.

Уравнение теплового баланса в общем виде:

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{расх}}$$

$$Q_{\text{физ.исх}} + Q_{\text{реак}} = Q_{\text{физ.прод}} + Q_{\text{охл}} + Q_{\text{потерь}}$$

Где:

- $Q_{\text{физ.исх}}$: физическое тепло исходных веществ (зависит от их температуры и теплоемкости).
- $Q_{\text{реак}}$: тепловой эффект химической реакции (для окисления и гидрирования $Q > 0$, так как реакции экзотермические).
- $Q_{\text{физ.прод}}$: тепло, уносимое продуктами реакции.
- $Q_{\text{охл}}$: тепло, отводимое охлаждающим агентом (водой, хладагентом).
- $Q_{\text{потерь}}$: потери в окружающую среду (обычно 3–5% от прихода).

Задания по вариантам:

Вариант | Процесс | Целевой продукт | $T_{\text{вх}} / T_{\text{вых}}$

1 Окисление этилена | Этиленоксид | 220 / 250 °С

2 Гидрирование нитробензола | Анилин | 180 / 230 °С

3 Окисление метанола | Формальдегид | 300 / 450 °С

Вопросы для самоконтроля

1. Почему реакции окисления требуют интенсивного теплоотвода?
2. Как влияет избыток одного из реагентов (например, водорода) на тепловой баланс?
3. Что произойдет с реактором, если система охлаждения выйдет из строя (адиабатический разогрев)?

Практическое занятие № 4

Теоретическая часть

1. РИС-П (Реактор идеального смешения проточный): Характеризуется мгновенным выравниванием концентраций по всему объему. Концентрация реагента в реакторе равна концентрации на выходе.

Уравнение материального баланса: $\tau_{РИС} = C_0 - C_{вых}/w = C_0 \cdot X/k \cdot f(C_{вых})$

2. РИВ (Реактор идеального вытеснения): Характеризуется поршневым движением потока без продольного перемешивания. Концентрация плавно снижается вдоль длины аппарата.

Уравнение материального баланса: $\tau_{РИВ} = \int_0^X C_0 \cdot dX/k \cdot f(C)$

Ключевой вывод: Для реакций положительного порядка ($n > 0$) при одинаковой степени превращения объем РИВ всегда меньше объема РИС-П ($\tau_{РИВ} < \tau_{РИС}$).

Задания по вариантам:

Рассчитайте τ и V для обоих типов реакторов.

Вариант | Порядок реакции (n) | k (единицы СИ) | X | v_0 (м³/ч) |

| 1 | 1 | 0,25 | 0,90 | 1,2 |

| 2 | 2 | 0,10 | 0,75 | 0,8 |

| 3 | 1 | 0,50 | 0,95 | 2,5 |

Вопросы для самоконтроля

1. В каком случае объемы РИС-П и РИВ будут одинаковыми? (Подсказка: реакция нулевого порядка).

2. Как изменится соотношение объемов η при увеличении степени превращения X с 0,8 до 0,99?

3. Какую модель реактора целесообразнее использовать для высокоэкзотермических реакций ХТОВ и почему?

Практическое занятие № 5

Теоретическая часть

Оптимальный режим — это совокупность параметров, обеспечивающих максимальную экономическую эффективность при соблюдении норм безопасности.

Ключевые факторы:

1. Термодинамика: Влияние на равновесную степень превращения (X_p). Принцип Ле-Шателье.
2. Кинетика: Влияние на скорость реакции (w) и энергию активации (E_a). Уравнение Аррениуса.
3. Селективность (S): Подавление побочных реакций (особенно важно в ХТОВ, где много параллельных путей).
4. Стабильность катализатора: Избегание температурного спекания или отравления.

Задания по вариантам:

Вариант | Процесс | Целевой показатель |

- 1 Окисление метанола в формальдегид | Максимальная селективность по серебру |
- 2 Гидрирование бензола в циклогексан | Полная конверсия при мин. затратах энергии |
- 3 Нитрование толуола | Получение мононитротолуола (избегание ТНТ) |
- 4 Дегидрирование этилбензола в стирол | Смещение равновесия (влияние разбавления паром) |

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое «температурное поле» реактора и почему оно должно быть равномерным?
2. Почему в процессах ХТОВ часто используют давление выше атмосферного, даже если оно не влияет на равновесие? (Ответ: уменьшение габаритов аппаратов).
3. Как влияет рецикл (возврат сырья) на выбор оптимальной степени превращения за один проход?

Практическое занятие № 6

Теоретическая часть

Принципиальная технологическая схема (ПТС) показывает последовательность операций и аппаратное оформление процесса без строгой привязки к масштабу.

Основные элементы:

- Аппараты: Изображаются в виде упрощенных контуров (ГОСТ 2.782, 2.788, 2.790 и др.).
- Линии связи: Основные потоки (жирные линии), вспомогательные (тонкие или штриховые — пар, вода, газ).
- Арматура и КИП: Задвижки, клапаны, датчики температуры (ТС), давления (РС), расхода (ФС).

Задание

Представьте перед собой схему, где метанол испаряется, смешивается с воздухом и поступает в контактный аппарат с серебряным катализатором.

Задание:

1. Найдите на схеме узел смешения метанола и воздуха.
2. Объясните назначение закалочного-испарительного аппарата сразу после реактора (быстрое охлаждение для предотвращения распада формальдегида).
3. Укажите, в каком аппарате происходит окончательное поглощение формальдегида водой (Абсорбер).

Вопросы для самоконтроля

1. Чем отличается ПТС от монтажно-технологической схемы?
2. Как на схеме отличить центробежный насос от поршневого компрессора?
3. Почему линии рецикла обычно рисуются в нижней или боковой части схемы и возвращаются к началу процесса?

Методические указания

по выполнению самостоятельной работы

по дисциплине «Химическая технология органических веществ»

18.03.01 Химическая технология

направленность (профиль) Химическая технология неорганических веществ

СОДЕРЖАНИЕ

<u>Введение</u>	13
<u>1 Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины</u>	15
<u>2 Контрольные точки и виды отчетности по ним</u>	17
<u>3 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания</u>	17
<u>4 Тематический план дисциплины</u>	18
<u>5 Вопросы для собеседования</u>	19
<u>6 Методические рекомендации по изучению теоретического материала</u>	21
<u>7 Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов</u>	22
<u>8 Методические рекомендации при работе над конспектом во время проведения лекции</u>	22
<u>9 Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям</u>	23

Введение

Настоящее пособие разработано на основе:

~ Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

~ Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (далее ФГОС ВО);

~ нормативно-методических документов Минобрнауки России;

~ Устава ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»;

~ Приказом Минобрнауки России от 06.04.2021 N 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры» (Зарегистрировано в Минюсте России 13.08.2021 N 64644);

~ локальных нормативных актов ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет».

На современном рынке труда конкурентоспособным может стать только квалифицированный работник соответствующего уровня и профиля, компетентный, свободно владеющий своей профессией и ориентированный в смежных областях деятельности, способный к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов и готовый к постоянному профессиональному росту.

Самостоятельная работа студента направлена на достижение целей подготовки специалистов-профессионалов, активное включение обучаемых в сознательное освоение содержания образования, обеспечение мотивации, творческое овладение основными способами будущей профессиональной деятельности. Чтобы подготовить и обучить такого профессионала, высшим учебным заведениям необходимо скорректировать свой подход к планированию и организации учебно-воспитательной работы. Это в равной степени относится к изменению содержания и характера учебного процесса. В современных реалиях задача преподавателя высшей школы заключается в организации и направлении познавательной деятельности студентов, эффективность которой во многом зависит от их самостоятельной работы. В свою очередь, самостоятельная работа студентов должна представлять собой не просто самоцель, а средство достижения прочных и глубоких знаний, инструмент формирования активности и самостоятельности студентов.

В связи с введением в образовательный процесс новых образовательных стандартов, с уменьшением количества аудиторных занятий по дисциплинам возрастает роль самостоятельной работы студентов. Возникает необходимость оптимизации самостоятельной работы студентов (далее - СРС). Появляется необходимость модернизации технологий обучения, что существенно меняет подходы к учебно-методическому и организационно-техническому обеспечению учебного процесса.

Данная методическая разработка содержит рекомендации по организации, управлению и обеспечению эффективности самостоятельной работы студентов в процессе обучения в целях формирования необходимых компетенций.

Самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом учебного процесса для каждого студента и определяется учебным планом. Виды самостоятельной работы студентов определяются при разработке рабочих программ и учебных методических комплексов дисциплин содержанием учебной дисциплины. При определении содержания самостоятельной работы студентов следует учитывать их уровень самостоятельности и требования к уровню самостоятельности выпускников для того, чтобы за период обучения искомый уровень был достигнут. Так, удельный вес самостоятельной работы при обучении в очной форме составляет до 50% от количества аудиторных часов, отведённых на изучение дисциплины, в заочной форме - количество часов, отведенных на освоение дисциплины, увеличивается до 90%.

Самостоятельная работа определяется как индивидуальная или коллективная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства педагога, но по его заданиям и под его контролем.

Самостоятельная работа – это познавательная учебная деятельность, когда последовательность мышления студента, его умственных и практических операций и действий зависит и определяется самим студентом. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня, что в итоге приводит к развитию навыка самостоятельного планирования и реализации деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение необходимыми компетенциями по своему направлению подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности.

На основании компетентностного подхода к реализации профессиональных образовательных программ, видами заданий для самостоятельной работы являются:

- *для овладения знаниями*: чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы), составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста, работа со словарями и справочниками, ознакомление с нормативными документами, учебно-исследовательская работа, использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и информационно- телекоммуникационной сети Интернет и др.

- *для закрепления и систематизации знаний*: работа с конспектом лекции, обработка текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей), повторная работа над учебным материалом, составление плана, составление таблиц для систематизации учебного материала, ответ на контрольные вопросы, заполнение рабочей тетради, аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, конспект-анализ и др.), завершение аудиторных практических работ и оформление отчётов по ним, подготовка мультимедиа сообщений/докладов к выступлению на семинаре (конференции), материалов-презентаций, подготовка реферата, составление библиографии, тематических кроссвордов, тестирование и др.

- *для формирования умений*: решение задач и упражнений по образцу, решение вариативных задач, выполнение чертежей, схем, выполнение расчетов (графических работ), решение ситуационных (профессиональных) задач, подготовка к деловым играм, проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности, рефлексивный анализ профессиональных умений с использованием аудио- и видеотехники и др.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Контроль результатов самостоятельной работы студентов может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Самостоятельная работа проводится в виде упражнений при изучении нового материала, упражнений в процессе закрепления и повторения, упражнений проверочных и контрольных работ, а также для самоконтроля.

Для организации самостоятельной работы необходимы следующие условия:

1. готовность студентов к самостоятельному труду;
2. наличие и доступность необходимого учебно-методического и справочного материала;
3. консультационная помощь.

Самостоятельная работа может проходить в лекционном кабинете, компьютерном зале, библиотеке, дома. Самостоятельная работа способствует формированию компетенций, тренирует волю, воспитывает работоспособность, внимание, дисциплину и ответственность.

1 Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины

Дисциплина «Химическая технология органических веществ» относится к дисциплине части, формируемой участниками образовательных отношений. Она направлена на формирование профессиональных компетенций обучающихся в процессе выполнения работ, определенных ФГОС ВО.

Наименование компетенций:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1 Способен организовать контроль качества продукции на всех стадиях производственного процесса	ПК-1 ИД-1 анализирует качество сырья и материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий на соответствие требованиям нормативной документации	Пороговый уровень понимает типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета; Повышенный уровень понимает методы получения неорганических веществ и способы выделения основных и побочных продуктов; исследует обосновывать параметры технологического процесса с целью получения конечного продукта заданного качества; разрабатывает методы получения неорганических веществ и способами выделения основных и побочных продуктов;
	ПК-1 ИД-2 осуществляет внедрение новых методов и средств технического контроля	Пороговый уровень рассчитывает параметры и выбирает аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса; Повышенный уровень
	ПК-1 ИД-3 осуществляет проведение испытаний новых и модернизированных образцов продукции	Пороговый уровень применяет методы определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования; Повышенный уровень
ПК-2 Способен организовать проведение	ПК-2 ИД-1 осуществляет проведение работ по обработке и	Пороговый уровень понимает структуру отрасли

научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы	анализу научно-технической информации и результатов исследований	технологии неорганических веществ, ее управлении, систему научно-исследовательских и проектных организаций, их взаимосвязи Повышенный уровень понимает основные методы очистки газообразных, жидких и твердых отходов и выбросов в многотоннажных производствах различных минеральных кислот
	ПК-2 ИД-2 осуществляет выполнение экспериментов и оформление результатов исследований и разработок	Пороговый уровень производит расчеты материальных и тепловых балансов с определением расходных коэффициентов по сырью, воде, тепло- и энергоносителям Повышенный уровень выявляет недостатки и намечает пути совершенствования существующего производства
	ПК-2 ИД-3 осуществляет подготовку элементов документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов работ	Пороговый уровень применяет методы расчета материальных и тепловых балансов с определением расходных коэффициентов по сырью, воде, тепло- и энергоносителям; Повышенный уровень применяет методы выявления недостатков и путей совершенствования существующего производства;

В рамках курса дисциплины «Химическая технология органических веществ» самостоятельная работа студентов находит активное применение и включает в себя различные виды деятельности:

- ~ подготовка к практическим занятиям, в том числе работа с методическими указаниями, средствами массовой информации;
- ~ подготовка к лекциям, в том числе самостоятельное углубленное изучение теоретического курса по рекомендованной литературе;
- ~ подготовка к лабораторным, в том числе работа с методическими указаниями;
- ~ подготовка курсовой работы;
- ~ подготовка к промежуточной аттестации.

Цель самостоятельной работы студента при подготовке к лекциям заключается в получении новых знаний, приобретенных при более глубоком изучении литературы по дисциплине.

Задачи:

- доработка и повторение конспектов лекции;
- осмысление содержания лекции, логической структуры, выводов.

Цель самостоятельной работы студента при подготовке к практическим занятиям заключается в углублении, расширении, детализировании знаний, полученных на лекциях в обобщенной форме.

Задачи:

- развить способность применять полученные знания на практике при решении конкретных задач;
- проверить знания студентов, полученные на лекциях и при самостоятельном изучении литературы.

Цель самостоятельной работы студента при подготовке к лабораторным занятиям заключается в активизации познавательной деятельности и приобретении, развитие умений работы с учебными пособиями, методическими материалами, информационными ресурсами разного рода при подготовке к защите отчета по лабораторной работе.

Задачи:

- экспериментальная проверка формул, расчётов по материалам основных разделов дисциплины;
- ознакомление с методикой и техникой проведения экспериментов, исследований;
- подготовка письменного отчета и устного, выступления по их защите.

Цель самостоятельной работы студента при подготовке к экзамену заключается в повторении и закреплении всего изученного материала.

Задачи:

- научиться анализировать и систематизировать все знания, накопленные при изучении программного материала: данные учебника, записи лекций, заметки, сделанные во время консультаций и практических занятий.

Цель самостоятельной работы студента при подготовке курсовой работы заключается в возможности более глубокого изучения вопросов курса дисциплины, которые в рамках аудиторных занятий не могут быть изучены достаточно подробно.

Задачи:

- обобщение, повторение и углубление материала полученного на лекциях и практических занятиях.
- выработка собственного взгляда и мнения по проблеме исследования;

Контрольные точки и виды отчетности по ним

В рамках рейтинговой системы успеваемость студентов по каждой дисциплине оценивается в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

4 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Компетенция(ии), индикатор (ы)	Уровни сформированности компетенци(ий),			
	Минимальный уровень не достигнут (Неудовлетворит ельно)	Минимальный уровень (удовлетворительно) 3 балла	Средний уровень (хорошо) 4 балла	Высокий уровень (отлично) 5 баллов

		2 балла			
<i>Компетенция: ПК-1 Способен организовать контроль качества продукции на всех стадиях производственного процесса</i>					
Результаты обучения по дисциплине (модулю): <i>Индикатор:</i> ИД-1 ПК-1 анализирует качество сырья и материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий на соответствие требованиям нормативной документации		не понимает типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета;	не в достаточном объеме понимает типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета;	понимает типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета;	понимает методы получения органических веществ и способы выделения основных и побочных продуктов;
ИД-2 ПК-1 осуществляет внедрение новых методов и средств технического контроля		не рассчитывает параметры и выбирает аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса;	не в достаточном объеме рассчитывает параметры и выбирает аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса;	рассчитывает параметры и выбирает аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса;	обосновывает параметры технологического процесса с целью получения конечного продукта заданного качества;
ИД-3 ПК-1 осуществляет проведение испытаний новых и модернизированных образцов продукции		не применяет методы определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования;	не в достаточном объеме применяет методы определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования;	применяет методы определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования;	применяет методы получения органических веществ и способами выделения основных и побочных продуктов;
<i>Компетенция: ПК-2 Способен организовать проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы</i>					
ИД-1 ПК-2 осуществляет проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований		не понимает структуру отрасли технологии неорганических веществ, ее управления, систему научно-исследовательских и проектных	не в достаточном объеме понимает структуру отрасли технологии органических веществ, ее управления, систему научно-исследовательских и проектных	понимает структуру отрасли технологии органических веществ, ее управления, систему научно-исследовательских и проектных организаций, их	понимает взаимосвязь между структурой вещества, технологией его получения и экологической

		организаций, их взаимосвязи;	организаций, их взаимосвязи;	взаимосвязи;	безопасность ю
ИД-2 осуществляет выполнение экспериментов оформление результатов исследований разработок	ПК-2 и и	не расчеты материальных и тепловых балансов с определением расходных коэффициентов по сырью, воде, тепло- и энергоносителям;	не в достаточном объеме производит расчеты материальных и тепловых балансов с определением расходных коэффициентов по сырью, воде, тепло- и энергоносителям;	производит расчеты материальных и тепловых балансов с определением расходных коэффициентов по сырью, воде, тепло- и энергоносителям;	выявляет недостатки и намечает пути совершенствования существующего производства;
ИД-3 осуществляет подготовку элементов документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов работ	ПК-2	не применяет методы расчета материальных и тепловых балансов с определением расходных коэффициентов по сырью, воде, тепло- и энергоносителям;	не в достаточном объеме применяет методы расчета материальных и тепловых балансов с определением расходных коэффициентов по сырью, воде, тепло- и энергоносителям;	применяет методы расчета материальных и тепловых балансов с определением расходных коэффициентов по сырью, воде, тепло- и энергоносителям;	применяет методы выявления недостатков и путей совершенствования существующего производства;

Тематический план дисциплины

№	Раздел (тема) дисциплины	Реализуемые компетенции, индикаторы	Контактная работа обучающихся с преподавателем, часов				Самостоятельная работа, часов
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Групповые консультации	
Очная форма обучения							
1	Введение	ПК-1 ИД-1	2				10
2	Сырьевая база ХТОВ.	ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3 ПК-2 ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2 ИД-3	2				10

3	Процессы пиролиза и термического крекинга.	ПК-1 ИД-1 ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3 ПК-2 ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2 ИД-3	4	2			10
4	Процессы окисления.		4	4			10
5	Процессы алкилирования.		4				10
6	Процессы гидрирования и дегидрирования		4	4			10
7	Синтезы на основе оксида углерода и водорода		4				10
8	Этерификация и сульфирование.		2				10
9	Экологические аспекты ХТОВ	ПК-1 ИД-1 ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3 ПК-2 ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2 ИД-3	2	8			10

№	Раздел (тема) дисциплины	Реализуемые компетенции, индикаторы	Контактная работа обучающихся с преподавателем, часов				Самостоятельная работа, часов
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Групповые консультации	
Заочная форма обучения							
1	Введение	ПК-1 ИД-1	2	2			16
2	Сырьевая база ХТОВ.	ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3 ПК-2 ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2 ИД-3	2	2			16
3	Процессы пиролиза и термического	ПК-1 ИД-1 ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3					16

	о крекинга.	ПК-2 ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2 ИД-3					
4	Процессы окисления.						16
5	Процессы алкилирования.						16
6	Процессы гидрирования и дегидрирования						16
7	Синтезы на основе оксида углерода и водорода						8
8	Этерификация и сульфирование.		2				10
9	Экологические аспекты ХТОВ	ПК-1 ИД-1 ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3 ПК-2 ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2 ИД-3	2	8			10

Приступая к работе, каждый студент должен принимать во внимание следующие положения. Дисциплина (модуль) построена по тематическому принципу, каждая тема представляет собой логически завершённый раздел.

Лекционный материал посвящён рассмотрению ключевых, базовых положений дисциплины (модуля) и разъяснению учебных заданий, выносимых на самостоятельную работу студентов.

Лабораторные работы направлены на приобретение опыта практической работы в соответствующей предметной области.

Практические занятия проводятся с целью закрепления усвоенной информации, приобретения навыков ее применения при решении практических задач в соответствующей предметной области.

Самостоятельная работа студентов направлена на самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовку к практическим занятиям, а также выполнения всех видов самостоятельной работы.

Для успешного освоения дисциплины, необходимо выполнить все виды самостоятельной работы, используя рекомендуемые источники информации.

6. Вопросы к зачету с оценкой

1. Предмет и задачи химической технологии органических веществ.
2. Классификация органических продуктов (основной, тонкий органический синтез, нефтехимия).
3. Основные технико-экономические показатели: конверсия, селективность, выход (теоретический и практический).
4. Расходные коэффициенты по сырью и энергии: методика расчета.
5. Принципы составления материального и теплового балансов химико-технологического процесса.

6. Классификация химических реакторов, применяемых в органическом синтезе.
7. Природный газ как сырье для органического синтеза. Состав и способы переработки.
8. Нефть и нефтепродукты: фракционный состав и использование в ХТОВ.
9. Уголь и биомасса как альтернативные источники сырья для органического синтеза.
10. Процесс пиролиза углеводородного сырья: целевые продукты и механизм реакций.
11. Технология разделения продуктов пиролиза: газоразделение, ректификация.
12. Производство синтез-газа: методы конверсии метана (паровая, уголекислотная, парциальное окисление).
13. Синтез метанола: катализаторы, условия процесса, технологическая схема.
14. Производство формальдегида окислением метанола: сравнение методов.
15. Прямое окисление этилена в оксид этилена: катализаторы и температурный режим.
16. Технология получения ацетальдегида (Wacker-процесс и гидратация ацетилен).
17. Производство уксусной кислоты: карбонилирование метанола и окисление ацетальдегида.
18. Процессы гидрирования в органическом синтезе: примеры, катализаторы, условия.
19. Дегидрирование этилбензола в стирол: термодинамика и аппаратное оформление.
20. Алкилирование бензола этиленом: получение этилбензола (катализаторы, аппараты).
21. Кумольный способ получения фенола и ацетона: химия и технология процесса.
22. Хлорирование метана: механизм, распределение продуктов, способы разделения хлорметанов.
23. Производство винилхлорида: комбинированный метод из этилена и ацетилен.
24. Жидкофазное и паровое нитрование органических соединений.
25. Сульфирование органических веществ: реагенты, условия, применение продуктов.
26. Технология производства капролактама: основные стадии.
27. Получение адипиновой кислоты и гексаметилендиамина (сырье для нейлона).
28. Производство терефталевой кислоты и этиленгликоля (сырье для ПЭТ).
29. Радикальная полимеризация этилена при высоком давлении (ПЭНП).
30. Каталитическая полимеризация этилена и пропилена (ПЭВП, ПП).
31. Производство синтетических каучуков: получение бутадиена и изопрена.
32. Гомогенный и гетерогенный катализ в органическом синтезе: преимущества и недостатки.
33. Проблема дезактивации катализаторов и способы их регенерации.
34. Теплообменные процессы в реакторах органического синтеза: способы съема тепла экзотермических реакций.
35. Разделение многокомпонентных смесей органических веществ (экстракция, адсорбция).
36. Принципы «Зеленой химии» в современной технологии органических веществ.
37. Очистка сточных вод и газовых выбросов производств органического синтеза.
38. Использование рециркуляционных схем в ХТОВ для экономии сырья.
39. Пожаро- и взрывоопасность производств ХТОВ: меры предупреждения.
40. Перспективы развития органического синтеза: C1-химия, использование CO₂.

7 Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Самостоятельная работа студента в ходе **лекционных занятий** включает изучение вопросов теории, вынесенных на самостоятельное изучение в соответствии с рабочей программой дисциплины, проработку лекционных материалов для подготовки к контролю знаний на лекционных занятиях (опрос) и подготовку вопросов для обсуждения при консультации с преподавателем.

Работа с лекционным материалом не завершается по окончании лекции. На 2 часа лекции необходимо затратить около часа на работу с конспектом. За это время необходимо перечитать записи, пополнить их данными, которые удалось запомнить из речи преподавателя, но не удалось

записать. Работая с конспектом, нужно отметить непонятные вопросы для выяснения которые у преподавателя на консультации. Отдельно следует выделить связанные с темой лекции вопросы, которые преподаватель поручил проработать самостоятельно.

Вопросы для самостоятельного изучения представлены в п. 5.

Самостоятельная работа в ходе **практических** работ включает выполнение заданий к практическим занятиям, в частности решение задач различного уровня сложности. Задачи приведены в методических указаниях к практическим занятиям и фондах оценочных средств.

Зная тему практического занятия, необходимо готовиться к нему заблаговременно. Для эффективной подготовки к практическому занятию необходимо иметь методическое руководство к практическим работам.

Критерии оценивания практических занятий представлены в фонде оценочных средств.

При проверке практического задания, оцениваются: последовательность и рациональность изложения материала; полнота и достаточный объем ответа; научность в оперировании основными понятиями; использование и изучение дополнительных литературных источников.

Самостоятельная работа в ходе подготовки **курсовой работы**. Студенты выполняют КР по индивидуальным темам, выбираемым по согласованию с преподавателем, в соответствии с приведенной тематике. КР выполняется печатным способом и в виде презентации.

КР являются важнейшим средством изучения учебных дисциплин, повышения теоретического и методического уровня знаний студентов. Это самостоятельная научно-исследовательская работа студента, где раскрывается суть исследуемой студентом проблемы, изложение материала носит проблемно-тематический характер, показываются различные точки зрения, а также собственные взгляды на проблему.

Выполнение письменных заданий поможет поэтапно включиться в учебно-исследовательскую, а затем в научно-исследовательскую работу, которая способствует формированию творческих качеств и творческого отношения к своей профессии.

Самостоятельная работа студентов в ходе выполнения **лабораторного практикума** включает несколько видов работы:

- подготовку к выполнению работы в составе группы;
- оформление отчета о лабораторной работе;
- подготовку к защите отчета о лабораторной работе.

При подготовке к выполнению лабораторной работы студенты должны изучить методические указания к лабораторной работе, обратив внимание на последовательность действий при её выполнении и технику безопасного её проведения. На этом этапе студенты должны четко представлять сущность изучаемых процессов, а также факторы, обеспечивающие получение достоверных данных и организовать работу в группе, распределив между собой обязанности при выполнении работы. Эта подготовка должна быть проведена до начала занятий в лаборатории. Выполнение опыта по мере чтения методички на самом занятии, как правило, провоцирует ошибки в последовательности выполнения эксперимента. Требования к оформлению отчетов о лабораторных работах приведены в методических указаниях к лабораторным работам по дисциплине.

Подготовка к защите отчета о лабораторной работе обеспечивает приобретение и развитие умений работы с учебными пособиями, методическими материалами, информационными ресурсами разного рода. Контрольные вопросы и рекомендуемая литература для подготовки приведены в методических указаниях к лабораторным работам по дисциплине. Критерии оценки при сдаче отчета о лабораторной работе включают:

- наличие отчета о лабораторной работе и соответствие его требованиям по содержанию и оформлению;
- владение основными теоретическими положениями по теме лабораторной работы в соответствии с контрольными вопросами;
- умение анализировать полученные результаты и делать практические выводы.

8 Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа является одним из видов учебной деятельности обучающихся, способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Аудиторная самостоятельная работа по учебной дисциплине осуществляется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется по заданию преподавателя без его непосредственного участия.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы, их содержание и характер могут иметь вариативный и дифференцированный характер, учитывать специфику изучаемой учебной дисциплины, индивидуальные особенности обучающегося.

Контроль самостоятельной работы и оценка ее результатов организуется как единство двух форм:

1. самоконтроль и самооценка обучающегося;
2. контроль и оценка со стороны преподавателя.

9 Методические рекомендации при работе над конспектом во время проведения лекции

В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

В ходе подготовки к семинарам изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Подготовить тезисы для выступлений по всем учебным вопросам, выносимым на семинар. Готовясь к докладу или реферативному сообщению, обращаться за методической помощью к преподавателю. Составить план-конспект своего выступления. Продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с реальной жизнью. Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении настоящих рекомендаций и изучении рекомендованной литературы. Студент может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании работ.

10 Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

Практическое занятие – один из самых эффективных видов учебных занятий, на которых студенты учатся творчески работать, аргументировать и отстаивать свою позицию, правильно и доходчиво излагать свои мысли перед аудиторией. Основное в подготовке и проведении практических занятий – это самостоятельная работа студента над изучением темы. Студент обязан точно знать план занятия либо конкретное задание к нему. На занятии

обсуждаются узловые вопросы темы, однако там могут быть и такие, которые не были предметом рассмотрения на лекции. Могут быть и специальные задания к той или иной теме.

Готовиться к практической работе следует заранее. Необходимо внимательно ознакомиться с планом и другими материалами, уяснить вопросы, выносимые на обсуждение. Затем нужно подобрать литературу и другой необходимый, в т.ч. рекомендованный, материал (через библиотеку, учебно-методический кабинет кафедры и др.). Но прежде всего, следует обратиться к своим конспектам лекций и соответствующему разделу учебника. Изучение всех источников должно идти под углом зрения поиска ответов на выносимые на практико-ориентированные занятия вопросы.

Завершающий этап подготовки к занятиям состоит в выполнении индивидуальных заданий.

В случае пропуска занятия студент обязан подготовить материал и отчитаться по нему перед преподавателем в обусловленное время. Может быть предложено отдельным бакалаврам, ввиду их слабой подготовки, более глубоко освоить материал и прийти на индивидуальное собеседование.

Студент не допускается к промежуточной аттестации, если у него есть задолженность по практическим работам.