



# **ПОДГОТОВКА К АККРЕДИТАЦИОННОМУ МОНИТОРИНГУ ПО НОВЫМ ТРЕБОВАНИЯМ**

**Андреев В.А.  
Заместитель руководителя по УР**

## Аккредитационный мониторинг университета в 2023 году

В рамках мониторинга системы образования (п.3, статья 97 Закона об образовании) будет осуществляться **аккредитационный мониторинг**, предметом которого является систематическое стандартизированное наблюдение за выполнением организациями, осуществляющими образовательную деятельность, **аккредитационных показателей** (8 показателей, максимальный балл – 110, минимальный балл -70)\*

### Особенности аккредитационного мониторинга

- **Отсутствие прямого взаимодействия** с образовательной организацией
- Информация берется:
  - из информационно-аналитических баз Рособнадзора, Минобрнауки, Минпросвещения (ИАБ; ФИС ГИА и Приема; ФИС ФРДО; информация по каналам межведомственного взаимодействия);
  - **с официального сайта** образовательной организации\*\*;
  - **из информации, полученной по результатам диагностической работы, выполняемой обучающимися образовательной организации**
- Проводится Рособнадзором России (совместно с Минобрнауки и Минпросвещения), не реже 1 раза в 3 года;
- **Первый** аккредитационный мониторинг начинается в **мае 2023 года**;
- Результаты доводятся до министерств;
- Мониторинг проводится по образовательным **программам, имеющим аккредитацию**

### Необходимо:

1. До 20.12.2022 провести самообследование сайта филиала. По итогам самообследования устранить выявленные недостатки до 20.01.2023.
2. До 01.02.2022 провести оценку аккредитационных показателей филиала и убедиться в достижении граничного балла.

\* Приказ Министерства науки и высшего образования РФ от 25 ноября 2021 г. N 1094 «Об утверждении аккредитационных показателей по образовательным программам высшего образования»

\*\* Сайт образовательной организации должен соответствовать требованиям, установленным постановлением Правительства Российской Федерации от 20.10.2021 № 1802 "Об утверждении Правил размещения на официальном сайте образовательной организации в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" и обновления информации об образовательной организации, а также о признании утратившими силу некоторых актов и отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации и приказом Рособнадзора от 14.08.2020 № 831 «Об утверждении требований к структуре официального сайта образовательной организации в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и формату представления информации

Перечень аккредитационных показателей	Баллы	Государственная аккредитация образовательной деятельности MAX=145 / MIN=90	Осуществление аккредитационного мониторинга MAX=110 / MIN=70	Осуществление федерального государственного контроля (надзора) MAX=85 / MIN=60
Средний балл ЕГЭ / с вступительными испытаниями, принятых на обучение по очной форме	0 / 5 / 10	+	+	
Наличие электронной информационно-образовательной среды	0 / 10	+	+	
Доля НПП (в ставках), имеющих ученую степень и (или) ученое звание в общей численности педагогических работников, участвующих в реализации соответствующей ОП ВО	0 / 5 / 20	+	+	
Доля работников (в ставках) из числа руководителей и работников организаций, деятельность которых связана с направленностью (профилем) реализуемой ОП (имеющих стаж работы в данной профессиональной сфере), в общем числе работников, реализующих ОП ВО	0 / 20	+	+	
<b>Доля обучающихся, выполнивших 70% и более заданий диагностической работы</b>	<b>0 / 40 / 75</b>	<b>+</b>		<b>+</b>
Наличие внутренней системы оценки качества образования	0 / 10	+	+	+
Доля обучающихся, успешно завершивших обучение по ОП ВО, от общей численности обучающихся, поступивших на обучение по соответствующей ОП ВО	0 / 5 / 10		+	
Доля выпускников, выполнивших обязательства по договорам о целевом обучении по соответствующим направлениям подготовки / специальностям ВО, от общего количества выпускников, обучающихся по договорам о целевом обучении	0 / 5 / 10		+	
Доля выпускников, трудоустроившихся в течение календарного года, следующего за годом выпуска, в общей численности выпускников ОО, обучающихся по ОП ВО	0 / 10 / 20		+	

# Текущее состояние готовности рабочих программ дисциплин

Кафедра	Кол-во дисциплин	Сделано РП	%	Практики, всего	Сделано РП	%
ЭФим	61	61	100,0	3	3	100,0
МАХАП	77	76	98,7	8	8	100
ЭиАТП	57	52	91,2	9	7	77,8
ГиСН	73	66	90,4			
ФК	14	11	78,6			
ИЯ	18	14	77,8			
Физика	21	12	57,1			
ХиТМСЭ	82	40	48,8	12	8	66,7
ВМиИТ	49	19	38,8			
ЭиАФУ	43	0	0,0	5	0	0,0
<b>Итого по ВУЗу</b>	<b>495</b>	<b>351</b>	<b>71</b>	<b>37</b>	<b>26</b>	<b>70,3</b>
<b>Не сделано</b>		<b>144</b>			<b>11</b>	

## Необходимо:

- В срок до 27.01.2023** заведующим кафедрами, и.о. заведующих кафедрами проверить готовность РП, исправить замечания и загрузить недостающие РП в редактор.
- В срок до 06.02.2023** профессорско-преподавательскому составу разместить подготовленные согласно новым рекомендациям фонды оценочных средств (ФОС) на O:\Trans\УМД\УМД (РП, ФОС)\_2022 по специальностям и направлениям подготовки (пример ФОС и рекомендации расположены на O:\Trans\УМД\Формы УМД (РП, ФОС).

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
 Северский технологический институт –  
 филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
 «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
 (СТИ НИЯУ МИФИ)

## РАСПОРЯЖЕНИЕ

« 16 » 01 2023г. № 1-р  
 О подготовке к аккредитационному мониторингу

В целях подготовки института к аккредитационному мониторингу 2023 года

### ОБЯЗЫВАЮ:

- Начальника УМУ Кораблеву С.А. провести проверку готовности рабочих программ дисциплин (РП) по всем специальностям и направлениям подготовки, выгрузить из редактора программ подготовленные РП и перевести их в формат \*.pdf. Срок до 20.01.2023.
- Заведующих кафедрами, и.о. заведующих кафедрами проверить готовность РП на O:\Trans\УМД\Проверка РП.xlsx. Исправить замечания и загрузить недостающие РП в редактор. Срок до 27.01.2023.
- Профессорско-преподавательский состав (ППС) разместить подготовленные согласно новым рекомендациям фонды оценочных средств (ФОС) на O:\Trans\УМД\УМД (РП, ФОС)\_2022 по специальностям и направлениям подготовки (пример ФОС и рекомендации расположены на O:\Trans\УМД\Формы УМД (РП, ФОС). Срок до 06.02.2023.
- Начальника УМУ Кораблеву С.А.
  - провести проверку готовности ФОС, сформировать банк Фондов оценочных средств. Срок до 15.02.2023.
  - разместить рабочие программы дисциплин на официальном сайте СТИ НИЯУ МИФИ в разделе Образование/Информация по образовательным программам. Срок до 15.02.2023.
  - провести совещание 18.01.2023 в 14:30 в дистанционном формате через Образовательный портал СТИ НИЯУ МИФИ (Аккредитация\Оперативные совещания\Онлайн-совещания) с заведующими, и.о. заведующих кафедрами и ППС по вопросам подготовки к аккредитационному мониторингу, формирования ФОС и РП.
- Заведующих кафедрами, и.о. заведующих кафедрами обеспечить участие профессорско-преподавательского состава в совещании.

Зам. руководителя по УР

В.А. Андреев

исп. Кораблева  
16.01.2023

- ✓ Задания диагностической работы формируются **из оценочных материалов образовательной организации**
- ✓ Оценочные материалы **должны быть размещены на сайте** образовательной организации (??)
- ✓ Диагностическая работа проводится **у старшего курса** обучающихся
- ✓ Используются оценочные материалы **по любой ранее изученной дисциплине, заявленной по конкретной компетенции**

## Оценочные материалы должны отвечать следующим критериям:

- ✓ **обеспечивать оценку результатов обучения и освоения образовательной программы** (задания оценочных материалов должны обеспечивать оценку сформированности **всех** заявленных по дисциплине компетенций);
- ✓ **иметь полный и достаточный состав в целях отбора заданий для комплектования диагностической работы**

Для формирования пула заданий на проверку 1 компетенции экспертом отбирается **50-60 заданий**, из них **30 случайным образом** будут представлены студентам при проведении диагностических процедур. Расчетное время выполнения диагностической работы - не более **2 академических часов**.

Приоритет – **общепрофессиональные и профессиональные компетенции**)

- ✓ **содержать задания закрытого и открытого типа** (диагностическая работа: 25% заданий закрытого типа, 75% - открытого типа)

### К закрытому типу относятся задания:

- ✓ с выбором одного или нескольких правильных ответов из предложенных вариантов ответов;
- ✓ на установление правильной последовательности действий, событий, процессов и т.д.
- ✓ на установление соответствия (например, терминов и их определений, методов и объектов и т.д.)

### К заданиям открытого типа относятся:

Задания, предусматривающие ввод обучающимся правильного ответа в виде термина, краткого определения, числового значения и т.д.

Задания, требующие свободного изложения проблемного вопроса и его интерпретация, обоснования авторской позиции и т.д.

ФОС состоят из двух больших разделов:

## I) Оценочные средства для текущей работы по дисциплине (разделы 1 - 4 ФОС):

- **Оценочные средства текущего контроля** - проверочные средства для оценки текущей работы на занятиях в рамках одного модуля дисциплины, например, задания на лабораторные работы, задачи, тестовые опросы, расчетные работы, коллоквиумы, доклады и рефераты, дискуссии, деловые игры и т.п.
- **Оценочные средства аттестации раздела (рубежный контроль)** - применяются для контроля прохождения модуля/раздела дисциплины. Могут включать в себя тестовые вопросы, контрольные задачи, рефераты, коллоквиумы, отчеты по комплексу лабораторных работ и т.п.
- **Оценочные средства промежуточной аттестации** - комплект материалов (перечень вопросов) для оценивания зачета, экзамена, курсового проекта/работы.

## II) Оценочные средства сформированности компетенции / части компетенции (раздел 5 ФОС)

**Самый важный раздел ФОС! От качества его подготовки будут зависеть результаты возможного федерального государственного контроля и процедуры аккредитации!**

Необходимо сформировать комплект материалов для оценивания сформированности **каждой компетенции (части компетенции)** по вашей дисциплине.

Для этого **по каждой компетенции**, указанной в РП, необходимо сформировать **не менее 20 тестовых заданий различных типов**.

Правильные ответы на задания необходимо привести в отдельной таблице в качестве приложения к ФОС.

По разработанным ФОС будет необходимо провести пробную диагностическую работу на старших курсах в марте 2023 года.

Риски	Результаты	Решения
Оценочные материалы не обеспечивают возможность оценки результатов обучения	Эксперт формирует отрицательный протокол: <i>«.. задания для проведения диагностической работы не могут быть сформированы из данных оценочных материалов организации вследствие невозможности определения уровня достижения результатов обучения».</i> <b>Диагностическая работа не проводится!</b>	Привести в соответствие компетенции и содержание дисциплин: оценочные материалы по дисциплине должны «закрывать» заявленные дисциплиной компетенции
Задания открытого типа сформулированы в оценочных материалах не корректно, «размыто», предполагают множественность и вариативность ответа	Ответы студентов в контексте задания могут быть не полными. Поскольку эксперт самостоятельно проверяет и оценивает задания открытого типа, может иметь место субъективность оценки результатов диагностической работы	Из формулировки заданий оценочных материалов должно быть однозначно понятно, что должен содержать ответ
Недостаточная готовность студентов к выполнению заданий открытого типа	Неудовлетворительные результаты диагностической работы	Проводить регулярную подготовку студентов по разработанным оценочным материалам

**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 № 6 от 30.08.2022

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
РАДИОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОБЛУЧЕННОГО ЯДЕРНОГО  
ТОПЛИВА**

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	4	144	32	16	0	26	96	Экз.
Итого	4	144	32	16	0	26	96	

## 1 МОДЕЛЬ КОНТРОЛИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

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: (эта таблица берется из раздела 7 РП)

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационные мероприятия
ОПК-1	З-ОПК-1	Т1, Т2, Т3, РР Экзамен (9 сем.)
ОПК-1	У-ОПК-1	Т1, Т2, Т3, РР Экзамен (9 сем.)
ОПК-1	В-ОПК-1	Т1, Т2, Т3, РР Экзамен (9 сем.)
ОПК-2	З-ОПК-2	Т1, Т2, Т3, РР Экзамен (9 сем.)
ОПК-2	У-ОПК-2	Т1, Т2, Т3, РР Экзамен (9 сем.)
ОПК-2	В-ОПК-2	Т1, Т2, Т3, РР Экзамен (9 сем.)
ПК-2.2	З-ПК-2.2	Т1, Т2, Т3, РР Экзамен (9 сем.)
ПК-2.2	У-ПК-2.2	Т1, Т2, Т3, РР Экзамен (9 сем.)
ПК-2.2	В-ПК-2.2	Т1, Т2, Т3, РР Экзамен (9 сем.)
ПК-3	З-ПК-3	Т1, Т2, Т3, РР Экзамен (9 сем.)
ПК-3	У-ПК-3	Т1, Т2, Т3, РР Экзамен (9 сем.)
ПК-3	В-ПК-3	Т1, Т2, Т3, РР Экзамен (9 сем.)

Сокращение наименований форм аттестационных мероприятий:

Обозначение	Полное наименование
Т	Тестирование
РР	Расчетная работа

Сокращение наименований форм промежуточной аттестации:

Э	Экзамен
---	---------

### 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 необходимо выполнить условия сдачи **всех** дисциплинарных разделов. Раздел считается сданным, если выполнены все виды контроля и набрано по ним не менее 60 % баллов от максимального по разделу.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	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.
85-89	4 – «хорошо»	В	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		С	
70-74		Д	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	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.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	Ф	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.

### Семестр 9 (эта таблица берется из раздела 7 РП)

Вид контроля	Наименование видов контроля	Максимальная положительная оценка в баллах	Минимальная положительная оценка в баллах
<b>Аттестационные мероприятия</b>			
T1	Тестирование	10	6
T2	Тестирование	15	8
T3	Тестирование	15	8
РР	Защита практической работы	20	10
<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>

**В разделе 2 «ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ» в качестве ПРИМЕРА приводятся оценочные средства текущего контроля по дисциплине Физика (О:\Trans\УМД\УМД (РП, ФОС)\_2022\18.05.02\РП\18.05.02\_Б1.Б.2.3\_Физика\_РП\_2022.docx) – выделены зеленым цветом**

### Семестр 2 (эта таблица берется из раздела 7 РП)

Вид контроля	Наименование видов контроля	Максимальная положительная оценка в баллах	Минимальная положительная оценка в баллах
<b>Аттестационные мероприятия</b>			
ЛР1	Лабораторная работа	2	1.2
ЛР2	Лабораторная работа	2	1.2
ЛР3	Лабораторная работа	2	1.2

ЛР4	Лабораторная работа	2	1.2
ЛР5	Лабораторная работа	2	1.2
ЛР6	Лабораторная работа	2	1.2
ДЗ1	Домашнее задание	2	1.2
ДЗ2	Домашнее задание	2	1.2
ДЗ3	Домашнее задание	2	1.2
ДЗ4	Домашнее задание	2	1.2
ДЗ5	Домашнее задание	2	1.2
ДЗ6	Домашнее задание	2	1.2
КР1	Контрольная работа	6	3.6
Т1	Тестирование	4	2.4
ЛР7	Лабораторная работа	2	1.2
ЛР8	Лабораторная работа	2	1.2
ДЗ7	Домашнее задание	2	1.2
ДЗ8	Домашнее задание	2	1.2
ДЗ9	Домашнее задание	2	1.2
ДЗ10	Домашнее задание	2	1.2
ДЗ11	Домашнее задание	2	1.2
ДЗ12	Домашнее задание	2	1.2
КР2	Контрольная работа	6	3.6
Т2	Тестирование	4	2.4
<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>

## 2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### 2.1 ДЗ – домашнее задание

2.1.1 Комплект материалов для оценивания выполнения домашних заданий по разделу 1 «Механика»

Содержание домашних заданий приведено в таблице 2.1.

№	Наименование темы домашнего занятия	Номера задач*
ДЗ1	Движение по прямой и окружности.	1,4, 1,5, 1,6
ДЗ2	Динамика поступательного движения, законы Ньютона.	1.13, 1.14, 1.15
ДЗ3	Вращательное движение твердых тел, основной закон вращательного движения.	1.22, 1.23, 1.24
ДЗ4	Законы сохранения энергии, импульса и момента импульса. Работа по перемещению тела.	1.31, 1.32, 1.33
ДЗ5	Специальная теория относительности, релятивистская механика.	1.40, 1.41, 1.42
ДЗ6	Гидродинамика, основные законы.	1.51, 1.52, 1.53

\*Истомин А.Д. Сборник задач по общей физике. Механика. Молекулярная физика и термодинамика: учебное пособие/А.Д. Истомин, Н.Ю. Истомина, М.Д. Носков – 2-е изд., перераб. – Северск: Изд. СГТА, 2009. – 51 с.

Домашние задания выполняются по тематикам практических занятий.

#### Методика оценки результатов выполнения

Критерии	Оценка, балл
Умение применять известные формулы	0,5
Достоверность и полнота решения задачи	1
Грамотность и аккуратность при оформлении решений задач	0,25
Своевременность выполнения домашних заданий в течение семестра	0,25

## 2.2 ЛР – лабораторная работа

### 2.2.1 Комплект материалов для оценивания выполнения лабораторных работ по разделу 1 «Механика»

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 2.2.

№	Наименование лабораторной работы	Описание ЛР
ЛР1	Введение.	Введение в лабораторный практикум. Методы оценки погрешностей измерений. Техника безопасности при выполнении лабораторных работ по физике.
ЛР2	Проверка основного закона вращательного движения твердого тела на крестообразном маятнике	Проверка основного закона вращательного движения с помощью крестообразного маятника Обербека.
ЛР3	Изучение математического маятника	Изучение математического маятника (исследование зависимости периода колебаний математического маятника от его длины и массы).
ЛР4	Определение ускорения силы тяжести с помощью обратного маятника	Определение ускорения свободного падения с помощью обратного маятника
ЛР5	Определение модуля Юнга по деформации растяжения	Определение модуля Юнга по деформации растяжения
ЛР6	Определение коэффициента внутреннего трения (вязкости) жидкости по методу Стокса	Изучение вязкости жидкостей и определение коэффициента динамической вязкости жидкости (глицерин, касторовое масло) методом Стокса

Описание лабораторных работ, методика проведения и оценка погрешностей приведены в учебном пособии: Носков М.Д. Физический практикум. Часть 1. Механика, молекулярная физика и термодинамика: учебное пособие./ Носков М.Д., Попов В.С – Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2010. – 102 с.

По каждой лабораторной работе студентом готовится отчет.

#### **Структура отчета по лабораторным работам:**

1. *Цель работы:* цель и задачи, решаемые в ходе проводимого исследования.
2. *Теоретическая часть:* основные законы, формулировки, методики проводимого исследования.

3. *Экспериментальная часть*: полученные результаты, графики, расчеты, расчет погрешности и т.п.
4. *Вывод*: заключение о проделанном исследовании и его результатах.
5. *Приложения*, при необходимости.

#### Методика оценки результатов выполнения

Критерии	Оценка, балл
Грамотное представление о сущности рассматриваемых физических явлений	0,5
Четкое выполнение плана лабораторной работы	0,2
Умение анализировать полученные результаты с профессиональной точки зрения	1,0
Техническая грамотность и аккуратность при оформлении отчета по лабораторной работе	0,15
Своевременность выполнения лабораторных работ в течение семестра	0,15

### 3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА АТТЕСТАЦИИ РАЗДЕЛА (РУБЕЖНЫЙ КОНТРОЛЬ)

#### 3.1 КР1 – контрольная работа

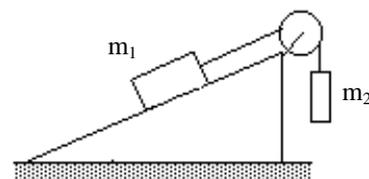
3.1.1 Комплект материалов для оценивания выполнения контрольной работы по разделу 1 «Механика»

Контрольная работа выполняется по вариантам, в каждом из которых содержится 6 задач, составленных по тематикам практических занятий.

#### Примерные задачи:

1. Тело брошено под углом  $\alpha = 20^\circ$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0$ . Время полета  $t = 2$  с. Найти максимальную высоту подъема тела  $h$  и дальность полета  $l$ .

2. В установке (см. рис.) угол наклонной плоскости с горизонтом  $\alpha = 25^\circ$ , массы тел  $m_1 = 200$  г и  $m_2 = 150$  г. Считая нить и блок невесомыми и пренебрегая силами трения в блоке, определить силы натяжения нитей и ускорение, с которым будут двигаться тела, если тело  $m_2$  опускается.



3. Однородный стержень длиной  $1,3$  м и массой  $0,25$  кг вращается в вертикальной плоскости вокруг горизонтальной оси, проходящей через середину стержня. С каким угловым ускорением вращается стержень, если вращающий момент равен  $7,1 \cdot 10^{-2}$  Н·м?

4. В шар массой  $M = 1,02$  кг, подвешенный на нерастяжимой нити  $l = 17$  см, попадает и застревает пуля массой  $m = 9$  г. Пуля летит наклонно сверху вниз с углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту. Скорость пули  $v = 200$  м/с. На какой угол отклонится шар с пулей?

5. В дне сосуда имеется отверстие диаметром  $d_1$ . В сосуде вода поддерживается на постоянном уровне, равном  $h$ . Считая, что струя воды не разбрызгивается, и, пренебрегая силами трения в жидкости, определите диаметр струи, вытекающей из сосуда на расстоянии  $h_1 = 2h$  от его дна.

6. Найти собственную длину стержня, если в лабораторной системе отсчета его скорость  $0,75c$ , длина  $2l$  м и угол между ним и направлением движения  $45^\circ$ .

#### *Методика оценки результатов выполнения*

Критерии	Оценка, балл
умение применять известные формулы	0,6
достоверность и полнота решения задачи	5
техническая грамотность и аккуратность при оформлении решений задач	0,4

#### 3.2 Т1 - тестовое задание

Тестирование проводится на национальной платформе «Открытое образование» (<https://openedu.ru/>) по результатам прохождения онлайн-курса НИЯУ МИФИ "Физика в опытах. Часть 1. Механика".

#### *Методика оценки результатов выполнения*

Критерии	Оценка, балл
Итоговый балл по курсу – 100	4
Итоговый балл по курсу – меньше 100	пропорциональный расчет балла

#### **Далее идет пример проверочных заданий по дисциплине РХПОЯТ**

#### 3.1 Т1 – тестовое задание 1.

3.1.1 Комплект материалов для оценивания контрольной работы по разделу 1 «Свойства и обращение с ОЯТ»

Примеры вопросов.

1. Что не является причиной неполного выгорания делящегося материала в ядерном реакторе:

- 1) уменьшается реактивность ядерного топлива
- 2) дефекты ТВЭЛа на стадии производства
- 3) снижается физико-механическая устойчивость ТВЭЛа из-за накопленной дозы облучения и внутреннего давления ПД
- 4) происходит зашлаковывание ядерного топлива продуктами распада с большим сечением захвата нейтронов

2. Какой вид топлива не применяется в современных ядерных реакторах по причине низкой температуры плавления и наличия аллотропических модификаций

- 1) Металлический уран
- 2) Металлический плутоний
- 3) Карбид урана
- 4) Нитрид урана

3. Наличие какого изотопа урана в регенерированном топливе ограничивает его повторное применение в ЯТЦ

- 1) U-232
- 2) U-234
- 3) U-236
- 4) U-240

4. При облучении нейтронами какого изотопа урана образуется изотоп Pu-239

- 1) U-234
- 2) U-236
- 3) U-238
- 4) U-239

5. Какой вид ядерного топлива не относится к керамическому

- 1)  $UO_2$
- 2) UN
- 3) PuC
- 4) U (металл)

6. На каком предприятии РФ в настоящее время производится промышленная переработка ОЯТ реакторов всех типов

- 1) АО СХК
- 2) ФГУП ГХК
- 3) ПО Маяк
- 4) ФГУП НПО Радон

7. Какой тип оболочек ТВЭЛ невозможно растворить химически

- 1) на основе Mg
- 2) на основе Zr
- 3) на основе Al
- 4) все перечисленные можно растворить химически

8. Какой тип реакторов характеризуется наибольшей глубиной выгорания топлива

- 1) ВВЭР
- 2) РБМК
- 3) БН
- 4) уран-графитовый

9. Для разделения урана и плутония в процессе переработки ОЯТ водно-экстракционным способом используется процесс

- 1) PUREX
- 2) Zircex
- 3) Reflux
- 4) Magnox

10. С течением времени в ОЯТ

- 1) снижается активность
- 2) увеличивается активность
- 3) растет остаточное тепловыделение
- 4) существенно снижается концентрация делящегося материала

Критерии оценки тестовых заданий – за каждый правильный ответ студент получает 1 балл, необходимо набрать не менее 6 баллов. В случае, если студент набрал менее 6 баллов, он должен повторно пройти тестовое задание

### 3.2 Т2 – тестовое задание 2.

#### 3.2.1 Комплект материалов для оценивания контрольной работы по разделу 1 «Радиоохимические методы переработки ОЯТ»

Примеры вопросов.

1. Какой закон описывает экстракционные процессы?

- 1) Закон Дальтона
- 2) Закон Генри
- 3) Закон Нернста
- 4) Уравнение Менделеева-Клапейрона

2. На коэффициент распределения плутония при экстракции его ТБФ из азотнокислых растворов наибольшее влияние оказывает

- 1) концентрация урана
- 2) концентрация ТБФ
- 3) концентрация плутония
- 4) концентрация нитрат-иона

3. Какой ион наиболее устойчив в азотнокислых растворах

- 1)  $\text{Am}^{3+}$
- 2)  $\text{Pu}^{3+}$
- 3)  $\text{U}^{3+}$
- 4)  $\text{Np}^{3+}$

4. Экстракторы какого типа чаще всего используют на первой ступени экстракции в ПУРЕКС-процессе

- 1) Смесители-отстойники
- 2) Пульсационные колонны
- 3) Центробежные экстракторы

5. В какой ионной форме плутоний экстрагируется ТБФ наиболее хорошо

- 1) Pu (III)
- 2) Pu (IV)
- 3) Pu (V)
- 4) Pu (VI)

6. Какой реагент (ион) используют для восстановления плутония Pu (IV) в Pu (III)

- 1) Азотистую кислоту
- 2) Гидразин
- 3) Железо (II)
- 4)  $\text{U}^{6+}$

7. Реэкстракция урана в ПУРЕКС-процессе осуществляется

- 1) слабо подкисленной водой
- 2) азотной кислотой
- 3) слабо щелочным раствором

4) насыщенным щелочным раствором

8. Регенерация экстрагента необходима для

- 1) повышения степени извлечения урана
- 2) очистки его от моно- и дибутилфосфатов
- 3) повышения степени извлечения плутония
- 4) очистки его от остатков продуктов деления

9. Гидразин в Reflux-процессе служит для

- 1) перевода плутония из малоэкстрагируемой в хорошо экстрагируемую форму
- 2) перевода плутония из хорошо экстрагируемой в малоэкстрагируемую форму
- 3) подавления разложения азотной кислоты
- 4) подавления образования азотистой кислоты

10. Какой способ концентрирования плутония, как правило, не применяется в технологии ПУРЕКС?

- 1) Ионообменный аффинаж плутония
- 2) Упаривание растворов плутония
- 3) Прямая денитрация растворов плутония
- 4) Экстракционный аффинаж

Критерии оценки тестовых заданий – за каждый правильный ответ студент получает 1,5 балла, необходимо набрать не менее 8 баллов. В случае, если студент набрал менее 8 баллов, он должен повторно пройти тестовое задание

3.3 ТЗ – тестовое задание 3.

3.3.1 Комплект материалов для оценивания контрольной работы по разделу 1 «Обращение с ядерными делящимися материалами и уран-плутониевым облучённым ядерным топливом»

1. Основной задачей технологии ВОУ-НОУ является

- 1) утилизация урана
- 2) перевод металлического урана в оксиды
- 3) разбавление оружейного урана до энергетической кондиции
- 4) ротация ядерных боеприпасов на боевом дежурстве

2. Основным изотопом в оружейном плутонии является

- 1) Pu-239
- 2) Pu-240
- 3) Pu-241
- 4) Pu-238

3. Какой тип ядерных реакторов можно отнести к бридерам

- 1) ВВЭР
- 2) РБМК
- 3) БН
- 4) PWR

4. Промышленный плутоний получают из изотопа

- 1)  $^{238}\text{U}$
- 2)  $^{239}\text{Pu}$
- 3)  $^{241}\text{Am}$
- 4)  $^{237}\text{Np}$

5. При резком скачке температуры металлический плутоний может рассыпаться в порошок по причине

- 1) наличия аллотропических модификаций
- 2) разрушения прочной поверхностной оксидной пленки
- 3) увеличения скорости окисления металла до оксида
- 4) изменения изотопного состава

6. Металлический плутоний получают

- 1) прямой денитрацией растворов нитрата плутония
- 2) металлотермическим восстановлением оксидов плутония
- 3) металлотермическим восстановлением фторидов плутония
- 4) металлотермическим восстановлением оксихлоридов плутония

7. С помощью электрохимического рафинирования

- 1) можно получить черновой плутоний
- 2) можно отделить основные продукты деления от плутония, но не уран
- 3) можно легко разделить уран и плутоний
- 4) можно получить плутоний высокой степени чистоты

8. Крайне гигроскопичным является соединение плутония

- 1)  $\text{PuF}_3$
- 2)  $\text{PuF}_4$
- 3)  $\text{PuCl}_3$
- 4)  $\text{PuO}_2$

9. Вакуумное рафинирование плутония основано на

- 1) высокой летучести соединений плутония под вакуумом
- 2) высокой летучести примесных соединений под вакуумом
- 3) разности температур кипения плутония и примесей

10. Сколько аллотропических модификаций есть у плутония?

- 1) 1
- 2) 3
- 3) 4
- 4) 6

Критерии оценки тестовых заданий – за каждый правильный ответ студент получает 1,5 балла, необходимо набрать не менее 8 баллов. В случае, если студент набрал менее 8 баллов, он должен повторно пройти тестовое задание

### 3.4 РР – Практическая работа по расчету основных процессов Гидрометаллургического передела модуля переработки ОЯТ ОДЭК АО «СХК»

Далее приводится один из вариантов расчётной работы.

Расчетная работа состоит из трех блоков:

- 1) расчета массы ТВЭЛ в ТВС;
- 2) расчета производительности гидрометаллургического передела и трех азотнокислых растворов;
- 3) расчета процесса экстракционного аффинажа.

Таблица 1. Пример исходных данных процесса:

Количество ТВС в активной зоне реактора БРЕСТ-300	<b>169</b>
Загрузка топлива (СНУП), т	<b>20,6</b>
Количество ТВС для переработки	50
Масса электролита, оставшегося с пирохимического передела МП ОДЭК, кг.	15
Коэффициент очистки от ПД суммы оксидов актиноидов, с пирохим. Перед., $\alpha$ (пд)	0,05
Степень извлечения суммы актиноидов на пирохим. Перед., $\alpha$ (Ас)	0,98
Производительность гидрометаллургического передела, кг/год	<b>5000</b>

Таблица 2 - Содержание Актиноидов в г. на тонну отработавшего топлива

Уран	727000
Плутоний	194660
Нептуний	180
Америций	3631
Кюрий	84
ПД	74445
Соотношение U:Pu в ТВЭЛ, %	U=88, Pu=12

**1. Расчет массы ТВЭЛ-ов в ТВС.** Расчет первого Блока практической работы, начинается с рассмотрения исходных данных, приведенных в таблице на слайде. При расчете первого блока следует учитывать, что перед поступлением ОЯТ на гидрометаллургический модуль, ОЯТ проходит стадии резки ТВС и волоксации, а также переработку на Пирохимическом переделе, где происходит основное извлечение продуктов деления.

Данные, выделенные жирным шрифтом, приведены для всех вариантов, красным – отдельно для каждого.

#### **2. Расчет производительности гидрометаллургического передела.**

По расчетам, первоначально требуется перевести массу СНУП топлива в массу оксидов, используя молярную массу исходного топлива, состава (U,88Pu,0,12)N.

После, требуется провести расчет массы топлива в одной ТВС. Для этого, массу полученного топлива, в переводе на оксиды требуется разделить на количество ТВС,

загружаемых в реактор. Получаем массу топлива в одной тепловыделяющей сборке (ТВС). Затем рассчитывается масса топлива в n-ом количестве ТВС (по вариантам).

$$m_{\text{(Топлива в n-ТВС)}} = m_{\text{(Топлива в 1 ТВС)}} * n_{\text{ТВС}}$$

После расчета массы топлива в одной ТВС требуется провести расчет содержания (массу) основных продуктов в n-ом количестве ТВС (по вариантам) с учетом содержания актиноидов и ПД в г. на тонну отработавшего топлива, данные по которым приведены в Таблице 2.

Рассчитываем массу каждого актиноида в n-ТВС по формуле, например, для Урана:

$$m(U)_{\text{в n-ТВС}} = [m_{(U \text{ в 1г. ОЯТ})} * m_{\text{(Топлива в n-ТВС)}}] / 1000$$

Так же следует рассчитать массу суммы актиноидов в n-ТВС:

$$\sum m(\text{Ас, ПД})_{\text{в n-ТВС}}$$

Затем требуется рассчитать производительность гидрометаллургического передела, для определения годовой производительности по каждому компоненту, а также рассчитать время, которое потребуется для переработки данного для каждого варианта количества ТВС. Главными исходными данными здесь является производительность гидрометаллургического передела, равна 5000 кг. ОЯТ в год (ПР.). Данная производительность рассчитана с учетом переработки топлива в аппаратах ядерно-безопасной геометрии, поэтому при дальнейших расчетах нельзя превышать данную производительность, для избегания аварийных ситуаций с возникновением СЦР.

Для этого требуется:

1) Рассчитать массу каждого актиноида и их суммы в n-ТВС:

2) Рассчитать производительность (Р)

А. Для одной ТВС:

$$P_{(1 \text{ ТВС})} = [m_{\text{(Топлива в 1 ТВС)}} * 365 \text{ дней}] / (\text{ПР.})$$

Б. Для n-ТВС:

$$P_{(n- \text{ТВС})} = [m_{\text{(Топлива в n-ТВС)}} * 365 \text{ дней}] / (\text{ПР.})$$

В. Производительность передела в час:

$$P_{(n) \text{ час}} = (P_{(n- \text{ТВС})} / 365) / 24 \text{ часа}$$

Г. По каждому актиноиду и ПД:

$$P_{(n) \text{ Ас (за год)}} = [m(\text{Ас})_{\text{в n-ТВС}} * (\text{ПР})] / \sum m(\text{Ас, ПД})_{\text{в n-ТВС}}$$

По данным расчетам, становится известно, сколько каждого компонента (Уран, Плутоний и др.) перерабатывается на Модуле переработки ОДЭК, в течении года, с учетом данной производительности (5000 кг/год). С помощью данных расчетов легко отслеживать баланс ядерных материалов и вести спец. Учет, определять количество поступающих переработанных компонентов на модуль фабрикации и рефабрикации (МФР ОДЭК), из которых потом будет повторно изготавливаться СНУП-топлива.

### 3. Расчет процессов азотнокислых растворов.

Расчет процессов азотнокислого растворения, представляет собой трехэтапный процесс растворения оксидов ОЯТ, прошедших пирохимическую очистку от основной суммы ПД.

Поэтому, в исходных данных для каждого варианта дано значение «Коэффициент очистки от ПД суммы оксидов актиноидов, с пирохимического передела,  $\alpha(\text{пд})$ ». В технологии пирохимической очистки предусматривается очистка суммы актиноидов в степени равной 10-2 (после запятой).

Так же, в исходных данных приведено значение «Степень извлечения суммы актиноидов на пирохимическом переделе,  $\alpha(\text{Ас})$ ».

Поэтому, перед проведением расчетов процессов азотнокислых растворов, требуется посчитать суммарную массу всех продуктов, поступающих на гидрометаллургический передел с учетом  $\alpha(\text{пд})$  и  $\alpha(\text{Ас})$ . Для этого требуется годовую производительность по каждому актиноиду умножить на  $\alpha(\text{Ас})$  и производительность по ПД умножить на  $\alpha(\text{пд})$  по формуле:

$$m_{(\text{Ас, ПД}) \text{ в п-ТВС после пирохим. передел.}} = \alpha_{(\text{Ас, ПД})} * P_{(\text{п})\text{Ас, ПД (за год)}}$$

Полученные данные оформить в сводной таблице, представленной в примере (Таблица 3.).

Таблица 4 - Масса радионуклидов после пирохим. Перед. (кг.)

Масса радионуклидов после пирохим. Перед., кг	
Уран	3562,3
Плутоний	953,834
Нептуний	0,882
Америций	17,7919
Кюрий	0,4116000
Масса ПД	18,61125
Сумма	4553,83075

После расчета массы продуктов, поступающих на гидрометаллургический передел, приступить к расчету процесса первого азотнокислого растворения.

Для всех процессов азотнокислых растворов приводится сводная таблица исходных данных степеней растворения актиноидов, продуктов деления и остатков электролита.

Таблица 5 - Исходные данные степеней растворения актиноидов, продуктов деления и остатков электролита

Степени растворения для определенного номера азотнокислого растворения	Проценты растворения, %	$\alpha$	Продукт ОЯТ
Степень азотнокислого растворения №1 (2М HNO <sub>3</sub> ), $\alpha(\text{NO}_3)1$ (%)	98	<b>0,98</b>	Уран
	12	<b>0,12</b>	Плутоний
	25	<b>0,25</b>	Нептуний
	20	<b>0,2</b>	Америций
	100	<b>1</b>	Кюрий
	10	<b>0,1</b>	Остатки электролита
	40	<b>0,4</b>	ПД

Степень азотнокислого растворения №2 (6М HNO <sub>3</sub> , 0,01 М HF), α(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (%)	98	<b>0,98</b>	Уран
	90	<b>0,9</b>	Плутоний
	100	<b>1</b>	Нептуний
	100	<b>1</b>	Америций
	0	<b>0</b>	Кюрий
	45	<b>0,45</b>	Остатки электролита
	60	<b>0,6</b>	ПД
Степень азотнокислого растворения №3 (4М HNO <sub>3</sub> , 0,1М NH <sub>4</sub> HF), α(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> (%)	100	<b>1</b>	Уран
	90	<b>0,9</b>	Плутоний
	70	<b>0,7</b>	Нептуний
	20	0,2	Америций
	10	0,1	Кюрий
	40	<b>0,4</b>	Остатки электролита
	50	<b>0,5</b>	ПД

После расчета массы продуктов, поступающих на гидрометаллургический передел, приступить к расчету процесса первого азотнокислого растворения. В отчетах по расчетной работе также требуется прописать технологические режимы и особенности растворов, описания которых приводятся ниже.

Первое азотнокислое растворение проводится в 2М HNO<sub>3</sub>, в течении 4-5 часов, при нагреве в 75 градусов, при перемешивании раствора барботажем и последующей фильтрацией раствора от нерастворимых остатков. Целью данного растворения является перевод основной массы Урана в азотнокислый раствор, для его последующего осветления и экстракционной очистки. При данной молярности азотной кислоты, плутоний и другие актиноиды, вместе с ПД будут плохо растворяться в азотной кислоте, а большая часть урана, в свою очередь, перейдет в соединение уранил-нитрата. Данная операция поспособствует первичной очистке урана от ТУЭ и ПД, и снизит дозовые нагрузки на экстрагент и растворитель на процессе экстракции.

В технологических условиях растворение проходит в аппаратах ядерно-безопасной геометрии, поэтому, чтобы не допустить отложений нерастворимых остатков в аппаратах, проводят поэтапную загрузку продуктов (примерно в 2-3 этапа).

В расчете, главным параметром растворения будет служить «степень азотнокислого растворения №1 α(NO<sub>3</sub>)<sub>1</sub>» заданная отдельно для каждого продукта. Поэтому, масса продуктов, поступивших с пирохимического передела (m прод. После пир.хим.) и прореагировавшая с 2М HNO<sub>3</sub> рассчитывается по следующей формуле:

$$m_{\text{прод. после Р. №1.}} = m_{\text{прод. после пир. хим.}} * \alpha(\text{NO}_3)_1$$

Полученные массы растворенных продуктов, прореагировавших с 2М HNO<sub>3</sub>, учитываются при составлении химических формул для каждого продукта, по которым находят массы нитратных соединений. При составлении химических формул расчет молярных масс требуется вести в соответствии со стехиометрическими коэффициентами

отдельно для каждой реакции. Масса полученных нитратных соединений рассчитывается по формуле (на примере расчета уранил-нитрата):

$$m_{\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2} = (m_{\text{UO}_2} * Mr_{\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2}) / Mr_{\text{UO}_2}$$

Расчета массы воды производится по аналогичной формуле. После составления всех реакций, требуется посчитать суммарную массу расходуемой азотной кислоты на все реакции и остаточное содержание воды. Затем, после нахождения суммарной массы азотной кислоты на все реакции, требуется найти массу азотной кислоты, которая суммарно затрачивается на все реакции, с учетом плотности. Сперва требуется рассчитать суммарную массу 2М HNO<sub>3</sub> затрачиваемую на растворение суммы продуктов, поступающих после пирохим. передела. Азотная кислота добавляется в соотношении (S) = 1 : 3 (Т : Ж). Следует учитывать, что кислота должна добавляться ровно в том соотношении, что бы произошло растворение всех продуктов, с учетом их степеней растворения. Суммарная масса рассчитывается по формуле:

$$m_{\text{HNO}_3 \text{ на растворение}} = m_{\text{прод. после пир. хим.}} / S$$

Рассчитанное значение вносится в таблицу материального баланса, в статью прихода. С учетом плотности 2М HNO<sub>3</sub> требуется рассчитать массу чистой HNO<sub>3</sub> (HNO<sub>3</sub> чист. в таблице), которая пойдет на растворение компонентов.

Таблица 6 – Статья прихода материального баланса первого азотнокислого растворения

Мат. Баланс процесса первого азотнокислого растворения					
Приход				кг	%
<b>1.общая масса радионуклидов после пирохим. Перед., кг</b>				<b>4568,831</b>	25
Уран	ОКСИДЫ!			3562,300	
Плутоний				953,834	
Нептуний				0,882	
Америций				17,792	
Кюрий				0,412	
ПД				18,611	
<b>Остатки электролита</b>		!!!!!!!!!!!!		15	100
<b>2. Кислота(2М HNO<sub>3</sub>)</b>				<b>13706,492</b>	75
HNO <sub>3</sub> (чист.)				1627,0134	
H <sub>2</sub> O				12079,479	
			Сумма	18275,323	100,000

С учетом плотности 2М HNO<sub>3</sub> требуется рассчитать массу чистой HNO<sub>3</sub> (HNO<sub>3</sub> чист. в таблице), которая пойдет на растворение компонентов. Для удобства все данные лучше свести в единую таблицу.

Плотность 2М HNO<sub>3</sub> находится методом интерполяции для двух близлежащих значений 2 Моль. По найденной плотности найти объем раствора.

Исходя из найденного объема раствора находится масса чистой HNO<sub>3</sub> с учетом плотности раствора, по формуле:

$$m_{\text{HNO}_3 \text{ чист}} = [ n_{\text{HNO}_3} * Mr_{\text{HNO}_3} * V(\text{всего р-ра}) ] / 1000$$

Данное значение чистой HNO<sub>3</sub> учитываем в материальном балансе. Разностью mHNO<sub>3</sub> на растворение и чистой HNO<sub>3</sub> найдем содержание воды в растворе.

В статье расхода требуется рассчитать количество нерастворенных остатков (н.о.), по формуле

$$m_{\text{н.о.}} = m_{\text{прод.после пир.хим.}} - m_{\text{прод.после Р.№1.}}$$

Массы нитратов продуктов считаются исходя из химических реакций. Учитываем, что электролит полностью переходит в водную фазу, не составляя химических реакций. Электролит будет удален на последующих стадиях осветления коагуляцией с поли-акрил-амидом (ПАА). Массы воды считаются суммарно-образованные с кислотами, а кислота считается как разность чистой  $\text{HNO}_3$  с суммарной массой кислоты на все реакции. Сумма статей прихода и расхода не должна различаться в мат. балансе максимум чем на 1%.

Таблица 7 – Статья расхода материального баланса первого азотнокислого растворения

<i>Мат. Баланс процесса первого азотнокислого растворения</i>				
Расход			кг	%
<b>1. Концентрат (Нерастворимые Остатки)</b>			1045,209	5,720317121
Уран			178,115	
Плутоний			839,374	
Нептуний			0,088	
Америций			14,234	
Кюрий			0,370	
ПД			13,028	
Остатки электролита			0,000	
<b>2. Водная фаза(Нитраты)</b>			17226,662	94,27968288
UO <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>			4662,128986	
Pu(NO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>			205,6902545	
Np(NO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>			1,431200743	
Am(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>			2,858698539	
Cm(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>			0,032882435	
ПД(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>			13,57189615	
Остатки электролита			15	
H <sub>2</sub> O			12309,570	
HNO <sub>3</sub> (ост)			16,378	
		Сумма	18271,871	100

### Расчет Мат. Баланса второго азотнокислого растворения

После расчета массы продуктов с первого растворения, нерастворимые остатки после фильтрации направляются на второе азотнокислое растворение.

Второе азотнокислое растворение проводится более концентрированным раствором 6М  $\text{HNO}_3$ , с добавлением 0,1 М HF, в течении 2-3 часов, при нагреве в 50 градусов, при перемешивании раствора барботажем и последующей фильтрацией раствора от нерастворимых остатков. Целью данного растворения является перевод основной массы урана, плутония и ТПЭ, ПД в азотнокислый раствор, для его последующего осветления и экстракционной очистки, с выделением суммы урана и плутония. При данной молярности азотной кислоты, плутоний и ТПЭ, вместе с ПД будут хорошо растворяться в азотной кислоте, т.к. присутствует фтор-ион, являющийся катализатором реакции растворения плутония и ТПЭ.

Все расчеты ведутся аналогично первому растворению, за исключением добавления 0,1 М HF в мат. баланс, масса которого рассчитывается в соотношении с массой 6М  $\text{HNO}_3$  пропорцией.

После расчета массы продуктов с второго растворения, нерастворимые остатки после фильтрации направляются на третье азотнокислое растворение, для окончательного извлечения плутония и остатков ТПЭ.

Третье азотнокислое растворение проводится раствором 4М  $\text{HNO}_3$ , с добавлением 0,1 М  $\text{NH}_4\text{HF}$ , в течении 6 часов, при нагреве в 100 градусов, при перемешивании раствора барботажем и последующей фильтрацией раствора от нерастворимых остатков. Целью

данного растворения является конечный перевод остатков плутония и ТПЭ в азотнокислый раствор, для его последующего осветления и сорбционной очистки, с выделением суммы плутония и ТПЭ. Все расчеты ведутся аналогично первому растворению, за исключением добавления 0,1 М  $\text{NH}_4\text{HF}$  в мат. баланс, масса которого рассчитывается в соотношении с массой 4М  $\text{HNO}_3$  пропорцией.

В статье прихода, в мат. Балансе третьего растворения будет масса нерастворимые остатки с второго растворения.

В статье прихода, в мат. Балансе второго растворения будет масса нерастворимые остатки с первого растворения.

**3. Расчет процесса экстракционного аффинажа.** После проведения процессов азотнокислых растворов требуется провести аффинажные операции по разделению суммы актинидов от остаточного содержания продуктов деления до степени очистки  $10^{-5}$ .

Поэтому, водную фазу нитратов, в производственных условиях подвергают операции фильтрации и осветления. Так как в данных водной фазы первого растворения по условиям присутствуют остатки электролита, то очистку от них можно провести на стадии осветления, с коагулировав остатки электролита с полиакриламидом (ПАА) или другим коагулирующим агентом. Расчеты данной стадии проводить не требуется, но в отчетах по практической работе данную операцию нужно прописывать.

В качестве процесса аффинажа используется экстракционное разделение суммы актинидов от ПД. Процесс экстракции проводится в несколько этапов:

На первом этапе разделяется сумма актиноидов, в которых с повышенным содержанием урана и плутония после первого азотнокислого растворения, поэтому в системе отсутствуют жесткие условия радиолитического распада. Соответственно, на данном этапе можно проводить классический Purex-процесс. В качестве экстрагента используется 30-40% ТБФ, разбавленный Синтине (или С-13). Соотношение фаз О : В=1 : 1. Процесс на данном этапе можно проводить в экстракторах колонного типа, с использованием перфорирующих тарелок. Из разделенной суммы актинидов, после реэкстракции, СВЧ-денитрации и прокалки, можно изготавливать ТВЭЛ-ы на МФР.

На втором этапе проводится процесс экстракционного разделения суммы актиноидов от ПД азотнокислых растворов второго растворения. Данный раствор обладает повышенным радиационным фоном, ввиду присутствия большого количества Плутония, Америция, Кюрия и ПД. Соответственно, водная фаза, поступающая на экстракцию будет иметь очень жесткие условия радиолитического распада. Поэтому, экстракцию требуется проводить с коротким временем контакта фаз, создавая условия повышенной избирательности по элементам. Таким требованиям удовлетворяет только процесс экстракционного разделения на центробежных экстракторах с использованием в качестве экстрагентов синергетическую смесь ТБФ-Ди2ЭГФК-ТАА (в процентном соотношении 20% ТБФ, 10% Ди2ЭГФК, 10% ТАА), с разбавителями. Данная синергетическая смесь способна наиболее полно извлекать из в.ф. Плутоний и ТПЭ с коротким промежутком контакта фаз, а также не создавать третьей фазы.

Так же, перед процессами экстракции требуется проводить корректировку раствора по молярности, доводя молярность раствора до 2-4 М  $\text{HNO}_3$ , для повышения  $\text{NO}_3$ -ионов, которые играют роль высаливателей.

- Исходными данными для процесса экстракции являются:
- Степень экстрагирования элементов одной ступени,  $\alpha_{(с.э.) 1ст.}$ ;
- Степень заполнения емкости экстрагента,  $E$ ;

- Суммарная степень заполнения емкости экстрагента с учетом производительности,  $E_{\text{сум}}$ ;
- Количество теоретических ступеней для извлечения определенных компонентов,  $n_{\text{(т.с.)}}$ ;
- Масса извлеченных компонентов после требуемого количества теоретических ступеней,  $M_{\text{н(т.с.) Ас}}$ ;
- Остаточное содержание компонентов в рафинате,  $F_{\text{(Остат.)}}$ ;
- Емкость экстрагента,  $C_S$ ;
- Плотность экстрагента и разбавителя,  $\rho_{\text{Э}}$ ;

Расчет процесса экстракции начинается с описания статьи прихода (как приведено в таблице на слайде). В водной фазе учитываются нитраты с первого растворения. Общая масса органической фазы берется с учетом соотношения фаз В:О = 1:1. При этом требуется рассчитать массу чистого ТБФ в органической фазе. Для этого, массу орг. Фазы нужно разделить на процентное содержание ТБФ в растворе по условиям (40% ТБФ).

Главным значением для расчета процесса экстракции является степень экстрагирования элементов одной ступени,  $\alpha_{\text{(с.э.) 1ст.}}$ . Данная величина одинакова для всех вариантов и приведена в таблице.

	$\alpha_{\text{(с.э.) 1ст.}}$
UO <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,25
Pu(NO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>	0,03
Np(NO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>	0,0001
Am(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	0,000002
Cm(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	0,000001
ПД(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	0,0000001

Сначала требуется рассчитать степень заполняемости емкости экстрагента. Так как исходная емкость  $C_S$  100% ТБФ равна 400 г/л, то емкость 40% ТБФ будет равна 160 г/л.

Поэтому, заполняемость емкость по компонентам  $E$  будет рассчитываться по формуле:

$$E = C_S(40\% \text{ ТБФ}) * \alpha_{\text{(с.э.) 1ст}}$$

Суммарная заполняемость емкости по компонентам  $E$  будет рассчитываться по формуле:

$$E_{\text{сум}} = (E * m_{\text{о.ф.}}) / 1000$$

Определив суммарную емкость, видно сколько экстрагируется компонентов на первой ступени экстракции.

Затем требуется найти число ступеней  $n_{\text{(т.с.)}}$ , необходимое для извлечения основных компонентов (U, Pu, Np), которая рассчитывается по формуле

$$n_{\text{(т.с.)}} = m_{\text{нитрата}} / E_{\text{сум}}$$

Округляем полученное значение и после рассчитываем Массу извлеченных компонентов после требуемого количества теоретических ступеней,  $M_{\text{н(т.с.) Ас}}$  (При этом выбирая значения того продукта, для которого требуется наибольшее число ступеней) по формуле:

$$M_{\text{н(т.с.) Ас}} = E_{\text{сум}} * n_{\text{(т.с.)}}$$

При этом считаем, что Остаточное содержание компонентов в рафинате,  $F_{\text{(Остат.)}}$ , получается для значений только по Am, Cm, ПД (при условии, что данные продукты уходят в Рафинат), которое рассчитывается по формуле:

$$F_{(\text{Остат.})} = m_{\text{нитрата}} - M_{\text{п(т.с.)Ac}}$$

Данные полученные значения будут учитываться в статье расхода (в рафинате), в уравнении мат. Балланса.

После проведения данных расчетов, требуется составить уравнения реакций, в которых массы по нитратам урана, плутония и америция будут браться из таблицы мат. Балланса, а массы нитратов америция, кюрия и ПД, будет браться из рассчитаны значений  $M_{\text{п(т.с.)Ac}}$ .

Таблица 8 - материальный баланс первого азотнокислого растворения

Мат. Баланс процесса первого экстракционного аффинажа											
Приход			кг	%	Расход			кг	%		
1. Водная фаза(Нитраты)			17226,662	50	1. Рафинат (Нитраты)			32,780	0,095184938		
UO <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>			4662,129		Уран			0,000			
Pu(NO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>			205,690		Плутоний			0,000			
Нептуний			1,431		Нептуний			0,000			
Am(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>			2,859		Америций			2,819			
Cm(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>			0,033		Кюрий			0,013			
ПД(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>			13,572		ПД			13,570			
H <sub>2</sub> O			12309,570		HNO <sub>3</sub> (ост)			16,378			
HNO <sub>3</sub> (ост)			16,378		2. Органическая фаза			34405,874	99,90481506		
2. Органическая Фаза					UO <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> *2ТБФ			10964,7594			
ТБФ в Синтине			17226,66187	50	Pu(NO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> *4ТБФ			655,6240			
ТБФ(40%)			6890,664747		Np(NO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> *4ТБФ			5,6314			
Синтин			10335,99712		Am(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> *2ТБФ			0,1135			
		Сумма	34453,324	100	Cm(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> *2ТБФ			0,0564			
					ПД(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> *2ТБФ			0,0058			
					ТБФ(ост.)			134,1172			
					Синтин			10335,99712			
					H <sub>2</sub> O			12309,5695			
							Сумма	34438,655	100		

В выводе по расчетной работе должны быть описаны основные полученные результаты, а также приведены основные степени очистки актиноидов от продуктов деления.

Контроль выполнения расчетной работы проводится в виде индивидуальной защиты, в процессе которой студент отвечает на вопросы преподавателя по результатам своих расчетов. Основными критериями оценки являются:

- правильность проведения расчетов;
- понимание студентами основ физико-химических процессов и математического аппарата, применяемого в расчетах;
- своевременность и качество выполненной работы.

#### 4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

4.1 Комплект материалов для оценивания экзамена по дисциплине «Радиохимическая переработка облученного ядерного топлива»

Экзамен проводится в письменной форме в виде ответа на вопросы с последующим собеседованием со студентом.

##### Список вопросов, выносимых на экзамен.

- 1 Виды ядерного топлива. Химический состав и свойства ОЯТ.
- 2 Принципы работы с ОЯТ: выдержка, транспортировка, хранение ОЯТ.
- 3 Принципиальная схема переработки ОЯТ
- 4 Подготовка ОЯТ к водно-экстракционному переделу, вскрытие ТВЭЛ.
- 5 Растворение различных типов ОЯТ. Оборудование для растворения ОЯТ.
- 6 Физико-химические основы экстракции. Аппаратура экстракционного передела.

- 7 Первый цикл экстракции в PUREX-процессе. Разделение урана и плутония в PUREX-процессе.
- 8 Аффинаж плутония. Reflux-процесс
- 9 Концентрирование и очистка растворов плутония.
- 10 Свойства нитридного уран-плутониевого топлива
- 11 Переработка нитридного топлива на основе PUREX-процесса.
- 12 Литиевый процесс переработки оксидного топлива легководных реакторов.
- 13 Пирохимическая переработка облученного нитридного топлива
- 14 Технология AIROX и OREOX процессов
- 15 Фторидная технология переработки нитридного топлива
- 16 Рефабрикация топлива. Производство МОКС-топлива
- 17 Ядерные делящиеся материалы. Виды и классификация. Специальные неядерные материалы.
- 18 Ядерный бридинг, свойства основных изотопов плутония. Получение изотопов плутония.
- 19 Классификация плутония, применение изотопов плутония.
- 20 Получение металлического плутония.
- 21 Рафинирование металлического плутония.

### Пример экзаменационного билета.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
 Северский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
 (СТИ НИЯУ МИФИ)

Утверждаю  
 Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
 « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

По дисциплине Радиохимическая переработка ОЯТ

Специальность Химическая технология материалов современной энергетики

Курс V Группа \_\_\_\_\_

1. Химический состав и свойства ОЯТ

2. Пирохимическая переработка облученного нитридного топлива

Составил \_\_\_\_\_ В.А. Андреев

#### *Методика оценки результатов собеседования на экзамене*

Критерии	Оценка, балл
достоверность и полнота ответа	20
понимание взаимосвязи между процессами, технологиями. Понимание физико-химических основ процессов	10
техническая грамотность и умение выражать мысли	10

## 5 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ (ЧАСТИ КОМПЕТЕНЦИИ) (см. Рекомендации по заполнению ФОС!)

Комплект материалов для оценивания сформированности компетенции (части компетенции) по дисциплине «Радиохимическая переработка облученного ядерного топлива».

### 5.1 Комплект материалов для оценивания сформированности компетенции ОПК-1 «Способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности»

1. Элементы с какими соотношениями атомных масс наиболее часто получают при делении ядра урана-235?

- 1) 1 : 2
- 2) 2 : 3
- 3) 2 : 5
- 4) 3 : 4

2. Какие коэффициенты очистки урана от плутония необходимо достичь в экстракционном переделе?

- 1)  $10^6$
- 2)  $10^7$
- 3)  $10^8$
- 4)  $10^9$

3. Наиболее экзотермичной является реакция растворения ОЯТ

- 1) металлического урана в  $\text{HNO}_3$
- 2) металлического плутония в  $\text{HNO}_3$
- 3) диоксида урана в  $\text{HNO}_3$
- 4) диоксида плутония в  $\text{HNO}_3$

4. Какой закон описывает экстракционные процессы?

5. На коэффициент распределения плутония при экстракции его ТБФ из азотнокислых растворов наибольшее влияние оказывает

- 1) концентрация урана
- 2) концентрация ТБФ
- 3) концентрация плутония
- 4) концентрация нитрат-иона

6. Какое вещество используется в PUREX-процессе для подавления образования азотистой кислоты и стабилизации плутония в трехвалентной форме?

7. В какой ионной форме плутоний практически не экстрагируется ТБФ?

8. Как называется процесс водно-экстракционной переработки ОЯТ, включающий в себя процессы совместного выделения урана и плутония, отделения их от продуктов деления, с последующей селективной реэкстракцией плутония?

9. Изотоп плутония с какой атомной массой является основным делящимся материалом в уран-плутониевом ядерном топливном цикле? В ответе запишите только число

10. Сколько аллотропических модификаций есть у плутония? В ответе запишите только число.

11. Количество продуктов деления в ОЯТ в момент окончания кампании топлива зависит от

- 1) химического состава топлива
- 2) глубины выгорания топлива
- 3) способа переработки ОЯТ
- 4) времени выдержки ОЯТ

12. Для производства какого изотопа плутония используют изотоп  $\text{Np-237}$ ? В ответе запишите только массовое число.

13. Что не является причиной неполного выгорания делящегося материала в ядерном реакторе:

- 1) уменьшается реактивность ядерного топлива
- 2) дефекты ТВЭЛа на стадии производства
- 3) снижается физико-механическая устойчивость ТВЭЛа из-за накопленной дозы облучения и внутреннего давления ПД
- 4) происходит зашлаковывание ядерного топлива продуктами распада с большим сечением захвата нейтронов

14. Рассчитать степень заполняемости емкости экстрагента (в г/л), если исходная емкость 100% ТБФ равна 400 г/л, а концентрация технологического раствора ТБФ в органическом растворителе – 40%. В ответе указать только число

15. Какой тип ядерных реакторов можно отнести к бридерам? В ответе написать аббревиатуру

16. Смешанное уран-плутониевое топливо получают в изолированных боксах. С чем это связано?

- 1) с большим нейтронным потоком от таблеток
- 2) с возможностью СЦР
- 3) с высокой биологической токсичностью плутония
- 4) для обеспечения режима ядерного нераспространения

17. Какой делящийся материал образуется при облучении нейтронами  $\text{U-238}$  с последующими двумя бета-распадами?

18. Какой вид керамического ядерного топлива используют в реакторах типа ВВЭР? Напишите его химический состав.

19. Назовите материалы, относящиеся к специальным неядерным материалам.

20. Какой ядерный делящийся материал является основным в ториевом цикле?

## **5.2 Комплект материалов для оценивания сформированности компетенции ОПК-2 «Способен использовать современное технологическое и аналитическое оборудование в профессиональной и научно-исследовательской деятельности»**

1. Для разделения урана и плутония в процессе переработки ОЯТ водно-экстракционным способом используется процесс

- 1) PUREX
- 2) Zirceх
- 3) Reflax
- 4) Magnox

2. Экстракторы какого типа чаще всего используют на первой ступени экстракции в ПУРЕКС-процессе

- 1) Смесители-отстойники
- 2) Пульсационные колонны
- 3) Центробежные экстракторы

3. Отличительная особенность центробежного экстрактора

- 1) малое число ступеней в одном аппарате
- 2) высокая производительность
- 3) очень малое время контакта фаз на одной ступени
- 4) легкость пуска и останова

4. Смешанное уран-плутониевое топливо получают в изолированных боксах. С чем это связано?

- 1) с большим нейтронным потоком от таблеток
- 2) с возможностью СЦР
- 3) с высокой биологической токсичностью плутония
- 4) для обеспечения режима ядерного нераспространения

5. В аппаратах электрохимического рафинирования плутония

- 1) можно получить черновой плутоний
- 2) можно отделить основные продукты деления от плутония, но не уран
- 3) можно легко разделить уран и плутоний
- 4) можно получить плутоний высокой степени чистоты

6. Какой тип экстракторов показывает наилучшие показатели работы с высокорadioактивными растворами:

- 1) ящичного типа
- 2) смешанного
- 3) центробежного
- 4) пульсационные колонны

7. Диоксид плутония наилучшего качества и лучшей реакционной способности получается в ходе процесса

- 1) окисления металлического плутония в среде воздуха и аргона
- 2) прокали оксалата плутония
- 3) прокали аммонийных соединений плутония

8. Какие операции с растворами требуется проводить перед проведением процессов экстракции, сорбции, хроматографии:

- 1) осаждение, упаривание
- 2) выщелачивание, фторирование
- 3) окисление, нагрев
- 4) осветление, фильтрация, регулирование кислотности

9. Какой из приведенных экстрагентов имеет более высокий коэффициент распределения урана

- 1) ДБФ
- 2) ТБФ
- 3) ТАА
- 4) Ди2ЭГФК

10. В каком виде 600 грамм диоксида плутония вызовут ядерную реакцию деления:

- 1) пресс-формы высокой плотности
- 2) мелкодисперсный порошок
- 3) растворенный в емкости более 5 литров
- 4) в смеси с диоксидом урана

**5.3 Комплект материалов для оценивания сформированности компетенции ПК-2.2**  
**Способен осуществлять разработку и проектирование технологических процессов и оборудования для извлечения материалов ядерно-топливного цикла (ЯТЦ) атомной энергетики из природного и техногенного сырья, переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и радиоактивных отходов (РАО), разделения изотопов легких элементов и их применения**

1. Какой тип оболочек ТВЭЛ невозможно растворить химически

- 1) на основе Mg
- 2) на основе Zr
- 3) на основе Al
- 4) все перечисленные можно растворить химически

2. Какой вид топлива хуже остальных растворяется в азотной кислоте?

- 1)  $UO_2$
- 2) UN
- 3)  $(U,Pu)O_2$
- 4) U (металл)

3. Реэкстракция урана в ПУРЕКС-процессе осуществляется

- 1) слабо подкисленной водой
- 2) азотной кислотой
- 3) слабо щелочным раствором
- 4) насыщенным щелочным раствором

4. Какой способ концентрирования плутония, как правило, не применяется в технологии ПУРЕКС, в следствие возможности образования и отложения на стенках аппарата нерастворимых соединений плутония?

- 1) Ионнообменный аффинаж плутония
- 2) Упаривание растворов плутония
- 3) Прямая денитрация растворов плутония
- 4) Экстракционный аффинаж

5. Какой реагент (ион) используют в ПУРЕКС процессе для восстановления плутония Pu (IV) в Pu (III)

- 1) Азотистую кислоту
- 2) Гидразин
- 3) Железо (II)
- 4)  $U^{6+}$

6. Как называется процесс окисление диоксида урана до октаоксида триурана кислородом воздуха при подготовке ОЯТ к растворению в азотной кислоте?

7. При облучении нейтронами изотопа урана с каким массовым числом образуется изотоп Pu-239? В ответе укажите только число.

8. В каком типе реакторов применяются ТВЭЛы с оболочкой из нержавеющей стали?

9. Как называется технология разбавления оружейного урана до энергетической кондиции?

10. Какой экстрагент чаще всего используют при проведении экстракционной переработки растворов ОЯТ?

**5.4 Комплект материалов для оценивания сформированности компетенции ПК-3 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции.**

1. Какой вид топлива не применяется в современных ядерных реакторах по причине низкой температуры плавления и наличия аллотропических модификаций

- 1) Металлический уран
- 2) Металлический плутоний
- 3) Карбид урана
- 4) Нитрид урана

2. Операция подготовки раствора ОЯТ к экстракции необходима для

- 1) дорастворения остатков топлива
- 2) очистки растворов от мелкодисперсных твердых частиц
- 3) повышения концентрации плутония в растворе
- 4) отделения урана от плутония

3. В качестве растворителя оболочек ТВЭЛ из стали в сульфокс-процессе используется

- 1) азотная кислота
- 2) азотная кислота с добавлением фторида аммония
- 3) серная кислота
- 4) газообразный сероводород

4. Регенерация экстрагента необходима для

- 1) повышения степени извлечения урана
- 2) очистки его от моно- и дибутилфосфатов
- 3) повышения степени извлечения плутония
- 4) очистки его от твердых примесей

5. Какие факторы при изготовлении таблеток нитридного топлива влияют на пористость конечного продукта

- 1) атмосфера, в которой производится спекание
- 2) температура спекания
- 3) давление прессования
- 4) все перечисленные варианты

6. Назовите основные факторы, влияющие на коэффициент распределения процесса экстракции (минимум 4)

7. Назовите основное требование аппаратов, в которых возможно работать с делющимися материалами неограниченных концентраций

8. Назовите основные недостатки переработки ОЯТ реакторов на быстрых нейтронах (минимум 5):

9. Укажите название эффекта благодаря которому удастся увеличить коэффициент распределения и сократить число ступеней экстракции?

10. Какой из методов переработки ОЯТ приводит к наибольшему накоплению РАО:

- 1) Ионообменная сорбция
- 2) Пирохимическая очистка
- 3) Хроматографическое разделение
- 4) Экстракция

## 5.2 Критерии оценки сформированности компетенции (части компетенции) студентов

<b>Количество правильных ответов</b>	<b>Менее 60%</b>	<b>60% и более</b>
<b>оценка</b>	компетенции не сформированы	компетенции сформированы

Автор(ы):

<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Должность, уч. степень</b>
Андреев Владимир Александрович	доцент, к.т.н
Грачев Евгений Кириллович	преподаватель

**Приложение 1 – Правильные ответы оценочных средств аттестации разделов (рубежный контроль)**

T1 – тестовое задание 1

№ вопроса	Правильный ответ	№ вопроса	Правильный ответ
1	2	6	3
2	2	7	4
3	1	8	3
4	3	9	1
5	4	10	1

T2 – тестовое задание 1

№ вопроса	Правильный ответ	№ вопроса	Правильный ответ
1	3	6	3
2	4	7	1
3	1	8	2
4	4	9	4
5	2	10	2

T3 – тестовое задание 1

№ вопроса	Правильный ответ	№ вопроса	Правильный ответ
1	3	6	3
2	1	7	4
3	3	8	3
4	3	9	3
5	5	10	4

**Приложение 2 – Оценочные средства сформированности компетенции (части компетенции)**

Ответы на задания комплекта материалов для оценивания сформированности компетенции **ОПК-1** «Способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности»

№ вопроса	Правильный ответ	№ вопроса	Правильный ответ
1	2	11	2
2	2	12	238
3	1	13	2
4	Закон Нернста, закон распределения	14	160
5	4	15	БН, РБН, БРЕСТ
6	гидразин; $N_2H_4$	16	3
7	3+; III	17	Pu-239, плутоний 239, $^{239}Pu$ .
8	PUREX; ПУРЕКС; ПЬЮРЕКС	18	Диоксид урана, $UO_2$ .
9	239	19	литий-6, тритий, дейтерий, тяжелая вода
10	6	20	U-233, уран-233

Ответы на задания комплекта материалов для оценивания сформированности компетенции **ОПК-2** «Способен использовать современное технологическое и аналитическое оборудование в профессиональной и научно-исследовательской деятельности»

№ вопроса	Правильный ответ	№ вопроса	Правильный ответ
1	4	6	3
2	3	7	2
3	1	8	4
4	2	9	2
5	3	10	3

Ответы на задания комплекта материалов для оценивания сформированности компетенции **ПК-2.2** Способен осуществлять разработку и проектирование технологических процессов и оборудования для извлечения материалов ядерно-топливного цикла (ЯТЦ) атомной энергетики из природного и техногенного сырья, переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и радиоактивных отходов (РАО), разделения изотопов легких элементов и их применения

№ вопроса	Правильный ответ	№ вопроса	Правильный ответ
1	4	6	волоксидация
2	3	7	238
3	1	8	РБН; БН

4	2	9	ВОУ-НОУ; ВОУ НОУ
5	3	10	ТБФ; трибутилфосфат

Ответы на задания комплекта материалов для оценивания сформированности компетенции **ПК-3** Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции

№ вопроса	Правильный ответ	№ вопроса	Правильный ответ
1	2	6	Природа реагирующих веществ, окислительно-восстановительный потенциал среды, присутствие комплексообразователей, наличие высаливателей, влияние температуры
2	2	7	Аппараты ядерно-безопасной геометрии
3	3	8	Высокое содержание ТУЭ, большой уровень ИИ ОЯТ, особые требования ядерной безопасности, сложность радиохимической переработки, большое тепловыделение ОЯТ
4	2	9	Синергетический эффект смешения двух экстрагентов
5	4	10	4