

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

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики

НАИМЕНОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Химическая технология материалов ядерного топливного цикла

Форма обучения: очная

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)
6	5	180	32	16	16	29	116	Экз.
7	6	216	32	48	32	29	104	Экз., КП
Итого	11	396	64	64	48	58	220	

Аннотация

Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта НИЯУ МИФИ и рабочим учебным планом по направлению подготовки (специальности) 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики», образовательной программы «Химическая технология материалов ядерного топливного цикла».

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

1) **знать:**

3.1 математический аппарат, физические и химические законы необходимые для решения профессиональных задач в области химии и технологии ядерного топливного цикла, основные теоретические положения смежных естественнонаучных дисциплин

3.2 современное технологическое и аналитическое оборудование применяемое в атомной отрасли, способы его использования при проведении научных исследований

3.3 принципы математического моделирования химико-технологических процессов и методы оптимизации химико-технологических процессов с применением эмпирических и (или) физико-химических моделей

3.4 конструкцию основного и вспомогательного оборудования

3.5 виды ресурсов и ограничений для решения профессиональных задач; основные методы оценки разных способов решения задач; действующее законодательство и правовые нормы, регулирующие профессиональную деятельность

2) **уметь:**

У.1 определять необходимость привлечения дополнительных знаний из специальных разделов математических и естественнонаучных дисциплин для решения профессиональных задач, применять полученные теоретические знания и математический аппарат для самостоятельного освоения специальных разделов математики и естественнонаучных дисциплин, необходимых в профессиональной деятельности, применять знания математики и естественнонаучных дисциплин для анализа и обработки результатов химических экспериментов

У.2 обоснованно выбирать технологическое и аналитическое оборудование для решения задач своей профессиональной деятельности; уметь анализировать полученные результаты научных исследований

У.3 применять известные методы вычислительной математики и математической статистики для решения конкретных задач расчета, моделирования, идентификации и оптимизации при исследовании, проектировании и управлении процессами химической технологии, а также уметь использовать в своей практической деятельности для достижения этих целей известные пакеты прикладных программ

У.4 выбрать оптимальную технологическую схему процесса в соответствии с регламентом

У.5 проводить анализ поставленной цели и формулировать задачи, которые необходимо решить для ее достижения; анализировать альтернативные варианты решений для достижения намеченных результатов; использовать нормативно-правовую документацию в сфере профессиональной деятельности

3) **владеть или быть в состоянии продемонстрировать:**

В.1 навыками использования теоретических основ базовых разделов математики и естественнонаучных дисциплин при решении задач в области химии и технологии ядерного топливного цикла

В.2 навыками работы на современном технологическом и аналитическом оборудовании и проведения с его использованием научных исследований

В.3 методами построения математических моделей типовых профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных результатов, методами математической статистики для обработки результатов экспериментов, пакетами прикладных программ, используемых при моделировании объектов и процессов

В.4 навыками обоснования конкретного технического решения при разработке технологических процессов

В.5 методиками разработки цели и задач проекта; методами оценки потребности в ресурсах, продолжительности и стоимости проекта, навыками работы с нормативно-правовой документацией

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями освоения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» являются:

формирование у студентов определенного комплекса теоретических знаний и практических навыков, которые могут быть использованы при разработке наиболее эффективных с технико-экономической точки зрения процессов производства в любых отраслях химической технологии, в развитии самостоятельного творческого инженерного мышления, определяющего профиль специалиста

Основными задачами дисциплины являются:

- ознакомление студентов с теорией основных процессов химической технологии;
- ознакомление студентов с конструктивным исполнением типовой химической аппаратуры;
- овладение студентами методами расчета типовых аппаратов химических производств.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» (Б1.Б.3.10) - Общепрофессиональный модуль образовательной программы.

3 Формируемые компетенции и планируемые результаты обучения

Универсальные и общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-2 Способен использовать современное технологическое и аналитическое оборудование в профессиональной и научно-исследовательской деятельности	З-ОПК-2 Знать: современное технологическое и аналитическое оборудование применяемое в атомной отрасли, способы его использования при проведении научных исследований У-ОПК-2 Уметь: обоснованно выбирать технологическое и аналитическое оборудование для решения задач своей профессиональной деятельности; уметь анализировать полученные результаты научных исследований В-ОПК-2 Владеть: навыками работы на современном технологическом и аналитическом оборудовании и проведения с его использованием научных исследований
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	З-УК-2 Знать: этапы жизненного цикла проекта; этапы разработки и реализации проекта; методы разработки и управления проектами У-УК-2 Уметь: разрабатывать проект с учетом анализа

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
	альтернативных вариантов его реализации, определять целевые этапы, основные направления работ; объяснить цели и сформулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта; управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла В-УК-2 Владеть: методиками разработки и управления проектом; методами оценки потребности в ресурсах и эффективности

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			
Осуществление технологического процесса в соответствии с требованиями технологического регламента; Освоение и ввод в эксплуатацию новых технологических процессов и оборудования; Организация и осуществление входного контроля сырья и материалов, используемых в технологии материалов современной энергетики, изотопно чистых веществ, их соединений	руды, концентраты и вторичное сырье, содержащие уран, цирконий, радиоактивные элементы, редкие металлы ядерного назначения, их химические соединения и материалы на их основе; природное и техногенное сырье, содержащее изотопы легких элементов; технологические процессы их извлечения, концентрирования и очистки; оборудование, приборы и методы обеспечения аналитического контроля проведения этих процессов в лабораторных и промышленных условиях; технологические процессы обращения с ОЯТ и РАО и методы обеспечения радиационной безопасности и реабилитации	ПК-3 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	З-ПК-3 Знать: конструкцию основного и вспомогательного оборудования У-ПК-3 Уметь: выбрать оптимальную технологическую схему процесса в соответствии с регламентом В-ПК-3 Владеть: навыками обоснования конкретного технического решения при разработке технологических процессов

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
	территорий, связанные с использованием ядерных объектов		

4 Воспитательный потенциал учебной дисциплины

Воспитательный потенциал дисциплины «Процессы и аппараты 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 «очная» по специальности 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики», образовательной программе «Химическая технология материалов ядерного топливного цикла».

Общая трудоемкость дисциплины составляет в зачетных единицах – **11, 396 час.**, обучение по дисциплине проходит в семестре **6, 7**.

Дисциплина (модуль) содержит **разделы:**

- **раздел 1** – «Модуль 1 Гидромеханические процессы. Оборудование»
- **раздел 2** – «Модуль 2. Тепловые процессы. Оборудование»
- **раздел 3** – «Модуль 3. Массообменные процессы. Оборудование»

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)	
6 семестр (18 недель)								
1	Модуль 1 Гидромеханические процессы. Оборудование	20		12	47	2/КР1, 5/КР2, 10/ЛР1, 12/ЛР2, 14/ЛР3		25

2	Модуль2. Тепловые процессы. Оборудование	12	16	4	33	7/КР3, 8/КР4, 16/ЛР4, 9/РГ31		35
	Экзамен				36			40
Итого за 6 семестр:		32	16	16	116			100
7 семестр (18 недель)								
3	Модуль 3. Массообменные процессы. Оборудование	32	48	32	20	3/КР5, 5/КР6, 11/ЛР5, 13/ЛР6, 16/ЛР7, 6/РГ32, 7/РГ33		60
	Курсовой проект				48			
	Экзамен				36			40
Итого за 7 семестр:		32	48	32	104			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: современное технологическое и аналитическое оборудование применяемое в атомной отрасли, способы его использования при проведении научных исследований (З-ОПК-2)	1, 2	РГ31, Экзамен (6 сем.), Экзамен (7 сем.)
– Уметь: обоснованно выбирать технологическое и аналитическое оборудование для решения задач своей профессиональной деятельности; уметь анализировать полученные результаты научных исследований (У-ОПК-2)	1, 2	РГ31, Экзамен (6 сем.), Экзамен (7 сем.)
– Владеть: навыками работы на современном технологическом и аналитическом оборудовании и проведения с его использованием научных исследований (В-ОПК-2)	1, 2	Экзамен (6 сем.), Экзамен (7 сем.)
– Знать: конструкцию основного и вспомогательного оборудования (З-ПК-3)	1, 2, 3	КР1, КР2, ЛР1, ЛР2, ЛР3, КР3, КР4, ЛР4, РГ31, Экзамен (6 сем.), КР5, КР6, ЛР5, ЛР6, ЛР7, РГ32, РГ33, Экзамен (7 сем.)
– Уметь: выбрать оптимальную технологическую схему процесса в соответствии с регламентом (У-ПК-3)	1, 2, 3	Экзамен (6 сем.), РГ32, РГ33, Экзамен (7 сем.)
– Владеть: навыками обоснования конкретного технического решения при разработке технологических процессов (В-ПК-3)	1, 2, 3	РГ32, РГ33, Экзамен (7 сем.)
– Знать: этапы жизненного цикла проекта; этапы разработки и реализации проекта; методы разработки и управления проектами (З-УК-2)		Курсовой проект

– Уметь: разрабатывать проект с учетом анализа альтернативных вариантов его реализации, определять целевые этапы, основные направления работ; объяснить цели и сформулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта; управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла (У-УК-2)		Курсовой проект
– Владеть: методиками разработки и управления проектом; методами оценки потребности в ресурсах и эффективности (В-УК-2)		Курсовой проект

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 Модуль1 Гидромеханические процессы. Оборудование	
1.1 Введение. Основы гидравлики.. Основные принципы расчета химических аппаратов и машин. Основные уравнения гидростатики и гидродинамики.	2
1.2 Теория подобия. Гидродинамическое подобие. Основы теории подобия.	2
1.3 Перемещение жидкостей (насосы). . Классификация насосов. Основные параметры. Напор насоса, высота всасывания.	2
1.4 Классификация неоднородных систем. Методы раз-деления. Материальный баланс процесса..	2
1.5 Отстаивание. Скорость свободного и стесненного осаждения. Расчет отстойника. Конструкции отстойников..	2
1.6 Два режима движения жидкости..	2
1.7 Фильтрация. Скорость процесса. Уравнения фильтрации..	2
1.8 Определение постоянных в уравнении фильтрации. Конструкции фильтров..	2
1.9 Центрифугирование. Расчет скорости осаждения в поле центробежных сил..	2
1.10 Очистка газов. Способы очистки, аппаратура..	2
<i>Итого по разделу 1:</i>	<i>20</i>
Раздел 2 Модуль2. Тепловые процессы. Оборудование	
2.1 Основы теплообмена. Теплопроводность, тепловое излучение, конвекция..	2
2.2 Тепловое подобие. Теплопередача. Теплопередача при постоянных и переменных температурах теплоносителей	2
2.3 Нагревание. Источники тепла, методы нагрева.	2
2.4 Охлаждение, конденсация. Конденсаторы смешения, поверхностные конденсаторы, расчет.	2
2.5 Выпаривание. Материальный и тепловой баланс многокорпусной выпарки. Конструкции выпарных аппаратов.	2
2.6 Многокорпусное выпаривание. Схемы установок.	2

Содержание разделов / тематика разделов	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<i>Итого по разделу 2:</i>	12
Раздел 3 Модуль 3. Массообменные процессы. Оборудование	
3.1 Основы массопередачи..	2
3.2 Кинетика массообмена. Подобие процессов переноса массы. Уравнение массопередачи. Выражение коэффициентов массопередачи через коэффициенты массоотдачи..	2
3.3 Средняя движущая сила процесса массопередачи. Число единиц переноса..	2
3.4 Высота единиц переноса. Определение основных размеров массообменных аппаратов..	2
3.5 Абсорбция.. Равновесие между фазами. Материальный баланс процесса.	2
3.6 Тепловой баланс. Схемы абсорбции. Конструкции абсорберов..	2
3.7 Ректификация. Равновесие между фазами. Материальный баланс колонны..	2
3.8 Минимальное, рабочее, оптимальное флегмовое число..	2
3.9 Тепловой баланс колонны.	2
3.10 Экстракция. Равновесие между фазами. Требования к экстрагенту. Материальный баланс процесса.	2
3.11 Кинетика процесса. Схемы экстракции..	4
3.12 Сушка. Контактная сушка. Тепловой баланс контактной сушилки..	4
3.13 Конвективная сушка. Кинетика сушки.	4
<i>Итого по разделу 3:</i>	32
Всего по теоретическому разделу дисциплины:	64

5.3 Содержание лабораторного практикума

В таблице 4 представлено содержание и трудоемкость лабораторного практикума дисциплины.

Таблица 4 – Содержание и трудоемкость лабораторного практикума дисциплины

Перечень лабораторных работ по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
Раздел 1 Модуль1 Гидромеханические процессы. Оборудование	
1.1 Изучение устройства и работы барабанного вакуум-фильтра.	4
1.2 Изучение процесса перемешивания.	4
1.3 Исследование гидродинамических явлений и теплообмена при псевдоожигении зернистого материала.	4
<i>Итого по разделу 1:</i>	12
Раздел 2 Модуль2. Тепловые процессы. Оборудование	
2.1 Исследование процесса теплопередачи в кожухотрубчатом теплообменнике.	4
<i>Итого по разделу 2:</i>	4
Раздел 3 Модуль 3. Массообменные процессы. Оборудование	
3.1 Изучение процесса ректификации бинарной смеси.	10

Перечень лабораторных работ по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
3.2 Изучение процесса радиационной сушки.	10
3.3 Изучение устройства и работы дробилок и мельниц.	12
<i>Итого по разделу 3:</i>	32
Всего по лабораторному практикуму дисциплины:	48

5.4 Тематика практических / семинарских занятий

Тематика практических / семинарских занятий и их трудоемкость представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Тематика и трудоемкость практических / семинарских занятий

Перечень практических / семинарских занятий по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
Раздел 2 Модуль 2. Тепловые процессы. Оборудование	
2.1 Расчет кожухотрубчатого теплообменника. Тепловой баланс.	2
2.2 Определение коэффициента теплоотдачи от пара к стенке.	2
2.3 Определение коэффициента теплоотдачи от стенки к рас-твору.	2
2.4 Определение истинного теплового потока и поверхности теплопередачи..	4
2.5 Расчет изоляции..	2
2.6 Конструктивный расчет..	2
2.7 Расчет на прочность.	2
<i>Итого по разделу 2:</i>	16
Раздел 3 Модуль 3. Массообменные процессы. Оборудование	
3.1 Расчет насадочного абсорбера. Материальный баланс.	4
3.2 Определение минимального расхода абсорбента. Построе-ние рабочей линии процесса.	4
3.3 Расчет рабочей скорости и определение диаметра аппарата.	4
3.4 Расчет высоты аппарата: через уравнение массопередачи: определение коэффициентов диффузии, определение коэффициентов массоотдачи и массопередачи..	4
3.5 Расчет высоты аппарата через число единиц переноса. Эскиз аппарата..	8
3.6 Расчет флегмового числа. Определение минимального флегмового числа..	4
3.7 Пересчет концентраций. Построение равновесной линии..	6
3.8 Расчет теоретических ступеней. Графический метод определения рабочего флегмового числа.	6
3.9 Расчет оптимального флегмового числа.	2
3.10 Определение числа единиц переноса методом графического интегрирования. Определение числа единиц переноса по приближенной формуле Симпсона.	6
<i>Итого по разделу 3:</i>	48
Всего по практическим / семинарским занятиям дисциплины:	64

5.5 Курсовое проектирование

В соответствии с рабочим учебным планом предусмотрено выполнить: Курсовой проект (7 семестр).

Курсовой проект включает в себя следующие этапы:

- 1) Расчет типового химико-технологического оборудования (по вариантам), изучение литературы.
- 2) Материальный расчет .
- 3) Тепловой расчет.
- 4) Конструктивный расчет. Подбор стандартных изделий..
- 5) Расчет на прочность.
- 6) Гидравлический расчет.
- 7) Расчет изоляции.
- 8) Оформление пояснительной записки.
- 9) Выполнение графической части проекта..

6 Образовательные технологии

При проведении лекций используются следующие образовательные технологии: IT-методы, Методы проблемного обучения.

При проведении лабораторных работ используются следующие образовательные технологии: Работа в команде, Поисковый метод.

При проведении практических занятий используются следующие образовательные технологии: Работа в команде, Проектный метод.

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

Общее число часов занятий, проводимых в интерактивной форме – 58 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
ОПК-2	З-ОПК-2	РГЗ1, Экзамен (6 сем.), Экзамен (7 сем.)
ОПК-2	У-ОПК-2	РГЗ1, Экзамен (6 сем.), Экзамен (7 сем.)
ОПК-2	В-ОПК-2	Экзамен (6 сем.), Экзамен (7 сем.)
ПК-3	З-ПК-3	КР1, КР2, ЛР1, ЛР2, ЛР3, КР3, КР4, ЛР4, РГЗ1, Экзамен (6 сем.), КР5, КР6, ЛР5, ЛР6, ЛР7, РГЗ2, РГЗ3, Экзамен (7 сем.)
ПК-3	У-ПК-3	Экзамен (6 сем.), РГЗ2, РГЗ3, Экзамен (7 сем.)
ПК-3	В-ПК-3	РГЗ2, РГЗ3, Экзамен (7 сем.)
УК-2	З-УК-2	Курсовой проект
УК-2	У-УК-2	Курсовой проект
УК-2	В-УК-2	Курсовой проект

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 Экзамена.

Аттестация в 6 семестре:

Вид контроля	Наименование видов контроля	Максимальная положительная оценка в баллах	Минимальная положительная оценка в баллах
Текущая аттестация			
КР1	Контрольная работа	5	3
КР2	Контрольная работа	5	3
ЛР1	Лабораторная работа	5	3
ЛР2	Лабораторная работа	5	3
ЛР3	Лабораторная работа	5	3
КР3	Контрольная работа	5	3
КР4	Контрольная работа	5	3
ЛР4	Лабораторная работа	5	3
РГ31	Расчетно-графическое задание	20	12
Сумма:		60	36
Промежуточная аттестация			
Экзамен		40	24
Итого:		100	60

Аттестация в 7 семестре:

Вид контроля	Наименование видов контроля	Максимальная положительная оценка в баллах	Минимальная положительная оценка в баллах
Текущая аттестация			
КР5	Контрольная работа	5	3
КР6	Контрольная работа	5	3
ЛР5	Лабораторная работа	5	3
ЛР6	Лабораторная работа	5	3
ЛР7	Лабораторная работа	5	3
РГ32	Расчетно-графическое задание	15	9
РГ33	Расчетно-графическое задание	20	12
Сумма:		60	36
Промежуточная аттестация			
Экзамен		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 балльной 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 Экзамена (6 семестр):

- 1 Классификация основных процессов химической технологии.
- 2 Общие принципы расчета химических аппаратов и машин.
- 3 Основные уравнения гидростатики и гидродинамики.
- 4 Гидродинамическое подобие.
- 5 Классификация неоднородных систем.
- 6 Методы разделения неоднородных систем: отстаивание, фильтрование, центрифугирование.
- 7 Материальный расчет процесса.
- 8 Очистка газов
- 9 Перемешивание в жидкой среде.
- 10 Механическое перемешивание.
- 11 Расчет мощности, потребляемой на перемешивание.
- 12 Устройство мешалок (лопастные; пропеллерные; турбинные; специальные).
- 13 Пневматическое перемешивание.
- 14 Пульсационное перемешивание.
- 15 Элементарные способы распространения тепла: теплопроводность, конвекция, тепловое излучение
- 16 Теплопередача при постоянных температурах теплоносителей.
- 17 Теплопередача при переменных температурах теплоносителя.
- 18 Выбор взаимного направления движения теплоносителей.
- 19 Определение температуры стенок.
- 20 Определение потерь тепла в окружающую среду.
- 21 Источники тепла и методы нагревания. Общие сведения.
- 22 Конструкции теплообменников.
- 23 Пути интенсификации работы теплообменного оборудования.
- 24 Охлаждение и конденсация.
- 25 Хладагенты.
- 26 Расчет поверхностных конденсаторов.
- 27 Конденсация смешением.
- 28 Мокрый прямоточный барометрический конденсатор.
- 29 Выпаривание. Общие сведения.
- 30 Однокорпусные выпарные установки.
- 31 Материальный баланс.

- 32 Тепловой баланс.
- 33 Полезная разность температур.
- 34 Температурные потери.
- 35 Многокорпусное выпаривание.
- 36 Прямоточные установки.
- 37 Противоточные установки.
- 38 Предел числа корпусов при многократном выпаривании.
- 39 Материальный баланс.
- 40 Тепловой баланс.
- 41 Распределение полезной разности температур по корпусам.
- 42 Схема расчета многокорпусной выпарной установки.
- 43 Конструкции выпарных аппаратов.

Вопросы для Экзамена (7 семестр):

- 1 Основы теории массопередачи.
- 2 Способы выражения состава фаз.
- 3 Равновесие при массопередаче.
- 4 Правило фаз.
- 5 Кривая равновесия.
- 6 Материальный баланс процессов массопередачи.
- 7 Скорость массопередачи.
- 8 Механизм переноса.
- 9 Молекулярная диффузия.
- 10 Дифференциальное уравнение молекулярной диффузии.
- 11 Конвективная диффузия.
- 12 Дифференциальное уравнение конвективной диффузии.
- 13 Подобие процессов переноса массы.
- 14 Уравнение массопередачи.
- 15 Выражение коэффициента массопередачи через коэффициенты массоотдачи.
- 16 Объёмные коэффициенты массоотдачи и массопередачи.
- 17 Средняя движущая сила процесса массопередачи.
- 18 Средняя движущая сила процесса при прямой линии равновесия.
- 19 Число единиц переноса.
- 20 Определение числа единиц переноса.
- 21 Высота единиц переноса.
- 22 Расчет основных размеров массообменных аппаратов.
- 23 Аналитический метод определения сила ступеней.
- 24 Графический метод определения числа ступеней (метод с построением кинетической кривой, метод теоретических тарелок).
- 25 Определение высоты ступени.
- 26 Абсорбция. Общие сведения. Равновесие между фазами.
- 27 Материальный баланс и расход абсорбента.
- 28 Тепловой баланс.
- 29 Конструкции абсорберов.
- 30 Гидродинамика насадочных колонн.
- 31 Интенсификация работы насадочных абсорберов (принудительное эмульгирование, вибрирующая насадка, псевдоожиженная насадка).
- 32 Барботажные абсорберы (колонны с колпачковыми тарелками, колонны ситчатыми тарелками, колонны с провальными тарелками, другие виды тарелок массообменных аппаратов).
- 33 Перегонка и ректификация.
- 34 Диаграммы равновесных составов, применяемые при ректификации.

- 35 Правило фаз при ректификации. Смеси взаимно растворимых жидкостей. Законы Рауля, Дальтона. Первый закон Коновалова.
- 36 Диаграмма $t=f(x,y)$, X-Y диаграмма. Смеси взаимно нерастворимых жидкостей.
- 37 Простая перегонка.
- 38 Ректификация.
- 39 Схема непрерывной ректификации.
- 40 Материальный баланс процесса ректификации (обозначения, применяемые при ректификации; допущения, применяемые при ректификации; уравнение линии рабочих концентраций для верхней укрепляющей части колонны; уравнение линии рабочих концентраций для нижней исчерпывающей части колонны; построение линий рабочих концентраций).
- 41 Минимальное флегмовое число.
- 42 Рабочее флегмовое число.
- 43 Оптимальное флегмовое число.
- 44 Тепловой баланс ректификационной установки.
- 45 Специальные виды перегонки.
- 46 Перегонка с водяным паром.
- 47 Экстрактивная перегонка.
- 48 Азеотропная перегонка.
- 49 Солевая ректификация.
- 50 Молекулярная перегонка.
- 51 Экстрагирование. Общие сведения. Фазовое равновесие.
- 52 Материальный баланс процесса экстракции.
- 53 Кинетика экстракции.
- 54 Техническое проведение процессов экстракции.
- 55 Аппаратура экстракционных установок.
- 56 Сушка. Общие сведения.
- 57 Связь влаги с материалом.
- 58 Движущая сила процесса сушки.
- 59 Баланс влаги в высушиваемом материале.
- 60 Контактная сушка. Общие сведения.
- 61 Тепловой баланс контактной сушки.
- 62 Конструкция сушилок контактного действия.
- 63 Конвективная сушка.
- 64 Основные параметры влажного газа (абсолютная влажность, относительная влажность, влагосодержание, энтальпия).
- 65 Диаграмма I-X состояния влажного газа.
- 66 Изображения изменения параметров влажного воздуха на I-X диаграмме.
- 67 Баланс влаги в сушильном агенте.
- 68 Тепловой баланс конвективной сушки.
- 69 Изображение процесса на I-X диаграмме.
- 70 Кинетика процессы сушки.
- 71 Конструкции сушилок (туннельные сушилки, ленточные сушилки, барабанные сушилки)

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

8.1 Основная литература

Л1.1 Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии: учебник : в 2 ч. / Ю. И. Дытнерский - Москва: Альянс, 2015Ч. 1: Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты: Ч. 1:

Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты [Текст] - 400 с.

Л1.2 Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии: учебник : в 2 ч. / Ю. И. Дытнерский - Москва: Альянс, 2015Ч. 2: Массообменные процессы и аппараты: Ч. 2: Массообменные процессы и аппараты [Текст] - 368 с.

Л1.3 Иоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии [Текст]: учебник для техникумов / И. Л. Иоффе - Москва: Альянс, 2015 - 352 с.

Л1.4 Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов / А. Г. Касаткин - М.: Альянс, 2014 - 750, [2] с.

Л1.5 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.

8.2 Дополнительная литература

Л2.1 Копырин А. А. Технология производства и радиохимической переработки ядерного топлива [Текст]: учебное пособие для вузов / А. А. Копырин, А. И. Карелин, В. А. Карелин - М.: АтомЭнергоИздат, 2006 - 573, [3] с.

Л2.2 Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: учебник для вузов / В. Г. Айнштейн [и др.]; под ред. В. Г. Айнштейна - М.: Физматкнига, Кн. 1: Кн. 1 - 911 с.

Л2.3 Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: учебник для вузов / В. Г. Айнштейн [и др.]; под ред. В. Г. Айнштейна - М.: Физматкнига, Кн. 2: Кн. 2 - с. 891-1758.

Л2.4 Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию: учебное пособие для вузов / Г. С. Борисов [и др.]; под ред. Ю. И. Дытнерского - М.: Альянс, 2010 - 493, [1] с.

Л2.5 Пищулин В. П. Расчет рабочего флегмового числа : методическое пособие / В. П. Пищулин, Л. Ф. Зарипова; Министерство науки и высшего образования РФ. ФГАОУ ВО "Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, Кафедра машин и аппаратов химических и атомных производств (МАХАП) - Северск: Издательство СТИ НИЯУ МИФИ, 2023 - 34 с.

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: помечать 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 решении задач:

1) нужно обосновать каждый этап решения, исходя из теоретических положений дисциплины. Если студент видит несколько путей решения, то он должен сравнить их и выбрать из них самый лучший;

2) решения задач и примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных;

3) рисунки (графики) можно выполнять от руки, но аккуратно и в соответствии с данными условиями;

4) решение каждой задачи должно доводиться до ответа, требуемого условием, и по возможности в общем виде с выводом формулы. Полученный ответ следует проверять способами, вытекающими из существа данной задачи.

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 ораторской деятельности;

2) выступление должно строиться свободно, убедительно и аргументированно и не должно сводиться к простому воспроизведению текста, не допускается и простое чтение конспекта.

Лабораторные работы. Подготовка к лабораторной работе включает в себя работу с конспектом лекций, рекомендуемой литературой, подготовку ответов к контрольным вопросам для допуска к выполнению лабораторной работы, написание отчета.

Лабораторные занятия проводятся в специализированных лабораториях института.

Прежде чем начать занятия в данной лаборатории студент знакомится с правилами техники безопасности, о чем расписывается в журнале. В лабораториях кафедры запрещается находиться в верхней одежде. На рабочем столе должно находиться только необходимое оборудование и приборы для записей и расчетов. Запрещается класть на рабочий стол сумки, пакеты, шапки и другие посторонние предметы. Студент приступает к выполнению лабораторной работы только после ознакомления с описанием работы и подготовки к ней. Запрещается включать какие-либо приборы или без предварительной проверки их преподавателем или лаборантом. После окончания работы студент должен сдать лаборанту выданные принадлежности, привести в порядок рабочее место, получить отметку в журнале о выполнении работы, предъявив для этого полученные результаты преподавателю.

Не начинайте выполнение опыта пока не уясните себе полностью его цель, метод и не составите план проведения опыта. Так как время проведения опыта ограничено учебными часами, отведенными на него, то всю подготовку необходимо провести самостоятельно до занятий.

Для записи результатов измерения в отчете должны быть заранее подготовлены таблицы, включающие как сами измерения, так и их погрешности.

К следующему занятию студент готовит очередную работу и предъявляет отчет о работе, выполненной на предыдущем занятии. Работа считается окончательно сданной после защиты отчета. Студент должен оформить отчет по прилагаемой форме:

1) название работы;

2) цель работы;

3) краткие сведения из теории, схема установки и основные рабочие формулы;

4) результаты измерений, представленные в виде таблиц и графиков;

5) расчет искомой величины и ее значение;

- 6) расчет ошибки измерения;
- 7) окончательный результат, полученный после округления, с указанием абсолютной и относительной ошибок измерения;
- 8) выводы, заключение о достижении цели, поставленной данной работой, с анализом полученного результата.

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, лабораторных 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 контрольной работе по конструкциям насосов
- Подготовка к контрольной работе по конструкциям: отстойников, фильтров, мешалок, аппаратов для очистки газов
- Подготовка к лабораторным работам
- Оформление отчетов по лабораторным работам
- Оформление отчетов по лабораторным работам.
- Подготовка к контрольным работам
- Подготовка контрольной работе по конструкциям теплообменников
- Подготовка к контрольной работе по конструкциям выпарных аппаратов
- Подготовка к контрольной работе по конструкциям абсорберов
- Подготовка к контрольной работе по конструкциям экстракторов
- Подготовка к промежуточному контролю: Экзамен (6 семестр)

В течение 6 семестра осуществляется контроль знаний студентов: см. раздел 5.1.

По результатам аттестационных мероприятий формируется допуск студента к итоговому контролю – Экзамену по дисциплине. Студент на Экзамене 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.

- Подготовка к промежуточному контролю: Экзамен (7 семестр), Курсовой проект (7 семестр)

В течение 7 семестра осуществляется контроль знаний студентов: см. раздел 5.1.

По результатам аттестационных мероприятий формируется допуск студента к итоговому контролю – Экзамену, защите КП по дисциплине. Студент на Экзамене, защите КП 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): Л.Ф. Зарипова