

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

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

14.03.02 Ядерные физика и технологии

НАИМЕНОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Вывод из эксплуатации ядерно- и радиационно- опасных объектов

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	16	116	Экз.
7	5	180	32	16	16	18	116	Экз., КП
Итого	10	360	64	32	32	34	232	

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) 14.03.02 «Ядерная физика и технологии», образовательной программы «Вывод из эксплуатации ядерно- и радиационно- опасных объектов».

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

1) **знать:**

- 3.1 принципы физического моделирования процессов;
- 3.2 основные уравнения движения газов и жидкостей;
- 3.3 основы теории массообмена;
- 3.4 методы расчета высокоэффективных тепло- и массообменных аппаратов;
- 3.5 физическую сущность механизмов и макрокинетику основных процессов;
- 3.6 принципы математического описания явлений переноса;
- 3.7 основные закономерности и расчетные зависимости, необходимые для расчета типовых процессов и аппаратов;
- 3.8 принципиальные схемы проведения основных процессов, их достоинства, недостатки, области применения;
- 3.9 устройство типовой аппаратуры, методы определения ее оптимальных размеров;
- 3.10 способы интенсификации процессов химической технологии;

2) **уметь:**

- У.1 определять характер движения жидкостей и газов;
- У.2 рассчитывать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса;
- У.3 осуществлять выбор типового оборудования для проведения процесса в заданных условиях;
- У.4 рассчитать и спроектировать установки для проведения процессов химической технологии;
- У.5 сформулировать проблемы, возникающие при аппаратурном оформлении технологических процессов, а также поставить задачу исследований, необходимых для создания новых аппаратов или модернизации существующих;

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

- В.1 навыками проектирования простейших аппаратов химической промышленности;
- В.2 методами анализа и расчета процессов в промышленных аппаратах, выбора их конструкций, определение технологических и экономических показателей работы аппаратов;
- В.3 методами выбора оборудования;
- В.4 методами расчета процессов и аппаратов химических технологий;
- В.5 методами исследований процессов химических технологий;
- В.6 методами обработки экспериментальных данных;
- В.7 методами проектирования оборудования химических производств;
- В.8 методами выполнения конструкторской документации проектируемого оборудования;
- В.9 навыками работы на ЭВМ с использованием пакетов прикладных программ по расчету и конструированию оборудования.

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

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

вооружение будущего бакалавра знаниями теоретических основ общих процессов химической технологии, типов конструкции машин и аппаратов и методов расчета отдельных аппаратов, умением видеть перспективы развития и совершенствования технологических процессов и аппаратурного оформления, принимать самостоятельные решения по расчету и проектированию аппаратуры.

Курс включает изучение моделирования процессов химической технологии, теории подобия, гидромеханических, тепловых и массообменных процессов, основных конструкций аппаратов и машин и методов их расчета.

Основными задачами дисциплины являются:

- ознакомление с методами физического и математического моделирования основных процессов;
- изучение теории основных процессов химической технологии, методов их анализа и расчета и определение оптимальных параметров;
- знакомство с конструкциями различных машин и аппаратов для осуществления основных процессов химической технологии, тенденциями их совершенствования и создания новых;
- изучение применения теоретических положений к конкретным методам расчета отдельных аппаратов, их оптимальному проектированию.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» (Б1.В.ДВ.5.1) - Профессиональный модуль образовательной программы.

3 Формируемые компетенции и планируемые результаты обучения

Универсальные и общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-8 Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов	З-УК-8 Знать: требования, предъявляемые к безопасности условий жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций и пути обеспечения комфортных условий труда на рабочем месте У-УК-8 Уметь: обеспечивать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций и комфортные условия труда на рабочем месте; выявлять и устранять проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте В-УК-8 Владеть: навыками предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций (природного и техногенного происхождения) на рабочем месте

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: производственно-технологический			
Участие в мероприятиях по оценке ядерной и радиационной безопасности, экологического мониторинга и контроля; радиационного обследования ядерно- и радиационно-опасных объектов, подлежащих выводу из эксплуатации; участие в процессах вывода из эксплуатации ядерно- и радиационно-опасных объектов	Машины и оборудование атомной отрасли, ядерные, физические установки и другие ядерно- и радиационно-опасные объекты, подлежащие выводу из эксплуатации; радиоактивные отходы	ПК-6 Способен к контролю соблюдения технологической дисциплины и обслуживания оборудования	З-ПК-6 знать технические характеристики и принципы безопасного обслуживания технологического оборудования У-ПК-6 уметь контролировать соблюдение технологической дисциплины и обслуживание оборудования В-ПК-6 владеть методами контроля, проверок и испытаний систем и навыками выявления неисправностей в работе оборудования

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 направлению 14.03.02 «Ядерные физика и технологии», образовательной программе «Вывод из эксплуатации ядерно- и радиационно- опасных объектов».

Общая трудоемкость дисциплины составляет в зачетных единицах – **10, 360 час.**, обучение по дисциплине проходит в семестре **6, 7**.

Дисциплина (модуль) содержит **разделы:**

- **раздел 1** – «Гидромеханические и тепловые процессы. Оборудование.»
- **раздел 2** – «Массообменные и механические 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 (16 недель)								
1	Гидромеханические и тепловые процессы. Оборудование.	32	16	16	80	4/КР1, 7/КР2, 12/КР3, 16/КР4, 9/ЛР1, 11/ЛР2, 13/ЛР3, 15/ЛР4, 15/РГ31		60
	Экзамен				36			40
Итого за 6 семестр:		32	16	16	116			100
7 семестр (18 недель)								
2	Массообменные и механические процессы. Оборудование.	32	16	16	22	6/КР5, 11/КР6, 12/ЛР5, 14/ЛР6, 16/ЛР7, 7/РГ32, 16/РГ33		60
	Курсовой проект				40			
	Экзамен				54			40
Итого за 7 семестр:		32	16	16	116			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 технические характеристики и принципы безопасного обслуживания технологического оборудования (З-ПК-6)	1, 2	ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, Экзамен (6 сем.), ЛР5, ЛР6, ЛР7, Экзамен (7 сем.), Курсовой проект
– уметь контролировать соблюдение технологической дисциплины и обслуживание оборудования (У-ПК-6)	1, 2	ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, Экзамен (6 сем.), ЛР5, ЛР6, ЛР7, Экзамен (7 сем.), Курсовой проект
– владеть методами контроля, проверок и испытаний систем и навыками выявления неисправностей в работе оборудования (В-ПК-6)	1, 2	РГ31, Экзамен (6 сем.), РГ32, РГ33, Экзамен (7 сем.), Курсовой проект

– Знать: требования, предъявляемые к безопасности условий жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций и пути обеспечения комфортных условий труда на рабочем месте (З-УК-8)	undefined	Экзамен (6 сем.), Экзамен (7 сем.), Курсовой проект
– Уметь: обеспечивать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций и комфортные условия труда на рабочем месте; выявлять и устранять проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте (У-УК-8)	undefined	Экзамен (6 сем.), Экзамен (7 сем.), Курсовой проект
– Владеть: навыками предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций (природного и техногенного происхождения) на рабочем месте (В-УК-8)	undefined	Экзамен (6 сем.), Экзамен (7 сем.), 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 Гидромеханические и тепловые процессы. Оборудование.	
1.1 Введение. Общие принципы расчета химических аппаратов и машин. жидкостей. Перемещение жидкостей. Насосы.	4
1.2 Разделение неоднородных систем. Классификация неоднородных систем. Методы разделения. Материальный ба-ланс процесса.Отстаивание. Скорость свободного и стесненного осаждения. Расчет отстой-ника. Конструкции отстойников.Фильтрование. Скорость процесса.Уравнения фильтрования.Определение постоянных в уравнении фильтрования. Конструкции фильтров.Центрифугирование. Расчет скорости осаждения в поле центробежных сил.Очистка газов. Способы очистки, аппаратура.	4
1.3 Перемешивание в жидких средах и псевдооживление твердого зернистого материала. Механическое перемешивание.Конструкции мешалок.Пневматическое и пульсационное перемешивание.Псевдооживление твердого зернистого материала.	6
1.4 Теплопередача. Теплопередача	4
1.5 Нагревание. Охлаждение.. Источники тепла методы нагрева.Конструкции теплообменников.	6
1.6 Конденсация.. Конденсаторы смешения, поверхностные конденсаторы, расчет.	4
1.7 Выпаривание. Материальный и тепловой баланс однокорпусной выпарки. Конструкции выпарных аппаратов.Многokорпусное выпаривание. Схемы установок.Распределение полезной разности температур по корпусам.	4
<i>Итого по разделу 1:</i>	
	32

Содержание разделов / тематика разделов	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
Раздел 2 Массообменные и механические процессы. Оборудование.	
2.1 Основы массопередачи. Способы выражения состава фаз. Равновесие при массопередаче. Кривая равновесия. Материальный баланс массообменных процессов. Скорость массообмена. Подобие процессов переноса массы. Уравнение массопередачи. Выражение коэффициентов массопередачи через коэффициенты массоотдачи. Средняя движущая сила процесса массопередачи. Число единиц переноса. Высота единиц переноса. Определение основных размеров массообменных аппаратов.	6
2.2 Абсорбция. Равновесие между фазами. Материальный баланс процесса. Тепловой баланс. Схемы абсорбции. Конструкции абсорберов.	6
2.3 Ректификация. Равновесие между фазами. Материальный баланс колонны. Уравнения рабочих линий верхней и нижней части колонны. Построение рабочих линий. Мини-мальное, рабочее, оптимальное флегмовое число. Тепловой баланс колонны. Специальные виды перегонки.	6
2.4 Экстракция. Равновесие между фазами. Требования к экстрагенту. Материальный баланс процесса. Кинетика процесса. Схемы экстракции. Конструкции экстракторов.	4
2.5 Сушка. Виды сушки. Баланс влаги в высушиваемом материале. Контактная сушка: тепловой баланс. Конвективная сушка: основные параметры влажного газа, I-x диаграмма Рамзина, баланс влаги в сушильном агенте. Тепловой баланс конвективной сушилки. Изображение процесса теоретической и действительной сушки на I-x диаграмме. Кинетика сушки.	4
2.6 Монтаж технологического оборудования. Виды и назначение монтажных работ. Монтажная документация и ее состав.	2
2.7 Методы ведения монтажных работ. Классификация методов ведения монтажных работ в зависимости от последовательности производства и от организации МР. Способы монтажа колонных аппаратов.	2
2.8 Оценка готовности объекта под монтаж. Техника безопасности при монтаже и ремонте. Основные положения по организации монтажных работ	2
<i>Итого по разделу 2:</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 Гидромеханические и тепловые процессы. Оборудование.	
1.1 Анализ процесса перемешивания.	4

Перечень лабораторных работ по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
1.2 Изучение гидродинамических явлений и теплообмена при псевдооживлении зернистого материала.	4
1.3 Исследование процесса теплопередачи в кожухотрубчатом теплообменнике..	4
1.4 Испытание электродного выпарного аппарата.	4
<i>Итого по разделу 1:</i>	<i>16</i>
Раздел 2 Массообменные и механические процессы. Оборудование.	
2.1 Изучение процесса ректификации бинарной смеси.	6
2.2 Исследование кинетики сушки..	5
2.3 Изучение устройства и работы дробилок и мельниц.	5
<i>Итого по разделу 2:</i>	<i>16</i>
Всего по лабораторному практикуму дисциплины:	32

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 1 Гидромеханические и тепловые процессы. Оборудование.	
1.1 Расчет кожухотрубчатого теплообменника..	16
<i>Итого по разделу 1:</i>	<i>16</i>
Раздел 2 Массообменные и механические процессы. Оборудование.	
2.1 Расчет абсорбера. Выполнение расчетной работы	8
2.2 Расчет минимального, рабочего и оптимального флегмового числа.. Выполнение расчетной работы	8
<i>Итого по разделу 2:</i>	<i>16</i>
Всего по практическим / семинарским занятиям дисциплины:	32

5.5 Курсовое проектирование

В соответствии с рабочим учебным планом предусмотрено выполнить: Курсовой проект (7 семестр). Курсовой проект включает в себя следующие этапы:

- 1) Проектирование оборудования по вариантам. Изучение литературы.
- 2) Материальный расчет.
- 3) Тепловой расчет.
- 4) Конструктивный расчет. Подбор ст. изделий..
- 5) Расчет на прочность.
- 6) Гидравлический расчет.
- 7) Расчет изоляции.
- 8) Оформление записки.
- 9) Выполнение графической части проекта.

6 Образовательные технологии

При проведении лекций используются следующие образовательные технологии: IT-методы, Case-study, Обучение на основе опыта.

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

При проведении практических занятий используются следующие образовательные технологии: Проектный метод, Поисковый метод.

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

Общее число часов занятий, проводимых в интерактивной форме – 34 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-6	З-ПК-6	ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, Экзамен (6 сем.), ЛР5, ЛР6, ЛР7, Экзамен (7 сем.), Курсовой проект
ПК-6	У-ПК-6	ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, Экзамен (6 сем.), ЛР5, ЛР6, ЛР7, Экзамен (7 сем.), Курсовой проект
ПК-6	В-ПК-6	РГ31, Экзамен (6 сем.), РГ32, РГ33, Экзамен (7 сем.), Курсовой проект
УК-8	З-УК-8	Экзамен (6 сем.), Экзамен (7 сем.), Курсовой проект
УК-8	У-УК-8	Экзамен (6 сем.), Экзамен (7 сем.), Курсовой проект
УК-8	В-УК-8	Экзамен (6 сем.), Экзамен (7 сем.), 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
КР3	Контрольная работа	5	3
КР4	Контрольная работа	5	3
ЛР1	Лабораторная работа	5	3
ЛР2	Лабораторная работа	5	3
ЛР3	Лабораторная 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 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 Экзамена (6 семестр):

- 1 Классификация основных процессов химической технологии.
- 2 Общие принципы расчета химических аппаратов и машин.
- 3 Первая, вторая и третья теоремы подобия.
- 4 Гидродинамическое подобие.
- 5 Классификация неоднородных систем.
- 6 Методы разделения неоднородных систем.
- 7 Материальный расчет процесса.
- 8 Отстаивание.
- 9 Скорость стесненного осаждения.
- 10 Производительность отстойника.
- 11 Конструкция отстойников.
- 12 Фильтрация. Общие сведения.
- 13 Уравнения фильтрации при постоянной разности давлений, при постоянной скорости процесса и при постоянных разности давлений и скорости процесса.
- 14 Определение постоянных в уравнениях фильтрации.
- 15 Конструкции фильтров: нутч-фильтры; фильтр-прессы; патронные фильтры; барабанные вакуум-фильтры; дисковые вакуум-фильтры; ленточные вакуум-фильтры.
- 16 Центрифугирование. Физическая сущность процесса.
- 17 Расчет скорости осаждения в поле центробежных сил.
- 18 Классификация центрифуг.
- 19 Конструкции центрифуг (центрифуга фильтрующего типа; осадительная центрифуга со шнековой выгрузкой осадка).
- 20 Гидроциклоны.
- 21 Перемешивание в жидкой среде.
- 22 Механическое перемешивание.
- 23 Расчет мощности, потребляемой на перемешивание.
- 24 Устройство мешалок (лопастные; пропеллерные; турбинные; специальные).
- 25 Пневматическое перемешивание.
- 26 Пульсационное перемешивание.
- 27 Расчет теплообменной аппаратуры.
- 28 Теплопередача при постоянных температурах для цилиндрических стенок.
- 29 Теплопередача при переменных температурах теплоносителя.
- 30 Уравнение теплопередачи при параллельном токе теплоносителей.
- 31 Выбор взаимного направления движения теплоносителей.
- 32 Определение температуры стенок.
- 33 Определение потерь тепла в окружающую среду.
- 34 Источники тепла и методы нагревания. Общие сведения.
- 35 Нагревание водяным паром. Нагревание острым паром. Нагревание глухим паром. Отвод конденсата и неконденсирующихся газов.
- 36 Нагревание топочными газами.
- 37 Нагревание горячей водой.
- 38 Нагревание минеральным маслом.
- 39 Нагревание высокотемпературными органическими теплоносителями.
- 40 Нагревание расплавленными солями.
- 41 Нагревание электрическим током.
- 42 Электрические нагреватели прямого действия.
- 43 Электрические нагреватели косвенного действия.
- 44 Индукционный нагрев.
- 45 Диэлектрический нагрев.
- 46 Дуговые печи.
- 47 Расчет теплообменника.

- 48 Конструкции теплообменных аппаратов.
- 49 Кожухотрубчатые теплообменники.
- 50 Одноходовые теплообменники.
- 51 Многоходовые теплообменники.
- 52 Теплообменники с компенсаторами температурных удлинений.
- 53 Теплообменники типа «труба в трубе».
- 54 Змеевиковые теплообменники.
- 55 Оросительные теплообменники.
- 56 Пластинчатые теплообменники.
- 57 Пути интенсификации работы теплообменного оборудования.
- 58 Охлаждение и конденсация.
- 59 Хладагенты.
- 60 Расчет поверхностных конденсаторов.
- 61 Конденсация смешением.
- 62 Мокрый прямоточный барометрический конденсатор.
- 63 Выпаривание. Общие сведения.
- 64 Однокорпусные выпарные установки.
- 65 Материальный баланс.
- 66 Тепловой баланс.
- 67 Полезная разность температур.
- 68 Температурные потери.
- 69 Многокорпусное выпаривание.
- 70 Прямоточные установки.
- 71 Противоточные установки.
- 72 Предел числа корпусов при многократном выпаривании.
- 73 Материальный баланс.
- 74 Тепловой баланс.
- 75 Распределение полезной разности температур по корпусам.
- 76 Схема расчета многокорпусной выпарной установки.
- 77 Типы выпарных аппаратов.
- 78 Змеевиковые аппараты.
- 79 Аппараты с внутренней нагревательной камерой и центральной циркуляционной трубой.
- 80 Аппараты с подвесной нагревательной камерой.
- 81 Аппараты с выносной циркуляционной трубой.
- 82 Аппараты с выносной греющей камерой.
- 83 Аппараты с вынесенной зоной кипения.
- 84 Пленочные выпарные аппараты.
- 85 Аппараты с принудительной циркуляцией.

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 Расчет аппаратов со ступенчатым контактом фаз.
- 24 Уравнение массопередачи для аппаратов со ступенчатым контактом фаз.
- 25 Аналитический метод определения сила ступеней.
- 26 Графический метод определения числа ступеней (метод с построением кинетической кривой, метод теоретических тарелок).
- 27 Определение высоты ступени.
- 28 Абсорбция. Общие сведения. Равновесие между фазами.
- 29 Материальный баланс и расход абсорбента.
- 30 Тепловой баланс.
- 31 Конструкции абсорберов.
- 32 Поверхностные абсорберы.
- 33 Пленочные абсорберы.
- 34 Насадочные абсорберы.
- 35 Требования к насадке.
- 36 Гидродинамика насадочных колонн.
- 37 Интенсификация работы насадочных абсорберов (принудительное эмульгирование, вибрирующая насадка, псевдооживленная насадка).
- 38 Барботажные абсорберы (колонны с колпачковыми тарелками, колонны ситчатыми тарелками, колонны с провальными тарелками, другие виды тарелок массообменных аппаратов).
- 39 Абсорберы распыливающего типа.
- 40 Десорбция.
- 41 Перегонка и ректификация.
- 42 Диаграммы равновесных составов, применяемые при ректификации.
- 43 Правило фаз при ректификации. Смеси взаимно растворимых жидкостей. Законы Рауля, Дальтона. Первый закон Коновалова.
- 44 Диаграмма $t=f(x,y)$, X-Y диаграмма. Смеси взаимно нерастворимых жидкостей.
- 45 Простая перегонка.
- 46 Ректификация.
- 47 Схема непрерывной ректификации.
- 48 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).
- 49 Минимальное флегмовое число.
- 50 Рабочее флегмовое число.
- 51 Оптимальное флегмовое число.
- 52 Тепловой баланс ректификационной установки.
- 53 Специальные виды перегонки.
- 54 Перегонка с водяным паром.

- 55 Экстрактивная перегонка.
- 56 Азеотропная перегонка.
- 57 Солевая ректификация.
- 58 Молекулярная перегонка.
- 59 Экстрагирование. Общие сведения. Фазовое равновесие.
- 60 Материальный баланс процесса экстракции.
- 61 Кинетика экстракции.
- 62 Техническое проведение процессов экстракции.
- 63 Экстрагирование перекрестным током с одним растворителем.
- 64 Противоточное экстрагирование. Аппаратура экстракционных установок.
- 65 Колонные экстракторы.
- 66 Смесительно-отстойные аппараты.
- 67 Центробежные экстракторы.
- 68 Сушка. Общие сведения.
- 69 Связь влаги с материалом.
- 70 Движущая сила процесса сушки.
- 71 Баланс влаги в высушиваемом материале.
- 72 Контактная сушка. Общие сведения.
- 73 Тепловой баланс контактной сушки.
- 74 Конструкция сушилок контактного действия.
- 75 Конвективная сушка.
- 76 Основные параметры влажного газа (абсолютная влажность, относительная влажность, влагосодержание, энтальпия).
- 77 Диаграмма I-X состояния влажного газа.
- 78 Изображения изменения параметров влажного воздуха на I-X диаграмме.
- 79 Баланс влаги в сушильном агенте.
- 80 Тепловой баланс конвективной сушки.
- 81 Изображение процесса на I-X диаграмме.
- 82 Кинетика процессы сушки.
- 83 Конструкции сушилок (туннельные сушилки, ленточные сушилки, барабанные сушилки, распылительные сушилки, сушилки кипящего слоя).
- 84 Специальные способы сушки (терморadiационная сушка, сушка токами высокой частоты, сублимационная сушка).
- 85 Механические процессы
- 86 Измельчение.

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.

8.3 Информационно-образовательные ресурсы

Э1 Айнштейн, В. Г. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс: в 2 книгах : / Айнштейн В.Г., Захаров М.К., Носов Г.А. — Москва : Бинوم. Лаборатория знаний, 2014 .— ISBN 978-5-9963-2214-5 .—

Э2 Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию [Электронный ресурс] : Учебное пособие для химико-технологических специальностей вузов / Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др. ; Под ред. Ю. И. Дытнерского .— М. : Химия, 1991

Э3 Лашинский, Александр Александрович. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры [Сопротивление материалов] : справочник / А. А. Лашинский, А. Р. Толчинский .— 4-е изд., стер., перепечатка со второго издания 1970 г. — М. : Альянс, 2013 .— 752 с.

Э4 Пищулин, Владимир Петрович. Курсовое проектирование по процессам и аппаратам химической технологии [Текст] : учебное .— Северск : Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2011 .— 67, [1] с. : ил. — Библиогр.: с. 24-27.

Э5 Издание на др. носителе: Курсовое проектирование по процессам и аппаратам химической технологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. П. Пищулин ; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", Северский технологический институт - филиал НИЯУ МИФИ (СТИ НИЯУ МИФИ) .— 1 компьютерный файл (pdf; 1574 KB) .— Северск : Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2011 .— 67, [1] с. : ил

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.

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
- Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса
- Подготовка к контрольной работе;
- Подготовка к лабораторным работам
- Оформление отчетов по лабораторным работам
- Подготовка к практическим занятиям, семинарам
- Выполнение расчетных работ
- 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