



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.
Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИММиМ
А.С. Савинов

25.04.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ПОЛУЧЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО ЖИДКОГО ТОПЛИВА

Направление подготовки (специальность)
18.04.01 Химическая технология

Направленность (профиль/специализация) программы
Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очно-заочная

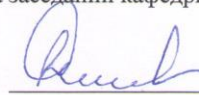
Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Металлургии и химических технологий
Курс	2

Магнитогорск
2025 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология (приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 910)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Металлургии и химических технологий
16.04.2025, протокол № 8

Зав. кафедрой



А.С. Харченко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ
25.04.2025 г. протокол № 7

Председатель



А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

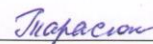
доцент кафедры кафедры МиХТ, канд. хим. наук



С.А. Крылова

Рецензент:

доцент Химии, канд. [хим. наук



Е.Г. Тарасюк

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Харченко

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Харченко

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Харченко

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

получение студентами знаний о методах и сущности процессов получения синтетического жидкого топлива; физико-химических особенностях поведения сырьевых материалов в технологических условиях, формирование практических умений и навыков использования основных теоретических закономерностей при выполнении техно-химических расчетов, формирование способности прогнозировать характер, свойства и область применения получаемых продуктов.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Получение синтетического жидкого топлива входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Новые технологии в переработке топлива

Анализ и синтез химико-технологических систем

Оборудование и технология переработки твёрдого топлива

Химия гетероциклических соединений

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Производственная - преддипломная практика

Производственная - технологическая (производственно-технологическая) практика

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Получение синтетического жидкого топлива» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-4	Способен выполнять производственные задачи по выпуску товарной продукции топливно-энергетического комплекса
ПК-4.1	Оценивает параметры и режимы технологических процессов, вносит предложения по их совершенствованию, анализирует результаты производственной деятельности в топливно-энергетическом комплексе

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 9,1 акад. часов;
- аудиторная – 8 акад. часов;
- внеаудиторная – 1,1 акад. часов;
- самостоятельная работа – 95 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет, курсовая работа

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. 1.Основные пути переработки природного газа								
1.1 Методы получения синтез-газа: Паровая конверсия метана Парциальное окисление метана Автотермический риформинг Газификация угля	2			1	10	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Подготовка к практическому занятию, собеседованию, выполнение курсовой работы, подготовка к зачету	Работа на практическом занятии, собеседование, курсовая работа. Зачет	ПК-4.1
1.2 Альтернативные пути окисления метана в синтез -газ					1	10	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Подготовка к практическому занятию, собеседованию, выполнение курсовой работы, подготовка к зачету	Работа на практическом занятии, собеседование, курсовая работа. Зачет
Итого по разделу				2	20			
2. 2. Синтез углеводородов по методу Фишера-Тропша								
2.1 Аппараты синтеза Фишера-Тропша.	2			1	10	Самостоятельное изучение учебной и	Работа на практическом занятии,	ПК-4.1

						научной литературы. - Подготовка к практическому занятию, собеседованию, выполнение курсовой работы, подготовка к зачету	собеседование, курсовая работа. Зачет	
2.2 Переработка продуктов синтеза Фишера-Тропша (олефинов и парафинов). Утилизация побочного продукта синтеза Фишера-Тропша - воды	2			1	11	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Подготовка к практическому занятию, собеседованию, выполнение курсовой работы, подготовка к зачету	Работа на практическом занятии, собеседование, курсовая работа. Зачет	ПК-4.1
Итого по разделу				2	21			
3. 3. Синтез метанола и процессы его переработки в ценные химические продукты								
3.1 Синтез метанола. Структура современного потребления метанола	2			1	14	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Подготовка к практическому занятию, собеседованию, выполнение курсовой работы, подготовка к зачету	Работа на практическом занятии, собеседование, курсовая работа. Зачет	ПК-4.1
3.2 Варианты переработки метанола в компоненты моторных топлив. Технология MTG Варианты переработки метанола в химические продукты и материалы (формальдегид, уксусную кислоту) Переработка метанола в олефины (процессы МТО и МТР)				1	14	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Подготовка к практическому занятию, собеседованию, выполнение курсовой работы, подготовка к зачету	Работа на практическом занятии, собеседование, курсовая работа. Зачет	ПК-4.1
Итого по разделу				2	28			
4. 4. Получение сжиженного природного газа								
4.1 Области применения сжиженного газа. Основы	2			1	11	Самостоятельное изучение	Работа на практическом	ПК-4.1

технологии сжижения газа						учебной и научной литературы. - Подготовка к практическому занятию, собеседованию, выполнение курсовой работы, подготовка к зачету	занятии, собеседование, курсовая работа. Зачет	
Итого по разделу				1	11			
5. 5. Характеристика и возможности использования продуктов переработки								
5.1 Характеристика и возможности использования продуктов “Синтетическая нефть” и синтетические парафины, получаемые в реакторе синтеза ФишераТропша. Характеристика и возможности использования продуктов: синтетические дистилляты (дизельный дистиллят, синтетический керосин) Специфические экологические риски процессов переработки природного газа	2			1	15	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Подготовка к практическому занятию, собеседованию, выполнение курсовой работы, подготовка к зачету	Работа на практическом занятии, собеседование, курсовая работа. Зачет	ПК-4.1
Итого по разделу				1	15			
Итого за семестр				8	95		зачёт,кр	
Итого по дисциплине				8	95		зачет, курсовая работа	

5 Образовательные технологии

Проектирование обучения строится на основе следующих принципов:

- Обучение на основе интеграции с наукой и производством.
- Профессионально-творческая направленность обучения.
- Ориентированность обучения на личность.
- Ориентированность обучения на развитие опыта самообразовательной деятельности будущего специалиста.

Для достижения планируемых результатов обучения используются различные образовательные технологии:

1. Традиционные образовательные технологии: практические занятия.

2. Информационно-коммуникационные образовательные технологии:

Практическое занятие в форме презентации – представление результатов с использованием специализированных программных сред.

3. Информационно-развивающие технологии, направленные на формирование системы знаний, запоминание и свободное оперирование ими. При самостоятельном изучении литературы применение современных информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации.

4. Деятельностные практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений при разборе конкретных ситуаций, основанных на практических примерах, обеспечивающих возможность качественно выполнять профессиональную деятельность.

5. Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способности видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их решения.

6. Интерактивные технологии: коллективное обсуждение какого-либо спорного вопроса, проблемы, выявление мнений в группе. Изложение проблем и их совместное решение.

7. Личностно-ориентированные технологии обучения, обеспечивающие в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе. Личностно-ориентированные технологии обучения реализуются в результате индивидуального общения преподавателя и студента, при выполнении курсовой работы, на консультациях.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Технология переработки углеводородных газов : учебник для вузов / В. С. Арутюнов, И. А. Голубева, О. Л. Елисеев, Ф. Г. Жагфаров. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 723 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12398-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/447433> .

б) Дополнительная литература:

1. Основы проектирования процессов переработки природных энергоносителей: Учебное пособие / Кравцов А.В., Самборская М.А., Вольф А.В., - 2-е изд. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 166 с. / Издательство «ИНФРА-М» Электронно-библиотечная система. <https://znanium.com/read?id=268307>
2. Рябов, В. Д. Химия нефти и газа : учебное пособие / В.Д. Рябов. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 311 с. . — DOI 10.12737/1017513. - ISBN 978-5-16-015106-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1971815> – Режим доступа: по подписке.
3. Комиссаров, Ю. А. Химическая технология: многокомпонентная ректификация : учебное пособие для вузов / Ю. А. Комиссаров, К. Ш. Дам. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 255 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05626-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/viewer/himicheskaya-tehnologiya-mnogokomponentnaya-rektifikaciya-454367#page/1>

в) Методические указания:

- Смирнов, А. Н. Теоретические основы химико-технологических процессов : учебное пособие / А. Н. Смирнов, С. А. Крылова, В. И. Сысоев ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2066> . - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.
- Крылова, С. А. Производство метанола : практикум [для вузов] / С. А. Крылова, Д. И. Алексеев ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2023. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/21173> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое	бессрочно
Браузер Yandex	свободно распространяемое	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный	URL: http://www1.fips.ru/
Национальная информационно-аналитическая система –	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/

Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебная аудитория для проведения практических занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Доска, учебные столы, стулья, Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Учебные аудитории для самостоятельной работы обучающихся Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования Стеллажи для хранения оборудования

Методическая литература для учебных занятий

Инструменты для ремонта и профилактического обслуживания учебного оборудования

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Примеры расчетных заданий:

1. Для реакции $A = C + 2 D$ рассчитайте состав реакционной смеси, если начальное количество реагента А – 30 моль, а степень его превращения – 0,8.
2. Для реакции $C_2H_4 + H_2O \rightleftharpoons C_2H_5OH$ определите возможность протекания в прямом направлении и константу равновесия при стандартных условиях и при температуре 700 К (воспользовавшись уравнением Темкина-Шварцмана).
3. При синтезе аммиака газ, выходящий из колонны, имеет состав (об.%): NH_3 -17,0; N_2 – 11,0; H_2 – 72,0. Рассчитать соотношение $N_2 : H_2$ в исходной смеси.
4. Некоторая химическая реакция протекающая без катализатора имеет энергию активации $E_1 = 5 \cdot 10^4$ кДж/моль и константу скорости k_1 при температуре 500 °С. В присутствии катализатора при этой же температуре энергия активации составила $E_2 = 3,5 \cdot 10^4$ кДж/моль, а константа скорости k_2 . Определите:
 - а) во сколько раз увеличится скорость каталитической реакции по сравнению с некаталитической при тех же условиях?
 - б) при какой температуре каталитическая реакция будет протекать с такой же скоростью, что и некаталитическая при 500 °С.

Составление материального баланса

Составить материальный баланс окисления аммиака (на 1 т азотной кислоты). Степень окисления NH_3 до NO - 0,97; до N_2 - 0,03; NO до NO_2 - 1,00. Степень абсорбции 0,92. Содержание аммиака в сухой аммиачно – воздушной смеси 7,13% (масс.). Воздух насыщен парами воды при 30°С. Относительная влажность 80%.

Составление теплового баланса

Составить тепловой баланс реактора для получения водорода каталитической конверсией метана. Состав исходной газовой смеси (м³): CH_4 - 97,8; H_2O - 250,0. Потери теплоты составляют 4% от прихода. Температура смеси на входе в реактор - 380°С, на выходе 800°С.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде изучения литературы по соответствующему разделу с проработкой материала; выполнения домашних заданий.

Домашнее задание включает в себя:

- Подготовку и оформление материалов по анализу и синтезу различных систем химического производства (по заданию преподавателя или выбору студента, согласованного с преподавателем).

Примеры индивидуальных домашних заданий (ИДЗ):

ИДЗ №1 Провести анализ работы бензольного отделения в условиях АО «Уральская Сталь» с целью увеличения степени извлечения бензольных углеводородов из коксового газа, стабилизации работы и улучшения технико-экономических показателей ХТС производства сырого бензола.

ИДЗ №2 Провести анализ подсистемы термохимической очистки печного агрегата линии АНГЦ-3 ПАО «ММК» и сформулировать рекомендации по улучшению качества очистки и подготовки поверхности полосы.

ИДЗ №3 Провести анализ эффективности работы искрового спектрометра марки «SpectroMAXx-2», используемого в лаборатории аналитической химии ПАО «ММК» на участке ПМП и ЛПЦ-8. Сформулировать рекомендации по устранению недостатков в его работе и повышения точности результатов анализа.

Методические указания к выполнению домашнего индивидуального задания

Рекомендуемое название разделов в пояснительной записке

1. Содержание.
2. Задание.
3. Введение.
4. Синтез ХТС.
 - 4.1. Обоснование создания эффективной ХТС;
 - 4.2. Определение технологической топологии ХТС;
 - 4.3. Установление технологических и конструкционных параметров ХТС, технологических параметров режима и потоков;
 - 4.4. Изображение графических моделей ХТС (функциональной, структурной, операторной, технологической схемы с описанием).
5. Анализ ХТС.
 - 5.1. Представление изучаемого объекта в виде иерархической структуры ХТС;
 - 5.2. Построение математической модели ХТС; (при возможности или внести этот раздел после изучения других соответствующих дисциплин)
 - 5.3. Изучение свойств и эффективности функционирования ХТС
6. Заключение.
7. Список использованной литературы.

Раздел «Задание». В нем должен быть указан конкретный тип производственного процесса, для которого будет проводиться синтез и анализ ХТС. Здесь же приводится задача, которую следует решать для изучения свойств и эффективности функционирования ХТС.

Во введении (ориентировочно 1-3 стр.) в краткой и четкой форме должны быть сформулированы и обоснованы основные пути развития рассматриваемого производства, сформулирована цель работы, оценена актуальность выбранной темы и пути решения поставленной задачи.

Раздел 4. Синтез ХТС представляет одну из главных составных частей расчетно-пояснительной записки. Любой рассматриваемый химико-технологический процесс или химико-технологическое производство следует представлять как сложную ХТС, состоящую из большого числа аппаратов и связей между ними. Конечная цель синтеза (разработки) ХТС – создание высокоэффективного химического производства, т.е. производства, позволяющего получать продукцию не только в заданном объеме и требуемого качества, но и экономически целесообразным путем.

Раздел 4.1. Обоснование создания высокоэффективных ХТС. Проводится на основе литературных данных. В кратком обзоре литературы (ориентировочно 5-10 страниц) должен содержаться критический анализ данных о рассматриваемом производстве, имеющихся в учебниках, монографиях, периодической и патентной литературе. В обзоре должны быть обозначены наиболее прогрессивные технологические схемы и оборудование, предложена такая схема технологического процесса, которая позволит выпускать продукцию высокого качества с наименьшими затратами материальных и энергетических ресурсов и одновременно обеспечит требования, предъявляемые к защите окружающей среды. При этом в литературном обзоре должны быть названы пути создания эффективной технологической схемы (введение циклических потоков, схем замкнутого водооборота, замена оборудования более прогрессивным, введение изменений в технологический процесс и т.д.).

Раздел 4.2. Определение технологической топологии ХТС. Технологической топологией ХТС называют характер и порядок соединения отдельных аппаратов в технологической схеме. С учетом литературной проработки на отдельной странице студент должен выбрать аппараты схемы, определить характер связей между аппаратами, установить оптимальный порядок соединения отдельных элементов в технологическую схему.

Раздел 4.3. Установление технологических и конструкционных параметров ХТС, технологических параметров режима и потоков.

В этом разделе расчетно-пояснительной записки следует на отдельной странице (можно в виде таблицы) указать значения входных переменных, т.е. физические параметры входных потоков сырья (температуры, давления и др.), технологических параметров ХТС (степень превращения сырья, степень разделения химических компонентов, констант скоростей реакций, коэффициентов массо- и теплопередачи и т.п.), конструкционных параметров ХТС (геометрических характеристик аппаратного оформления – объема химического реактора, основного сечения аппарата, высоты слоя насадки и т.п.), параметров технологического режима в

аппаратах (элементах ХТС) – температуры, давления, активности применяемого катализатора, условий гидродинамики потоков компонентов; параметров технологических потоков (массовый расход, температура, давление, концентрация веществ в потоке и т.п.).

Раздел 4.4. Изображение графических моделей ХТС.

Качественные (обобщенные) модели существуют двух видов: операционно-описательные и иконографические.

Иконографические модели связаны с наглядным графическим изображением, чертежом. Это различные виды схем химико-технологического процесса, выполненных в виде чертежей: функциональная, структурная, операторная, технологическая.

Функциональная схема дает общее представление о процессе функционирования ХТС. По ней можно определить, какие операции совершаются в производстве и в какой последовательности. Сведений о типах отдельных элементов функциональная схема не дает.

Структурная схема дает изображение всех элементов ХТС в виде блоков и технологических связей между ними.

Операторная схема дает наглядное представление о физико-химической сущности технологических процессов системы.

Технологическая схема дает наиболее качественное представление о процессе. Каждый элемент процесса показан в виде условного общепринятого стандартного изображения. По схеме можно судить о типах и способах соединения элементов, о последовательности отдельных технологических процессов.

Все модели рассматриваемой ХТС представляются полно, каждая на отдельном листе. Вначале приводится химическая схема ХТС в стехиометрической форме, далее последовательно функциональная, структурная, операторная, технологическая.

Изображение технологической схемы сопровождается описанием технологического процесса.

Описание технологического процесса проводится с учётом последовательности основных технологических операций в соответствии с выбранной технологической схемой производства и её аппаратным оформлением. В описании указываются назначение отдельных стадий, физико-химическая сущность процессов, номера позиций с технологической схемы. Приводится краткое описание работы основного оборудования.

Раздел 5. Анализ ХТС – т.е. получение сведений о функционировании ХТС в зависимости от выбранной химической схемы, структуры технологических связей между элементами и подсистемами, а также от конструктивных и технологических параметров, исходя из заданных свойств и показателей функционирования, имеющих оптимальное значение.

Раздел 5.1. Иерархическая структура ХТС представляет собой возрастающую по масштабам последовательность:



Иерархическая структура ХТС показывает наличие отношений соподчиненности между уровнями (подсистемами) и существование взаимосвязи между подсистемами одного и того же уровня.

Раздел 5.2. Сущность математического моделирования, являющегося математическим методом химической кибернетики, заключается в том, что детальное изучение процесса производится на математической модели при помощи ЭВМ.

Математическое моделирование осуществляется в три взаимосвязанные стадии:

- 1) формализация изучаемого процесса - построение математической модели (составление математического описания);
- 2) программирование решения задачи (алгоритмизация), обеспечивающее нахождение численных значений определяемых параметров;
- 3) установление соответствия (адекватности) модели изучаемому процессу.

Математическое моделирование начинается с составления собственно математической модели. Эта модель, отражающая соответствующий физический или химический процесс, представляется в виде определенной математической записи, объединяет опытные факты и устанавливает взаимосвязь между параметрами исследуемого процесса; при этом используются теоретические методы и необходимые экспериментальные данные.

Конечной целью разработки математических моделей является прогноз результатов проведения процесса и выработка рекомендаций по возможным воздействиям на его ход.

При отсутствии достаточной информации об описываемом процессе, его изучение начинается с построения простейших моделей, но без нарушения основной качественной специфики исследуемого процесса.

При выполнении домашнего задания студентам предлагается установить основные закономерности протекания исследуемого процесса и составить математические уравнения используя литературные данные об описываемом процессе и опираясь на базовые законы химии – закон действия масс, принцип Ле-Шателье и др.

Математическая модель может быть двух уровней:

$$y_k = f(x_k, z_k, u_k)$$

- *описание элемента ХТС*

где X_k – параметр состояния потока на входе в k -тый аппарат (элемент);

Z_k - конструкционный параметр элемента;

U_k – управляющий параметр;

Y_k – параметр потока на выходе из k -того аппарата.

- *описание технологических связей между аппаратами*

$$X_k = \alpha_{L-k} * y_L,$$

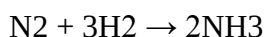
где α_{L-k} - для потока, выходящего из L -го аппарата и входящего в k -тый аппарат;

y_L - параметр состояния потока, выходящего из L -ого аппарата.

ПРИМЕР:

Создать математическую модель и выявить пути повышения эффективности процесса синтеза аммиака.

Химическая схема процесса



Скорость прямой реакции выражается уравнением

$$v = k[N_2] * [H_2]^3$$

Принимая, что $[N] = \text{const}$, можно записать:

$$y = k_1 * x_1^3$$

где y - скорость прямой реакции

k_1 - коэффициент пропорциональности

x_1 - концентрация водорода [Н].

Принимая, что температурный коэффициент скорости данной химической реакции равен 2.7, можно записать, что

$$y = k_1 \cdot x_1^3 \cdot 2,7^{\frac{x_2}{10}}$$

где x_2 – изменение температуры химической реакции ΔT .

Поскольку процесс синтеза происходит в газовой фазе, можно количественно оценить влияние давления в системе на скорость химического процесса. Так, при увеличении давления в системе, эквивалентного уменьшению объема системы в 2 раза (при этом во столько же раз происходит повышение концентраций реагирующих веществ), скорость прямой реакции возрастает в 16 раз. Таким образом правомерно записать

$$y = k_1 \cdot x_1^3 \cdot 2,7^{\frac{x_2}{10}} \cdot 4^{x_3}$$

где x_3 – изменение давления, соответствующее уменьшению объема системы в 2 раза.

Анализируя полученную математическую зависимость можно сделать вывод о характере влияния основных технологических параметров (концентрации исходных реагентов, температуры и давления) на скорость прямой химической реакции.

Раздел 5.3. Изучение свойств и эффективности функционирования ХТС.

Производится путем выполнения технологических расчетов для ХТС, которые (по заданию) могут включать:

- определение теоретических расходных коэффициентов рассматриваемого производства;
- определение фактических расходных коэффициентов рассматриваемого производства;
- определение технического состава продукта;
- составление материального баланса отдельного узла, химического реактора или процесса;
- составление теплового баланса отдельного узла, химического реактора или процесса.

Расчет теоретических расходных коэффициентов производится в соответствии со стехиометрическими уравнениями химической реакции, протекающей в рассматриваемой ХТС.

Расчет фактических расходных коэффициентов производится с учетом возможного меняющегося технического состава продуктов при их хранении и транспортировке, а также с учетом потерь сырья и возвратных (или безвозвратных отходов).

Материальный баланс рассматриваемой ХТС или её подсистемы строится на основе закона сохранения массы с учетом стехиометрических балансовых соотношений и может быть представлен таблицей, диаграммой и т.д. Тепловой баланс рассматриваемой ХТС или её подсистемы строится на основе закона сохранения энергии с учетом термохимических, термодинамических балансовых соотношений.

Кроме расчетных характеристик для оценки эффективности функционирования ХТС можно использовать экологические рекомендации, которые носили бы описательный характер или конкретную информацию по охране окружающей среды.

В этом разделе курсовой работы могут приводиться схемы обезвреживания, химизмы процессов, протекающих с целью обезвреживания отходящих газов или стоков, особенности аппаратного оформления этих процессов, характеристика применяемых для обезвреживания веществ, материалов и др.

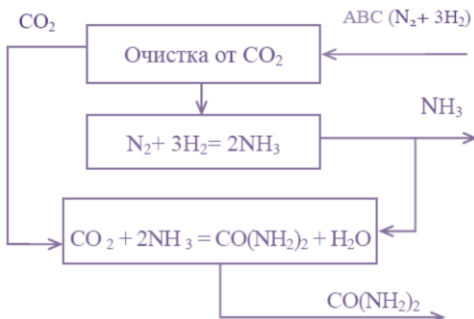
Раздел «Заключение» (ориентировочный объем 1 страница). Формулируются краткие выводы, вытекающие из выполненной работы. В них характеризуются техническое решение выбранной технологической схемы, дается оценка рекомендуемого процесса, его технико-экономической эффективности, решения вопросов охраны окружающей среды.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-4: Способен выполнять производственные задачи по выпуску товарной продукции топливно-энергетического комплекса		
ПК-4.1	Оценивает параметры и режимы технологических процессов, вносит предложения по их совершенствованию, анализирует результаты производственной деятельности в топливно-энергетическом комплексе	– На примере ХТС производства аммиака А) Провести логическое расчленение ХТС, определить критерии эффективности выделенных элементов ХТС Б) Провести анализ условий функционирования выделенных элементов ХТС, их взаимосвязи и влияния на выбранные критерии эффективности. В) Рассмотреть несколько вариантов функционирования, указать их достоинства и недостатки. – Объяснить, в чем заключается улучшение организации ХТС производства HNO_3 по рис.а и б?

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		– – воздушный фильтр: 2 - компрессор; 3 - смеситель; 4 - испаритель; 5 - теплообменник; 6-реактор; 7- котел-утилизатор; 8 - холодильник; 9 - окислитель; 10 - холодильник конденсатор; – 11 - абсорбционная колонна – Составьте химическую модель, функциональную схему процесса получения водорода конверсией метана. Выделите подсистему (на выбор), определите критерии ее эффективности. – Производство аммиака из природного газа можно представить химической схемой: $CH_4 + 2H_2O = CO_2 + 4H_2$ $3H_2 + N_2 = 2NH_3$ или суммарным уравнением $3CH_4 + 6H_2O + 4N_2 = 3CO_2 + 8NH_3 .$

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		Теоретически на производство 1т NH_3 необходимо затратить 494 м³ природного газа (метана). Реальный расходный коэффициент составляет более 1000 м³/1т NH_3. Назовите возможные причины дополнительного расхода природного газа. – При получении аммиака из азото-водородной смеси (ABC), очистка ABC от остатков CO осуществляется в реакторе метанирования по реакции $CO + H_2 = CH_4 + H_2O$. Какие последствия могут возникнуть в подсистеме синтеза аммиака при уменьшении степени гидрирования CO? – Какое комбинированное производство может соответствовать представленной схеме? Опишите его.  <pre> graph TD ABC[ABC (N2 + 3H2)] --> Pur[Очистка от CO2] Pur --> NH3Syn[N2 + 3H2 = 2NH3] CO2In[CO2] --> Pur CO2In --> UreaSyn[CO2 + 2NH3 = CO(NH2)2 + H2O] NH3Syn -- NH3 --> UreaSyn UreaSyn --> UreaOut[CO(NH2)2] </pre>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		– Энтальпия реакции нейтрализации аммиака 52,5%-ной азотной кислотой $\Delta H = -106,09$ кДж/моль. Определите, сколько воды может испариться за счет теплоты реакции нейтрализации 212,5кг аммиака. Энтальпия парообразования воды $\Delta H = -2684$ кДж/кг. – С хлорного электролизера диафрагменного типа нагрузкой 40 кА за сутки получен щелок объемом $10,6 \text{ м}^3$, содержащий 130 кг/м^3 едкого натра. Определите выход щелочи по току. – В схеме реактора с выносным теплообменником имеется обратная связь по теплу между входящим и выходящим потоками с температурами $T_{\text{вх}}$ и $T_{\text{вых}}$ соответственно. К каким последствиям может привести кратковременное повышение (понижение) температуры на выходе из реактора $T_{\text{к}}$? Как это будет связано с чувствительностью системы? 1. Определите последовательность этапов исследования и анализа

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		химико-технологических систем (ХТС): а. выделение связей между элементами, ответственных за проявление интересующих свойств ХТС; б. исследование ХТС – решение математического описания ХТС и расчет показателей функционирования ХТС, определение свойств, изучение эволюции ХТС для улучшения ее показателей и свойств; с. выделение элементов, определяющих интересующие или необходимые свойства ХТС; д. установление зависимости параметров выходных потоков от параметров входных потоков для каждого элемента, т.е. создание математической модели ХТС. А) д а б с Б) б с д а С) с д а б Д) с а д б 2. Для чего используют математические модели ХТС А) для наглядного отражения основных связей ХТП и их взаимосвязи Б) для решения на компьютерах и расчетов материально-тепловых балансов, последующего вычисления необходимых показателей функционирования ХТС С) для снижения энергоемкости продукции Д) для украшения научных отчетов

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		3. К методам решения задач синтеза ХТС не относится А) декомпозиционный Б) интегральный В) эвристический Г) термодинамический 4 Для <i>нестационарного</i> процесса справедливо А) $dq/dt \neq 0$ и $dN/dt \neq 0$ Б) $dq/dt \neq 0$ и $dN/dt = 0$ В) $dq/dt = 0$ и $dN/dt \neq 0$ Г) $dq/dt = 0$ и $dN/dt = 0$

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Анализ и синтез химико-технологических систем» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач:

- дается комплексная оценка предложенной ситуации;
- демонстрируются глубокие знания теоретического материала и умение их применять;
- последовательное, правильное выполнение всех практических заданий;
- умение обоснованно излагать свои мысли, делать необходимые выводы.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций:

- дается комплексная оценка предложенной ситуации;
- демонстрируются достаточные знания теоретического материала и умение их применять; но допускаются незначительные ошибки, неточности
- выполнение всех практических заданий; возможны единичные ошибки, исправляемые самим студентом после замечания преподавателя;
- затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций:

- затруднения с комплексной оценкой предложенной ситуации;
- неполное теоретическое обоснование, требующее наводящих вопросов преподавателя;
- выполнение заданий при подсказке преподавателя;
- затруднения в формулировке выводов.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.