

Северский технологический институт –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(СТИ НИЯУ МИФИ)

Кафедра «Машины и аппараты химических и атомных производств»

ОДОБРЕНО
Ученым советом СТИ НИЯУ МИФИ
протокол № 5 от 28.06.2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

**18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической
технологии, нефтехимии и биотехнологии**

НАИМЕНОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Машины и аппараты химических производств

Форма обучения: очно-заочная

Семестр	Трудоемкость, ЗЕ	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практические занятия, час.	Лабораторные работы, час.	В форме практической подготовки / в интерактивной форме, час.	СРС, час.	Форма(ы) контроля (Э, З, ДифЗ, КР, КП)
8	2	72	4	8	0	4	60	Зач.
Итого	2	72	4	8	0	4	60	

Аннотация

Рабочая программа дисциплины «Системный анализ процессов химической технологии» составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта НИЯУ МИФИ и рабочим учебным планом по направлению подготовки (специальности) 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», образовательной программы «Машины и аппараты химических производств».

В результате освоения дисциплины, у выпускника должны быть сформированы следующие результаты обучения (РО):

1) знать:

- 3.1 основные понятия и принципы системного анализа;
- 3.2 классификацию моделей химико-технологических систем;
- 3.3 взаимосвязь явлений в отдельных процессах и аппаратах;
- 3.4 термодинамические расчеты химико-технологических процессов;

2) уметь:

У.1 использовать компьютерную технику для реализации стратегии системного анализа процессов химической технологии.

3) владеть или быть в состоянии продемонстрировать:

В.1 продемонстрировать навыки использования специализированных пакетов и программ для решения поставленных задач.

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями освоения дисциплины «Системный анализ процессов химической технологии» являются:

изучение студентами принципов системного анализа, построения моделей отдельных элементов и на их основе создание полной математической модели химико-технологической системы для решения задач, связанных с проектированием новых высокоэффективных технологических процессов либо эксплуатации уже существующих производств с целью повышения их эффективности.

Основными задачами дисциплины являются:

- изучение принципов постановки общей задачи и использование методов системного исследования процессов атомной и химической технологии;
- знакомство с основными понятиями термодинамики и кинетики;
- изучение математических моделей химических реакторов и протекающих в них физико-химических процессов.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Системный анализ процессов химической технологии» (Б1.В.ОД.1.10) - Профессиональный модуль образовательной программы.

3 Формируемые компетенции и планируемые результаты обучения

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
тип задач профессиональной деятельности: технологический			
1. обеспечение безопасной эксплуатации и технического обслуживания оборудования; 2. проведение регламентных работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования; 3. участие в осуществлении мероприятий по охране труда и окружающей среды на основе требований промышленной безопасности и других нормативных документов. 4. обеспечение заданных параметров технологических процессов и качества продукции 5. анализ технологических процессов с целью оптимизации работы оборудования	- промышленные установки, включая системы автоматизированного управления; - системы автоматизированного проектирования; - сооружения очистки сточных вод и газовых выбросов, переработки отходов, утилизации теплоэнергетических потоков и вторичных материалов; - методы и средства оценки состояния окружающей среды и защиты ее от антропогенного воздействия; - действующие многоассортиментные производства химической и смежных отраслей промышленности.	ПК-1.3 способен анализировать технологический процесс для оптимизации работы оборудования химических, радиохимических, специальных и нефтехимических производств	З-ПК-1.3 Знать: методы анализа технологических процессов У-ПК-1.3 Уметь: применять методы анализа технологических процессов для оптимизации работы оборудования химических, радиохимических, специальных и нефтехимических производств В-ПК-1.3 Владеть: современными методами инженерных расчетов, в том числе, с применением ЭВМ
тип задач профессиональной деятельности: проектный			
1. изучение нормативной документации по направлению деятельности; 2. участие в проектировании объектов профессиональной деятельности, в том числе, с соблюдением нормативных актов РФ в сфере производства; 3. оформление проектно-конструкторских	- промышленные установки, включая системы автоматизированного управления; - системы автоматизированного проектирования; - сооружения очистки сточных вод и газовых выбросов, переработки отходов, утилизации теплоэнергетических потоков и вторичных материалов; - методы	ПК-3 Способен оформлять законченные проектно-конструкторские работы с использованием современных компьютерных технологий	З-ПК-3 Знать: основные графические программы и требования ЕСКД Уметь: работать в графических программах с учётом требований ЕСКД У-ПК-3 Уметь: работать в графических программах с учётом требований ЕСКД В-ПК-3 Владеть: настройкой и установкой графических программ на основе современных компьютерных технологий

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
работ, в том числе, с применением современных графических программ; 4. анализ и оперативное изменение схем и режимов работы оборудования	и средства оценки состояния окружающей среды и защиты ее от антропогенного воздействия; - действующие многоассортиментные производства химической и смежных отраслей промышленности.		

4 Воспитательный потенциал учебной дисциплины

Воспитательный потенциал дисциплины «Системный анализ процессов химической технологии» отражен в Рабочей программе воспитания в Северском технологическом институте – филиале федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (<http://www.ssti.ru/education.html>/Информация по образовательным программам).

5 Структура и содержание учебной дисциплины

5.1 Основные разделы дисциплины, трудоемкость и виды учебной работы

Настоящая рабочая программа составлена для формы обучения «очно-заочная» по направлению 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», образовательной программе «Машины и аппараты химических производств».

Общая трудоемкость дисциплины составляет в **зачетных единицах – 2, 72 час.**, обучение по дисциплине проходит в **семестре 8**.

Дисциплина (модуль) содержит **разделы:**

– **раздел 1** – «Методы системного исследования процессов атомной и химической технологии»

– **раздел 2** – «Математические модели химических реакторов»

Трудоемкость, формы и график контроля по разделам дисциплины представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Трудоемкость, формы и график контроля отдельных разделов дисциплины

№	Наименование раздела	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость, час				Аттестационные мероприятия		Макс. балл за раздел
		Лекции	Практ. занятия	Лабор. работы	Самост. работа	Текущий контроль (нед/форма)	Аттестация раздела (нед/форма)	
8 семестр (15 недель)								
1	Методы системного исследования процессов атомной и химической технологии	2	4		24		8/КР1	20
2	Математические модели химических реакторов	2	4		36		10/Т1, 10/КР2	40
	Зачет							40
Итого за 8 семестр:		4	8		60			100

В таблице 2 представлено соответствие содержания каждого раздела и результатов обучения, что позволяет оценить их вклад в достижение целей курса.

Таблица 2 – Соответствие содержания требуемым результатам обучения

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Номера разделов	Аттестационные мероприятия
– Знать: методы анализа технологических процессов (З-ПК-1.3)	1, 2	КР1, Т1, Зачет (8 сем.)
– Уметь: применять методы анализа технологических процессов для оптимизации работы оборудования химических, радиохимических, специальных и нефтехимических производств (У-ПК-1.3)	1, 2	Т1, Зачет (8 сем.)
– Владеть: современными методами инженерных расчетов, в том числе, с применением ЭВМ (В-ПК-1.3)	1, 2	КР1, Т1, КР2
– Знать: основные графические программы и требования ЕСКД Уметь: работать в графических программах с учётом требований ЕСКД (З-ПК-3)	1, 2	КР1, Т1, КР2, Зачет (8 сем.)
– Уметь: работать в графических программах с учётом требований ЕСКД (У-ПК-3)	1, 2	КР1, Т1, КР2, Зачет (8 сем.)
– Владеть: настройкой и установкой графических программ на основе современных компьютерных технологий (В-ПК-3)	2	Т1

5.2 Содержание лекционного курса дисциплины

Содержание лекционного курса дисциплины представлено в таблице 4.

Таблица 3 – Содержание и трудоемкость лекционного курса по разделам в целом по дисциплине

Содержание разделов / тематика разделов	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
Раздел 1 Методы системного исследования процессов атомной и химической технологии	
1.1 Общая стратегия системного исследования и основные этапы создания химико-технологических систем. Постановка общей задачи разработки и создания химико-технологических систем. Основные понятия и принципы системного анализа ХТС. Химическое предприятие как сложная система. Общая стратегия системного исследования и основные этапы создания ХТС.	0.5
1.2 Классификация моделей химико-технологических систем. Операционно-описательные модели. Иконографические модели. Символические модель. Иконографические математические модели.	0.5
1.3 Термодинамический анализ химико-технологических систем. Основные понятия. Равновесие химических реакций. Закон действующих масс. Константа равновесия и энергия Гиббса. Уравнение изотермы Вант-Гоффа. Принцип Ле-Шателье. Влияние давления, инертного газа, концентрации, температуры. Зависимость константы равновесия от температуры	0.5
1.4 Основные понятия химической кинетики. Скорость реакции. Константа скорости химического процесса. Энергия активации. Механизм химической реакции. Степень превращения. Способы решения кинетических уравнений	0.5
<i>Итого по разделу 1:</i>	2
Раздел 2 Математические модели химических реакторов	
2.1 Диффузионные стадии гетерогенных процессов. Общие особенности гетерогенных процессов. Диффузионные стадии гетерогенных процессов	1
2.2 Модель ректора идеального смешения. Уравнение материального баланса реактора идеального смешения, работающего в изотермическом режиме. Периодический реактор идеального смешения. Проточный реактор идеального смешения в стационарном режиме.	0.5
2.3 Модель ректора идеального вытеснения. Уравнение материального баланса реактора идеального вытеснения, работающего в изотермическом режиме.	0.5
<i>Итого по разделу 2:</i>	2
Всего по теоретическому разделу дисциплины:	4

5.3 Содержание лабораторного практикума

Лабораторный практикум в соответствии с рабочим учебным планом не предусмотрен.

5.4 Тематика практических / семинарских занятий

Тематика практических / семинарских занятий и их трудоемкость представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Тематика и трудоемкость практических / семинарских занятий

Перечень практических / семинарских занятий по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
Раздел 1 Методы системного исследования процессов атомной и химической технологии	
1.1 Определение термодинамических параметров реакции.	2
1.2 Дифференциальные уравнения в химии.	2
<i>Итого по разделу 1:</i>	4
Раздел 2 Математические модели химических реакторов	
2.1 Расчет основных характеристик реакторов.	2
2.2 Оптимизация химических процессов.	2
<i>Итого по разделу 2:</i>	4
Всего по практическим / семинарским занятиям дисциплины:	8

5.5 Курсовое проектирование

Курсовая работа/проект в соответствии с рабочим учебным планом не предусмотрены.

6 Образовательные технологии

При проведении лекций используются следующие образовательные технологии: IT-методы.

При проведении практических занятий используются следующие образовательные технологии: Работа в команде, Опережающая самостоятельная работа.

Для организации самостоятельной работы используются следующие образовательные технологии: IT-методы, Опережающая самостоятельная работа.

Общее число часов занятий, проводимых в интерактивной форме – 4 час.

7 Аннотация фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационные мероприятия
ПК-1.3	З-ПК-1.3	КР1, Т1, Зачет (8 сем.)
ПК-1.3	У-ПК-1.3	Т1, Зачет (8 сем.)
ПК-1.3	В-ПК-1.3	КР1, Т1, КР2
ПК-3	З-ПК-3	КР1, Т1, КР2, Зачет (8 сем.)
ПК-3	У-ПК-3	КР1, Т1, КР2, Зачет (8 сем.)
ПК-3	В-ПК-3	Т1

Шкалы оценки образовательных достижений. Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего (**60 баллов**) и промежуточного контроля (**40 баллов**). Для допуска к промежуточному

контролю по дисциплине студенту в течение календарного модуля необходимо набрать не менее 60% баллов при условии сдачи **всех** дисциплинарных разделов. Раздел считается сданным, если выполнены все виды контроля и набрано по ним не менее 60 % баллов от максимального по разделу.

В соответствии с учебным планом промежуточная аттестация в конце семестра осуществляется в форме Зачета.

Аттестация в 8 семестре:

Вид контроля	Наименование видов контроля	Максимальная положительная оценка в баллах	Минимальная положительная оценка в баллах
Текущая аттестация			
КР1	Контрольная работа	20	12
Т1	Тестирование	20	12
КР2	Контрольная работа	20	12
Сумма:		60	36
Промежуточная аттестация			
Зачет		40	24
Итого:		100	60

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов по дисциплине	100–90	89–85	84–75	74–70	69–65	64–60	ниже 60
Оценка (ECTS)	A	B	C	D		E	F
Оценка по 4-х бальной шкале	отлично (отл.)	хорошо (хор.)		удовлетворительно (удовл.)		неудовлетворительно (неуд.)	
Зачет	Зачтено					Не зачтено	

Оценка *«отлично»* выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.

Оценка *«хорошо»* выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

Оценка *«удовлетворительно»* выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.

Оценка *«неудовлетворительно»* выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Вопросы для Зачета (8 семестр):

- 1 Основные понятия и принципы системного анализа ХТС.
- 2 Классификация моделей ХТС.
- 3 Термодинамический анализ ХТП.
- 4 Химическая кинетика.
- 5 Гетерогенные процессы.
- 6 Реакторы идеального смешения.
- 7 Реакторы идеального вытеснения.

- 8 Сформулируйте принцип Ле Шателье. Каким образом он помогает предсказать влияние изменения температуры и давления на состояние равновесия химической реакции?
- 9 Используя принцип Ле Шателье, проанализируйте все возможные способы смещения равновесия реакции вправо: $UF_6 + 3H_2 + O_2 \rightarrow UO_2 + 6HF$; $\Delta H < 0$.
- 10 Что характеризует константа скорости химического процесса. Как зависит значение константы скорости химической реакции от температуры?
- 11 Как составляют кинетические уравнения простых реакций?
- 12 Составьте уравнение материального баланса реактора идеального вытеснения.
- 13 Как составляют кинетические уравнения сложных реакций?
- 14 Сформулируйте допущения модели идеального смешения. Составьте уравнение материального баланса для периодического реактора идеального смешения.
- 15 Приведите классификацию моделей химико-технологических систем.
- 16 Сформулируйте допущения модели реактора идеального смешения. Составьте уравнение материального баланса для проточного реактора идеального смешения.
- 17 Основные понятия и законы, описывающие массопередачу между газом и жидкостью. Что характеризует константа Генри.
- 18 Используя принцип Ле-Шателье, проанализируйте все возможные способы смещения равновесия реакции вправо: $UF_6 + 2H_2O \rightarrow UO_2F_2 + 4HF$; $\Delta H < 0$.
- 19 Основные положения пленочной модели.
- 20 Как определить направленность химической реакции? Как, сравнивая значения энергии Гиббса ΔG для различных реакций, определить какая из них является спонтанной (самопроизвольной)?
- 21 Используя принцип Ле Шателье, проанализируйте все возможные способы смещения равновесия реакции вправо: $UO_2 + 3F_2 \rightarrow UF_6 + O_2$; $\Delta H < 0$.
- 22 Сформулируйте основные условия устойчивого равновесия.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

8.1 Основная литература

Л1.1 Кондауров Б. П. Общая химическая технология: учебное пособие для вузов / Б. П. Кондауров, В. И. Александров, А. В. Артемов - М.: Академия, 2005 - 332, [4] с.

8.2 Дополнительная литература

Л2.1 Общая химическая технология [Текст]: учебник для вузов: в 2 частях / под ред. И. П. Мухленова - М.: Альянс, 2016Ч. 1: Теоретические основы химической технологии: Ч. 1: Теоретические основы химической технологии / И. П. Мухленов [и др.] - 254, [2] с.

Л2.2 Общая химическая технология: учебник для вузов: в 2 частях / под ред. И. П. Мухленова - М.: Альянс, 2009Ч. 2: Важнейшие химические производства: Ч. 2: Важнейшие химические производства / И. П. Мухленов [и др.] - 263, [1] с.

Л2.3 Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков; под ред. П. Г. Романкова - М.: Альянс, 2013 - 576 с.

Л2.4 Зарипова Л. Ф. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / Л. Ф. Зарипова; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", Северский технологический институт - филиал НИЯУ МИФИ (СТИ НИЯУ МИФИ) - Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2013 - 57 с.

Л2.5 Кузнецова А. Н. Системный анализ процессов химической технологии [Электронный ресурс]: руководство к лабораторной работе / А. Н. Кузнецова; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ",

Северский технологический институт - филиал НИЯУ МИФИ (СТИ НИЯУ МИФИ) - Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2016 - 49 с.

Л2.6 Кузнецова А. Н. Системный анализ процессов химической технологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Н. Кузнецова, Ф. В. Макаров; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", Северский технологический институт - филиал НИЯУ МИФИ (СТИ НИЯУ МИФИ) - Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2016 - 101 с.

8.3 Информационно-образовательные ресурсы

Э1 Интегрированный пакет офисных приложений MS Office (приложения Word, Excel, Mathcad).

Э2 Рекомендуемые Интернет-ресурсы для организации самостоятельной работы:

Э3 <http://library.mephi.ru> - Распределенный сводный каталог библиотек институтов НИЯУ МИФИ;

Э4 <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека.

9 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины приведено на сайте СТИ НИЯУ МИФИ <http://www.ssti.ru/objects.html>

10 Учебно-методические рекомендации для студентов

Самостоятельная работа студентов – это планируемая учебная и внеаудиторная работа студентов, выполняемая по заданию преподавателя и под его методическим руководством, но без его непосредственного участия.

Целью самостоятельной работы студентов является приобретение новых знаний, систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов.

Лекции. Рекомендации по написанию конспекта лекций: кратко, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения: пометать основные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь (тезаурус). Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на следующем занятии или консультации.

Практические занятия. Для подготовки к практическому занятию, необходимо повторить теоретический материал по теме с использованием лекций и рекомендуемой литературы.

На занятии желательно иметь конспект лекций (или учебник, учебное пособие), чтобы самостоятельно или с сокурсниками и преподавателем сориентироваться на каждую тему решаемой задачи, поставленной проблемы и пр.

При обсуждении основных положений и выводов, объяснении явлений и фактов, ответа на поставленные вопросы:

1) вырабатываются умения и навыки использовать приобретенные знания для различного рода деятельности;

2) выступление должно строиться свободно, убедительно и аргументированно и не должно сводиться к простому воспроизведению текста, не допускается и простое чтение конспекта. Необходимо, чтобы выступающий проявлял собственное отношение к тому, о чем он говорит, высказывал свое личное мнение, понимание, обосновывал его и мог сделать правильные выводы из сказанного. При этом студент может обращаться к записям конспекта

и лекций, непосредственно к первоисточникам, использовать факты и наблюдения современной жизни и т. д.

Промежуточная аттестация. Для подготовки к промежуточной аттестации студенту необходимо проработать конспекты лекционных и практических занятий, подготовить ответы к вопросам, выносимым на промежуточную аттестацию, при необходимости воспользоваться рекомендуемой литературой.

11 Учебно-методические рекомендации для преподавателей

На лекционных, практических занятиях студентам сообщаются новые сведения, систематизируется и обобщается накопленный запас знаний, формируются на этой основе познавательные и профессиональные интересы. Преподаватель, проводя занятия, должен стремиться увлечь студентов, активно воздействовать на их эмоции, вызвать интерес к учебному предмету, стремление постоянно пополнять знания.

Самостоятельная работа студентов по данному курсу

- Проработка лекционного материала
- Подготовка к контрольным работам
- Подготовка к практическим занятиям, семинарам
- Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса
- Подготовка к промежуточному контролю: Зачет (8 семестр)

В течение 8 семестра осуществляется контроль знаний студентов: см. раздел 5.1.

По результатам аттестационных мероприятий формируется допуск студента к итоговому контролю – Зачету по дисциплине. Студент на Зачете должен показать знание программного материала, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагать, уметь тесно увязывать теорию с практикой, использовать в ответе материал рекомендуемой литературы.

Автор(ы): Е.А. Будко