

**Северский технологический институт –**

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

**(СТИ НИЯУ МИФИ)**

**Кафедра «Химии и технологии материалов современной энергетики»**

ОДОБРЕНО  
Ученым советом СТИ НИЯУ МИФИ  
протокол № 5 от 28.06.2023

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
ОБОРУДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ**

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)
9	3	108	32	32	0	26	44	Зач.
10	3	108	16	16	0	26	76	Экз.
Итого	6	216	48	48	0	52	120	

## **Аннотация**

Рабочая программа дисциплины «Оборудование производств редких элементов» 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 основные термины и понятия, используемые при расчёте и конструировании машин и аппаратов, применяемых на предприятиях ЯТЦ, производств редких элементов и в химической промышленности, а также проектировании различных производств;

3.2 типовые конструкции сборочных единиц и деталей для конструируемых объектов;

3.3 типовые конструкции основных аппаратов общего назначения и аппаратов для радиохимических и ядерно-опасных производств;

3.4 методики и принципы материальных, тепловых, конструктивных и прочностных расчетов нестандартного оборудования химических, радиохимических и специальных производств;

3.5 методы и принципы подбора стандартного оборудования;

3.6 основы и принципы проектирования предприятий.

### **2) уметь:**

У.1 подбирать справочную и нормативно-техническую литературу;

У.2 выбирать методику расчёта элементов машин и аппаратов и инженерно грамотно ею пользоваться;

У.3 выбирать оптимальную форму и конструкцию конструируемых деталей и сборочных единиц оборудования;

У.4 подбирать стандартное оборудование для проектируемых производств

У.5 проектировать предприятия, в том числе используя основы САПР.

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

В.1 решение различных задач прикладного характера;

В.2 работу с информацией из различных источников для разработки новых технологических схем проектируемых производств, расчет и моделирование аппаратов;

В.3 анализ технологических процессов и оборудования, выявление недостатков и разработку мероприятий по их усовершенствованию, а также принятие технических решений с учетом всех факторов, влияющих на процесс, с целью повышения их эффективности.

## **1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Оборудование производств редких элементов» являются:

- ознакомление студентов с основными типами и принципами работы оборудования, используемого в производствах редких элементов, принципами создания каскадов и замкнутых схем;

- ознакомление будущих инженеров с принципами и методами технологических и прочностных расчетов нестандартного оборудования предприятий ЯТЦ, производств редких элементов и химической промышленности;

- ознакомление с методами выбора стандартного оборудования, типовых и новых конструкций оборудования;

- ознакомление с основами конструирования объектов химической техники, а также проектирования современных предприятий ЯТЦ, производств редких элементов и химической промышленности.

Дисциплина «Оборудование производств редких элементов (ОПРЭ)» является одной из наиболее важных дисциплин при получении студентами специализации «Химическая технология материалов ядерно-топливного цикла» и необходима для научно-исследовательской, проектной, производственно-технологической и организационно-управленческой деятельности специалиста.

В результате изучения дисциплины студент должен ознакомиться с проблемами, стоящими перед предприятиями ЯТЦ, отраслями химического машиностроения и химической промышленности; он должен обладать осознанной убежденностью в своем предназначении решать эти проблемы с учетом социальной полезности принятых решений на всех этапах жизненного цикла объектов на основе владения общей методикой и средствами проектирования и конструирования. Особое место при конструировании и проектировании необходимо уделять вопросам долговечности, надёжности и безопасности оборудования.

Основными задачами дисциплины являются:

- освоение студентами общих принципов и методов расчета и конструирования нестандартного оборудования;

- знание основ проектирования, в том числе с применением САПР, предприятий ЯТЦ, производств редких элементов и химической промышленности;

- умение выбрать стандартные машины и аппараты для проведения процессов, применяемых на предприятиях ЯТЦ, производств редких элементов и химической промышленности.

## 2 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Оборудование производств редких элементов» (Б1.В.ОД.1.1) - 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
<b>тип задач профессиональной деятельности: технологический</b>			
Осуществление технологического процесса в соответствии с требованиями технологического регламента; Освоение	руды, концентраты и вторичное сырье, содержащие уран, цирконий, радиоактивные элементы, редкие	<b>ПК-2.2</b> Способен осуществлять разработку и проектирование технологических процессов и оборудования для извлечения материалов ядерно-топливного цикла (ЯТЦ) атомной энергетики из природного и	<b>З-ПК-2.2</b> Знать: технологический процесс и оборудование для извлечения материалов ЯТЦ, разделения изотопов легких элементов <b>У-ПК-2.2</b> Уметь: определять необходимое технологическое

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
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	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 территорий, связанные с использованием ядерных объектов	техногенного сырья, переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и радиоактивных отходов (РАО), разделения изотопов легких элементов и их применения	оборудование для переработки природного и техногенного сырья, переработки ОЯТ и РАО, разделения изотопов легких элементов <b>В-ПК-2.2</b> Владеть: навыками технологических процессов или отдельных элементов оборудования используемого для переработки природного и техногенного сырья, переработки ОЯТ и РАО, разделения изотопов легких элементов
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	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	<b>ПК-3</b> Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	<b>З-ПК-3</b> Знать: конструкцию основного и вспомогательного оборудования <b>У-ПК-3</b> Уметь: выбрать оптимальную технологическую схему процесса в соответствии с регламентом <b>В-ПК-3</b> 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
энергетики, изотопно чистых веществ, их соединений	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 территорий, связанные с использованием ядерных объектов		
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	<b>ПК-4</b> Способен анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию	<b>З-ПК-4</b> Знать: способы анализа технологических процессов и выявления его недостатков <b>У-ПК-4</b> Уметь: анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию <b>В-ПК-4</b> Владеть: навыками разработки мероприятий по совершенствованию технологического процесса

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
	условиях; технологические процессы обращения с ОЯТ и РАО и методы обеспечения радиационной безопасности и реабилитации территорий, связанные с использованием ядерных объектов		

#### 4 Воспитательный потенциал учебной дисциплины

Воспитательный потенциал дисциплины «Оборудование производств редких элементов» 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 – 6, 216 час.**, обучение по дисциплине проходит в **семестре 9, 10.**

Дисциплина (модуль) содержит **разделы:**

– **раздел 1** – «Основы расчета и конструирования элементов машин и аппаратов на прочность, устойчивость и вибростойкость»

– **раздел 2** – «Основы проектирования предприятий по производству редких элементов»

– **раздел 3** – «Основы расчета и конструирования механического, гидромеханического и теплообменного оборудования предприятий по производству редких элементов»

– **раздел 4** – «Основы расчета и конструирования массообменного и реакционного оборудования предприятий по производству редких элементов»

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)	
<b>9 семестр (18 недель)</b>								
1	Основы расчета и конструирования элементов машин и аппаратов на прочность, устойчивость и вибростойкость	16	16		32	1/Зд1, 2/Зд2, 3/Зд3, 4/Зд4, 5/Зд5, 6/Зд6, 7/Зд7, 8/Зд8, 14/РГ31	14/Т1	41
2	Основы проектирования предприятий по производству редких элементов	16	16		12	9/Зд9, 10/Зд10, 11/Зд11, 12/Зд12, 13/Зд13, 14/Зд14, 15/Зд15, 16/Зд16	16/Т2	19
	Зачет							40
<b>Итого за 9 семестр:</b>		32	32		44			100
<b>10 семестр (17 недель)</b>								
3	Основы расчета и конструирования механического, гидромеханического и теплообменного оборудования предприятий по производству редких элементов	8	8		20	2/Зд17, 4/Зд18, 6/Зд19, 8/Зд20, 8/РГ32	8/Т3	28
4	Основы расчета и конструирования массообменного и реакционного оборудования предприятий по производству редких элементов	8	8		20	10/Зд21, 12/Зд22, 14/Зд23, 16/Зд24, 16/РГ33	16/Т4	32
	Экзамен				36			40
<b>Итого за 10 семестр:</b>		16	16		76			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

<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Номера разделов</b>	<b>Аттестационные мероприятия</b>
– Знать: технологический процесс и оборудование для извлечения материалов ЯТЦ, разделения изотопов легких элементов ( <b>З-ПК-2.2</b> )	1, 2, 3, 4	Зд21, Зд22, Зд23, РГ33, Т4, Экзамен (10 сем.)
– Уметь: определять необходимое технологическое оборудование для переработки природного и техногенного сырья, переработки ОЯТ и РАО, разделения изотопов легких элементов ( <b>У-ПК-2.2</b> )	4	Зд21, Зд22, Зд23, Зд24, РГ33, Т4, Экзамен (10 сем.)
– Владеть: навыками технологических процессов или отдельных элементов оборудования используемого для переработки природного и техногенного сырья, переработки ОЯТ и РАО, разделения изотопов легких элементов ( <b>В-ПК-2.2</b> )	4	Зд21, Зд22, Зд23, Зд24, РГ33, Т4, Экзамен (10 сем.)
– Знать: конструкцию основного и вспомогательного оборудования ( <b>З-ПК-3</b> )	1, 2, 3, 4	Зд1, Зд2, Зд6, Зд7, Зд8, РГ31, Т1, Зд9, Зд10, Зд11, Зд12, Зд13, Зд15, Зд16, Т2, Зачет (9 сем.), Зд17, Зд18, Зд19, Зд20, РГ32, Т3, Экзамен (10 сем.)
– Уметь: выбрать оптимальную технологическую схему процесса в соответствии с регламентом ( <b>У-ПК-3</b> )	1, 2, 3	Зд8, РГ31, Т1, Зд9, Зд10, Зд11, Зд12, Зд14, Зд15, Т2, Зачет (9 сем.), РГ32, Т3, Экзамен (10 сем.)
– Владеть: навыками обоснования конкретного технического решения при разработке технологических процессов ( <b>В-ПК-3</b> )	1, 2, 3	Зд1, Зд2, Зд3, Зд4, Зд5, Зд6, Зд7, Зд8, РГ31, Т1, Зд9, Зд10, Зд11, Зд16, Т2, Зачет (9 сем.), Зд18, Зд19, Зд20, РГ32, Т3, Экзамен (10 сем.)
– Знать: способы анализа технологических процессов и выявления его недостатков ( <b>З-ПК-4</b> )	1, 4	РГ33, Т4, Экзамен (10 сем.)
– Уметь: анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию ( <b>У-ПК-4</b> )	4	РГ33, Т4, Экзамен (10 сем.)
– Владеть: навыками разработки мероприятий по совершенствованию технологического процесса ( <b>В-ПК-4</b> )	4	РГ33, Т4, Экзамен (10 сем.)

## 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
<b>Раздел 1 Основы расчета и конструирования элементов машин и аппаратов на прочность, устойчивость и вибростойкость</b>	
<b>1.1 Выбор и расчёт основных механических характеристик конструкционных материалов и расчётных параметров.</b>	4
<b>1.2 Безмоментная теория расчета тонкостенных оболочек. Инженерные методы расчета оболочек.</b>	4
<b>1.3 Расчет элементов машин и аппаратов на устойчивость.</b>	4
<b>1.4 Основы расчёта и конструирования быстровращающихся машин на прочность и вибростойкость.</b>	4
<i>Итого по разделу 1:</i>	<i>16</i>
<b>Раздел 2 Основы проектирования предприятий по производству редких элементов</b>	
<b>2.1 Цели и задачи проектирования, ТЭО проектируемого объекта.</b>	4
<b>2.2 Этапы проектирования. Общая методика проектирования.</b>	4
<b>2.3 Жизненный цикл объектов химических производств и производств редких элементов.</b>	4
<b>2.4 САПР. Структура и классификация САПР, перспективы развития САПР.</b>	4
<i>Итого по разделу 2:</i>	<i>16</i>
<b>Раздел 3 Основы расчета и конструирования механического, гидромеханического и теплообменного оборудования предприятий по производству редких элементов</b>	
<b>3.1 Основы расчета и конструирования механического оборудования (дробилки и мельницы).</b>	2
<b>3.2 Основы расчета и конструирования механического оборудования (классификаторы, питатели и дозаторы).</b>	2
<b>3.3 Основы расчета и конструирования гидромеханического оборудования (центрифуги и фильтры).</b>	2
<b>3.4 Основы расчета и конструирования теплообменного оборудования (теплообменники и выпарные аппараты).</b>	2
<i>Итого по разделу 3:</i>	<i>8</i>
<b>Раздел 4 Основы расчета и конструирования массообменного и реакционного оборудования предприятий по производству редких элементов</b>	
<b>4.1 Основы расчета и конструирования массообменного оборудования (абсорберы, адсорберы, ионообменные аппараты).</b>	2
<b>4.2 Основы расчета и конструирования массообменного оборудования (экстракторы).</b>	2
<b>4.3 Особенности расчета и конструирования реакционного оборудования.</b>	2
<b>4.4 Технологические трубопроводы. Классификация, составные части, их расчет и проектирование.</b>	2
<i>Итого по разделу 4:</i>	<i>8</i>
<b>Всего по теоретическому разделу дисциплины:</b>	<b>48</b>

### 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
<b>Раздел 1 Основы расчета и конструирования элементов машин и аппаратов на прочность, устойчивость и вибростойкость</b>	
<b>1.1 Основные конструкционные материалы, их классификация и маркировка.</b>	2
<b>1.2 Принципы выбора конструкционных материалов для химоборудования с учетом технических и технико-экономических показателей.</b>	2
<b>1.3 Расчет основных физико-механических характеристик конструкционных материалов.</b>	2
<b>1.4 Определение напряжений в стенках оболочек вращения.</b>	2
<b>1.5 Расчет конструктивных элементов машин и аппаратов с учетом действия краевых сил и моментов.</b>	2
<b>1.6 Расчет и конструирование крышек и днищ машин и аппаратов.</b>	2
<b>1.7 Расчет и конструирование фланцев и опор машин и аппаратов.</b>	2
<b>1.8 Основы расчёта и конструирования химоборудования, работающего при высоких давлениях. Подбор стандартных конструктивных элементов для машин и аппаратов и подбор стандартных машин и аппаратов.</b>	2
<i>Итого по разделу 1:</i>	<i>16</i>
<b>Раздел 2 Основы проектирования предприятий по производству редких элементов</b>	
<b>2.1 Задание и подготовка исходных данных для проектирования.</b>	2
<b>2.2 Разработка проектной документации по охране окружающей среды.</b>	2
<b>2.3 Разработка технологического процесса для промышленного проектирования.</b>	2
<b>2.4 Выбор технологического оборудования.</b>	2
<b>2.5 Технологический расчет основной и вспомогательной аппаратуры.</b>	2
<b>2.6 Составление генерального плана размещения предприятия.</b>	2
<b>2.7 Основные стадии проектирования производств.</b>	2
<b>2.8 САПР предприятий.</b>	2
<i>Итого по разделу 2:</i>	<i>16</i>
<b>Раздел 3 Основы расчета и конструирования механического, гидромеханического и теплообменного оборудования предприятий по производству редких элементов</b>	
<b>3.1 Технологический расчёт барабанных машин.</b>	2
<b>3.2 Расчёт на прочность и жесткость основных конструктивных элементов барабанных машин.</b>	2
<b>3.3 Технологический и прочностной расчёты шнековых машин.</b>	2

Перечень практических / семинарских занятий по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<b>3.4 Расчёт на прочность и вибростойкость основных конструктивных элементов быстровращающихся машин.</b>	2
<i>Итого по разделу 3:</i>	8
<b>Раздел 4 Основы расчета и конструирования массообменного и реакционного оборудования предприятий по производству редких элементов</b>	
<b>4.1 Технологический расчёт пламенного реактора для получения гексафторида урана.</b>	2
<b>4.2 Прочностной расчёт пламенного реактора для получения гексафторида урана.</b>	2
<b>4.3 Технологический расчёт центрабежного экстрактора для аффинажа соединений редких элементов.</b>	2
<b>4.4 Технологический расчет печей для рафинирования редких металлов.</b>	2
<i>Итого по разделу 4:</i>	8
<b>Всего по практическим / семинарским занятиям дисциплины:</b>	<b>48</b>

### 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, Работа в команде, Обучение на основе опыта.

При проведении практических занятий используются следующие образовательные технологии: IT-методы, Работа в команде, Обучение на основе опыта, Опережающая самостоятельная работа, Проектный метод.

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

Общее число часов занятий, проводимых в интерактивной форме – 52 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-2.2	З-ПК-2.2	Зд21, Зд22, Зд23, РГ33, Т4, Экзамен (10 сем.)
ПК-2.2	У-ПК-2.2	Зд21, Зд22, Зд23, Зд24, РГ33, Т4, Экзамен (10 сем.)
ПК-2.2	В-ПК-2.2	Зд21, Зд22, Зд23, Зд24, РГ33, Т4, Экзамен (10 сем.)
ПК-3	З-ПК-3	Зд1, Зд2, Зд6, Зд7, Зд8, РГ31, Т1, Зд9, Зд10, Зд11,

		Зд12, Зд13, Зд15, Зд16, Т2, Зачет (9 сем.), Зд17, Зд18, Зд19, Зд20, РГ32, Т3, Экзамен (10 сем.)
ПК-3	У-ПК-3	Зд8, РГ31, Т1, Зд9, Зд10, Зд11, Зд12, Зд14, Зд15, Т2, Зачет (9 сем.), РГ32, Т3, Экзамен (10 сем.)
ПК-3	В-ПК-3	Зд1, Зд2, Зд3, Зд4, Зд5, Зд6, Зд7, Зд8, РГ31, Т1, Зд9, Зд10, Зд11, Зд16, Т2, Зачет (9 сем.), Зд18, Зд19, Зд20, РГ32, Т3, Экзамен (10 сем.)
ПК-4	З-ПК-4	РГ33, Т4, Экзамен (10 сем.)
ПК-4	У-ПК-4	РГ33, Т4, Экзамен (10 сем.)
ПК-4	В-ПК-4	РГ33, Т4, Экзамен (10 сем.)

**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 9 семестре:

Вид контроля	Наименование видов контроля	Максимальная положительная оценка в баллах	Минимальная положительная оценка в баллах
<b>Текущая аттестация</b>			
Зд1	Задание (задача)	2	1.2
Зд2	Задание (задача)	2	1.2
Зд3	Задание (задача)	2	1.2
Зд4	Задание (задача)	2	1.2
Зд5	Задание (задача)	2	1.2
Зд6	Задание (задача)	2	1.2
Зд7	Задание (задача)	2	1.2
Зд8	Задание (задача)	2	1.2
РГ31	Расчетно-графическое задание	15	9
Т1	Тестирование	10	6
Зд9	Задание (задача)	1	0.6
Зд10	Задание (задача)	1	0.6
Зд11	Задание (задача)	1	0.6
Зд12	Задание (задача)	1	0.6
Зд13	Задание (задача)	1	0.6
Зд14	Задание (задача)	1	0.6
Зд15	Задание (задача)	1	0.6
Зд16	Задание (задача)	2	1.2
Т2	Тестирование	10	6
<b>Сумма:</b>		<b>60</b>	<b>36</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>			
Зачет		<b>40</b>	<b>24</b>
<b>Итого:</b>		<b>100</b>	<b>60</b>

#### Аттестация в 10 семестре:

Вид контроля	Наименование видов контроля	Максимальная положительная оценка в баллах	Минимальная положительная оценка в баллах
<b>Текущая аттестация</b>			
Зд17	Задание (задача)	2	1.2
Зд18	Задание (задача)	2	1.2
Зд19	Задание (задача)	2	1.2
Зд20	Задание (задача)	2	1.2
РГ32	Расчетно-графическое задание	10	6
Т3	Тестирование	10	6
Зд21	Задание (задача)	3	1.8
Зд22	Задание (задача)	3	1.8
Зд23	Задание (задача)	3	1.8
Зд24	Задание (задача)	3	1.8
РГ33	Расчетно-графическое задание	10	6
Т4	Тестирование	10	6
<b>Сумма:</b>		<b>60</b>	<b>36</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>			
Экзамен		<b>40</b>	<b>24</b>
<b>Итого:</b>		<b>100</b>	<b>60</b>

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 (9 семестр):**

- 1 Цели и задачи введения ЕСКД
- 2 Понятие термина “изделие”. Виды изделий
- 3 Изделия основного и вспомогательного производств
- 4 Изделия культурно-массового и производственного назначения
- 5 Методы снижения стоимости оборудования
- 6 Требования к конструкционным материалам
- 7 Классификация конструкционных материалов

- 8 Определение допускаемых напряжений и коэффициентов запаса прочности и устойчивости
- 9 Обеспечение техники безопасности на стадии проектирования оборудования
- 10 Определение тонкостенных аппаратов
- 11 Расчётные параметры
- 12 Задача расчёта тонкостенного аппарата
- 13 Уравнение Лапласа
- 14 Определение нормальных напряжений от изгибающих моментов
- 15 Моментная теория расчёта тонкостенных сосудов
- 16 Общий порядок определения краевых напряжений
- 17 Расчёт тонкостенных оболочек, работающих под действием наружного давления
- 18 Классификация крышек и днищ тонкостенных аппаратов
- 19 Расчёт крышек и днищ
- 20 Проектирование теплообменных рубашек
- 21 Типы и классификация фланцевых соединений
- 22 Присоединительные размеры фланцевых соединений
- 23 Условные проходы и давление
- 24 Общие требования при конструировании фланцев
- 25 Укрепление отверстий
- 26 Опорные устройства аппаратов
- 27 Устройства для strapовки машин и аппаратов
- 28 Толстостенные сосуды и аппараты. Основные понятия
- 29 Расчёт аппаратов высокого давления
- 30 Расчёт обечаек АД с тепловыми нагрузками
- 31 Методы повышения несущей способности АД
- 32 Бандажи. Типы бандажей вращающихся аппаратов
- 33 Назначение и типы роликов вращающихся аппаратов
- 34 Оборудование радиохимических производств, Общие принципы безопасности
- 35 Конструкции сосудов специальных
- 36 Взрывозащита оборудования. Основные понятия и определения
- 37 Классификация предохранительных мембран и взрывных клапанов
- 38 Оценка результатов проектирования
- 39 Методы и приемы конструирования и проектирования
- 40 Общие положения о промышленном проектировании
- 41 Задачи промышленного проектирования
- 42 Оборудование
- 43 Части проекта
- 44 Общая методика проектирования
- 45 Жизненный цикл предприятия
- 46 Этап 1. Выявление потребностей
- 47 Этап 2. Постановка цели
- 48 Этап 3. Исследования
- 49 Этап 4. Формулирование задания
- 50 Этап 5. Генерирование новых идей (ГНИ)
- 51 Этап 6. Выработка концепции
- 52 Этап 7. Анализ осуществимости
- 53 Этап 8. Разработка документации
- 54 Этап 9. Испытания
- 55 Этап 10. Изготовление (строительство)
- 56 Этап 11. Распределение
- 57 Этап 12. Потребление (эксплуатация)
- 58 САПР химмаш

- 59 Понятие о САПР
- 60 Стадии развития САПР
- 61 Принципы построения САПР
- 62 Технические средства САПР
- 63 Классификация САПР

**Вопросы для Экзамена (10 семестр):**

- 1 Классификация оборудования для производства редких элементов.
- 2 Теплообменники. Типы теплообменников
- 3 Теплоносители и хладагенты.
- 4 Конструирование кожухотрубчатых теплообменников.
- 5 Теплообменники с рубашками.
- 6 Гидравлический расчет КТА.
- 7 Порядок конструирования КТА.
- 8 Теплообменные аппараты с электрическим обогревом (прямым и косвенным).
- 9 Расчет и конструирование ТЭНов.
- 10 Требования, определяющие конструкцию выпарного аппарата (ВА).
- 11 Классификация ВА.
- 12 Определение размеров парового пространства ВА.
- 13 Конструкции основных сборочных единиц ВА.
- 14 Сепараторы для улавливания пены и брызг в ВА.
- 15 Массообменные аппараты (МА). Классификация контактных устройств
- 16 Требования, предъявляемые к контактным устройствам.
- 17 Непровальные контактные устройства, порядок их расчета.
- 18 Конструктивные элементы колпачковых тарелок.
- 19 Ситчатые тарелки и тарелки с S-образными контактными элементами.
- 20 Провальные тарелки, их классификация.
- 21 Насадочные контактные устройства, виды и характеристики насадок.
- 22 Способы интенсификации работы насадочных аппаратов.
- 23 Способы интенсификации работы тарельчатых аппаратов.
- 24 Оросительные устройства МА
- 25 Фильтры. Классификация и основные принципы расчета и конструирования.
- 26 Центрифуги. Классификация центрифуг.
- 27 Параметрический расчет центрифуг.
- 28 Энергетический расчет центрифуг непрерывного действия.
- 29 Жидкостные сепараторы.
- 30 Измельчение. Классы измельчения.
- 31 Способы измельчения.
- 32 Классификация измельчителей по способу измельчения.
- 33 Задачи параметрического расчета измельчителей.
- 34 Щековые дробилки (ЩД). Основные конструктивные смены.
- 35 Параметрический расчет ЩД:
- 36 Прочностной расчет основных конструктивных элементов ЩДП.
- 37 Конусные дробилки (КД). Основные конструктивные схемы КД.
- 38 Разделение сыпучих материалов. Классификация классификаторов.
- 39 Параметрический расчет плоских грохотов.
- 40 Энергетический расчет плоских грохотов.
- 41 Разделение сыпучих материалов под действием гравитационно-инерционных сил.
- 42 Машины барабанного типа (БТ), их преимущества и классификация.
- 43 Основные типы насадок машин БТ.
- 44 Расчет на прочность машин БТ. Статически определяемые и неопределяемые схемы.

- 45 Энергетический расчет МБТ.
- 46 Типы уплотнений машин БТ.
- 47 Трубопроводы. Классификация технологических трубопроводов (ТТ).
- 48 Питатели и дозаторы. Классификация.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины**

### **8.1 Основная литература**

Л1.1 Лашинский А. А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры [Соппротивление материалов]: справочник / А. А. Лашинский, А. Р. Толчинский - М.: Альянс, 2013 - 752 с.

Л1.2 Поникаров И. И. Конструирование и расчет элементов химического оборудования / И. И. Поникаров, С. И. Поникаров - М.: Альфа-М, 2010 - 379, [5] с.

Л1.3 Софронов В. Л. Машины и аппараты химических производств [Электронный ресурс]: учебное пособие: [в 2 частях] / В. Л. Софронов; РОСАТОМ, Северская государственная технологическая академия, под ред. В. П. Пищулина - Северск: Изд-во СГТА, Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2009 - 2010Ч. 2: Софронов В. Л. Ч. 2 / В. Л. Софронов, Е. В. Сидоров - 122 с.

Л1.4 Софронов В. Л. Машины и аппараты химических производств [Электронный ресурс]: учебное пособие: [в 2 частях] / В. Л. Софронов; РОСАТОМ, Северская государственная технологическая академия, под ред. В. П. Пищулина - Северск: Изд-во СГТА, Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2009 - 2010Ч.1 - 122 с.

Л1.5 Тураев Н. С. Химия и технология урана [Текст] / Н. С. Тураев, И. И. Жерин; Федеральное агентство по образованию; Томский политехнический университет; под ред. А. М. Чекмарева - М.: Руда и металлы, 2006 - 396, [2] с.

### **8.2 Дополнительная литература**

Л2.1 Водяник В. И. Взрывозащита технологического оборудования [Текст] / В. И. Водяник - Москва: Химия, 1991 - 253 с.

Л2.2 Жиганов А. Н. Технология диоксида урана для керамического ядерного топлива: учебное пособие для вузов / А. Н. Жиганов, В. В. Гузеев, Г. Г. Андреев - Томск: СТТ, 2002 - 328 с.

Л2.3 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.

Л2.4 Краткий справочник конструктора нестандартного оборудования: в 2 томах / под ред. В. И. Бакуменко - М.: Машиностроение, 1977Т. 1: Т. 1 - 544 с.

Л2.5 Краткий справочник конструктора нестандартного оборудования: в 2 томах / под ред. В. И. Бакуменко - М.: Машиностроение, 1977Т. 2: Т. 2 - 528 с.

Л2.6 Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: примеры и задачи: учебник для вузов / М. Ф. Михалев [и др.]; под ред. М. Ф. Михалева - Л.: Машиностроение, 1984 - 299, [5] с.

Л2.7 Сосуды и трубопроводы высокого давления: справочник / Е. Р. Хисматулин [и др.] - М.: Машиностроение, 1990 - 384 с.

Л2.8 Софронов В. Л. Расчет аппаратов химических производств на прочность [Электронный ресурс]: практическое руководство / В. Л. Софронов, И. Ю. Русаков; 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 - 22 с.

Л2.9 Софронов В. Л. Расчет бандажей вращающихся аппаратов [Электронный ресурс]: практическое руководство / В. Л. Софронов, И. Ю. Русаков; 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, 2012 - 29 с.

Л2.10 Софронов В. Л. Расчет роторов центрифуг на прочность [Электронный ресурс]: практическое руководство / В. Л. Софронов, И. Ю. Русаков; 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 - 21 с.

### **8.3 Информационно-образовательные ресурсы**

Э1 American Chemical Society (ACS) – Режим доступа: [www.library.mephi.ru](http://www.library.mephi.ru)

Э2 The Royal Society of Chemistry (RSC) – Режим доступа: [www.library.mephi.ru](http://www.library.mephi.ru)

Э3 Вестник Национального исследовательского ядерного университета МИФИ – Режим доступа: <http://elibrary.ru/>

Э4 Журнал неорганической химии – Режим доступа: <http://www.maikonline.com/maik/showIssues.do?juid=DX09DSQS>

Э5 Известия вузов. Сер.: Химия и химическая технология – Режим доступа: [HTTP://ELIBRARY.RU/](http://ELIBRARY.RU/)

## **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 (тезаурис). 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 профессиональной 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.

**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
- Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса
- Подготовка к практическим занятиям, семинарам
- Выполнение домашних заданий
- Выполнение индивидуальных заданий
- Выполнение расчетных работ
- Подготовка к промежуточному контролю: Зачет (9 семестр)

В течение 9 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.

- Подготовка к промежуточному контролю: Экзамен (10 семестр)

В течение 10 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.

\*\*\*

Автор(ы): В.Л. Софронов