



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)

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

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

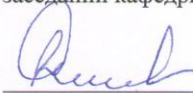
Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Металлургии и химических технологий
Курс	1

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)

приобретение студентами знаний относительно задач анализа и синтеза ХТС, освоение методов анализа и синтеза ХТС, использование их при анализе стадий химико-технологического процесса и создании оптимальных химико-технологических систем, формирование навыков практического использования полученных знаний для своей профессиональной деятельности,

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Анализ и синтез химико-технологических систем входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Оборудование и технология переработки твёрдого топлива

Массоперенос в системах с участием твёрдой фазы

Методология и методы научного исследования

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

Системы управления химико-технологическими процессами

Новые технологии в переработке топлива

Моделирование и оптимизация технологических процессов переработки твёрдого топлива

Производственная - научно-исследовательская работа

Получение синтетического жидкого топлива

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Анализ и синтез химико-технологических систем» 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 – 12,7 акад. часов;
- аудиторная – 10 акад. часов;
- внеаудиторная – 2,7 акад. часов;
- самостоятельная работа – 86,6 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

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. Химико-технологическая система								
1.1 Химическое производство как ХТС. Показатели эффективности функционирования. Состав и структура ХТС.	1	0,5			1	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Подготовка к практическому занятию, собеседованию, выполнение домашнего задания	Собеседование Домашнее задание Экзамен	ПК-4.1
1.2 Примеры химических производств					10	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Подготовка к собеседованию	Собеседование Экзамен	ПК-4.1
1.3 Основные этапы разработки ХТС. Модели ХТС.				1	8	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Подготовка к практическому занятию, собеседованию, выполнение домашнего задания	Собеседование Домашнее задание Экзамен	ПК-4.1
1.4 Свойства ХТС как системы		0,5			10	Самостоятельное изучение учебной и	Собеседование Домашнее задание	ПК-4.1

3.1 Задачи и методы синтеза ХТС.	1	1		0,5	6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Подготовка к практическому занятию, собеседованию, выполнение домашнего задания	Собеседование Домашнее задание Экзамен	ПК-4.1
3.2 Технологические концепции создания ХТС.		0,5			5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Подготовка к практическому занятию, собеседованию, выполнение домашнего задания	Собеседование Домашнее задание Экзамен	ПК-4.1
3.3 Совмещенные процессы. Перестраиваемые ХТС.				1	4,6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Подготовка к практическому занятию, собеседованию, выполнение домашнего задания	Собеседование Домашнее задание Экзамен	ПК-4.1
Итого по разделу		1,5		1,5	15,6			
Итого за семестр		4		6	86,6		экзамен	
Итого по дисциплине		4		6	86,6		экзамен	

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, в дисциплине «Анализ и синтез ХТС» используются образовательные технологии:

1. Традиционные образовательные технологии: информационная лекция, практическое занятие, семинар.

2. Технологии проблемного обучения: практическое занятие в форме семинара и домашнее задание, направленное на решение комплексной учебно-познавательной задачи, требующей от студента применения как научно-теоретических знаний, так и практических навыков.

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

4. Информационно-коммуникационные образовательные технологии: лекция-визуализация. Практическое занятие в форме презентации – представление результатов с использованием специализированных программных сред.

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. Крылова С. А. Введение в анализ и синтез химико-технологических систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. А. Крылова ; МГТУ. -

Магнитогорск :

МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим доступа:

<https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/1379> . - Макрообъект.

2. 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>

б) Дополнительная литература:

1. Рябов, В. Д. Химия нефти и газа : учеб. пособие / В.Д. Рябов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2019. — 335 с. — (Высшее образование:

Бакалавриат). - ISBN 978-5-8199-0847-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/read?id=327748> . – Режим доступа: по подписке.

2. Иртюго, Л. А. Кинетика гетерогенных процессов : учебное пособие / Л. А. Иртюго, А. А. Шубин. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2021. - 132 с. - ISBN 978-5-7638-4282-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1818744> – Режим доступа: по подписке.

3. Кафаров, В. В. Системный анализ процессов химической технологии : основы стратегии : монография / В. В. Кафаров, И. Н. Дорохов ; ответственный редактор Н. М. Жаворонков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 499 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06991-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/viewer/sistemnyy-analiz-processov-himicheskoy-tehnologii-osnovy-strategii-455509#page/1> .

4. Системный анализ процессов и аппаратов химической технологии : учеб. пособие / Э.Д. Иванчина, Е.С. Чернякова, Н.С. Белинская, Е.Н. Ивашкина ; Томский политехнический университет. - Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2017. - 115 с. - ISBN 978-5-4387-0787-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/read?id=344712> . – Режим доступа: по подписке.

5. 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-rectifikaciya-454367#page/1> .

6. Перевалов, В. П. Тонкий органический синтез: проектирование и оборудование производств : учебное пособие для вузов / В. П. Перевалов, Г. И. Колдобский. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 312 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11860-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/viewer/tonkiy-organicheskiy-sintez-proektirovanie-i-oborudovanie-proizvodstv-446284#page/1> .

7. Смирнов А. Н. Гетерогенные химические процессы [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Н. Смирнов, С. А. Крылова, В. И. Сысоев ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим доступа: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/20953> . - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

7. Смирнов А. Н. Химические реакторы. Гомогенный изотермический процесс [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Н. Смирнов, С. А. Крылова, В. И. Сысоев ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим доступа: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/20954> . - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

в) Методические указания:

1. Смирнов, А. Н. Производство химических продуктов : учебное пособие. Ч. 1 / А. Н. Смирнов, С. А. Крылова, В. И. Сысоев; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2227> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.
2. Производство химических продуктов. Ч. 2. Производство серной кислоты : практикум / А. Н. Смирнов [и др.] ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2514> . - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.
3. Смирнов, А. Н. Производство химических продуктов. Часть 3. Производство фосфорной кислоты : практикум [для вузов] / А. Н. Смирнов, С. А. Крылова, Д. И. Алексеев ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2020. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2765> . - 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
Linux Calculate	свободно распространяемое	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	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

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа

Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Учебная аудитория для проведения практических занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Доска, учебные столы, стулья

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 1т 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 (m^3): 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*

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

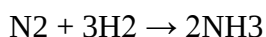
где α_{L-k} - для потока, выходящего из L -го аппарата и входящего в k -тый аппарат;

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.

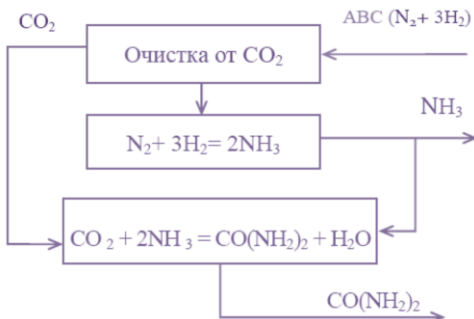
Раздел «Заключение» (ориентировочный объем 1 страница). Формулируются краткие выводы, вытекающие из выполненной работы. В них характеризуются техническое решение выбранной технологической схемы, дается оценка рекомендуемого процесса, его технико-экономической эффективности, решения вопросов охраны окружающей 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 --> Syn[N2 + 3H2 = 2NH3] Syn -- NH3 --> Urea[CO2 + 2NH3 = CO(NH2)2 + H2O] CO2_in[CO2] --> Urea Urea --> Product[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.