

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ХТИ

  
« 17 » май 2021г.  
Р.Н. Ястребинский  


**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины (модуля)

**Радиационно-защитное материаловедение**

направление подготовки (специальность):

**18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики**

Направленность программы (профиль, специализация):

**Ядерная и радиационная безопасность на объектах  
использования ядерной энергии**

Квалификация

**инженер**

Форма обучения

**Очная**

**Институт: химико-технологический**

**Кафедра: теоретической и прикладной химии**

Белгород 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности – 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07 августа 2020 г. № 913
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

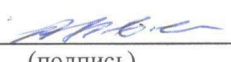
Составитель: к.т.н.  (А.И. Городов)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 13 » мая 2021 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой:  (В.И. Павленко)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)


Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой:  
теоретической и прикладной химии

Заведующий кафедрой д.т.н., проф.  (В.И. Павленко)  
(подпись)

« 13 » мая 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » мая 2021 г., протокол № 9

Председатель:  (Л.А. Порожнюк)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Профессиональные компетенции	<b>ПК-1</b> Способен планировать работы по организации контроля состояния ядерной, радиационной, экологической безопасности при обращении с ядерными материалами и радиоактивными веществами	<b>ПК-1.2</b> Анализирует и применяет современные материалы для целей радиационной безопасности	В результате освоения дисциплины обучающийся должен <b>Знать:</b> состав радиационно-защитных материалов; требования, предъявляемые к радиационно-защитным материалам; радиационно-защитные свойства <b>Уметь:</b> проводить оценку эффективности радиационной защиты; проводить анализ радиационно-защитных свойств материалов, <b>Владеть:</b> навыками оценки радиационной стойкости конструкционных материалов.
		<b>ПК-1.3</b> Использует нормативно-правовые документы в области ядерной и радиационной безопасности, а также при обращении с ядерными материалами и радиоактивными веществами	В результате освоения дисциплины обучающийся должен <b>Знать:</b> техническую документацию и нормы безопасности регламентирующие требования к радиационно-защитным материалам <b>Уметь:</b> подбирать основные радиационно-защитные материалы в соответствии с требованиями, представленными в технической документации; проводить расчет радиационно-защитных характеристик с оформлением отчетной документации <b>Владеть:</b> методиками и теоретическими подходами при изучении, обобщении и анализе технической документации и нормативных документов по радиационно-защитному материаловедению, навыками оформления рабочей технической документации в соответствии с нормативными документами.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. ПК-1** Способен планировать работы по организации контроля состояния ядерной, радиационной, экологической безопасности при обращении с ядерными материалами и радиоактивными веществами.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами:

Стадия	Наименования дисциплины
1	Введение в специальность
2	Методы сбора, транспортировки, переработки и хранения радиоактивных отходов
3	Радиационно-защитное материаловедение
4	Законодательство в области использования атомной энергии
5	Основы научных исследований
6	Практические основы организации научно-исследовательской работы
7	Управление в чрезвычайных ситуациях
8	Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций
9	Радиохимия
10	Химия и технология редких и благородных металлов
11	Учебная ознакомительная практика
12	Производственная преддипломная практика

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов.

Форма промежуточной аттестации экзамен

(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	216
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	73	73
лекции	34	34
лабораторные	17	17
практические	17	17-
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	143	143
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	89	89
Форма промежуточной аттестации ( экзамен)	36	36

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Наименование тем, их содержание и объем

#### Курс 4 Семестр 7

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1	2	3	4	5	6
<b>1. Процессы радиационных повреждений</b>					
	Ионизирующее излучение и его поле. Радиационные дефекты. Образование радиационных дефектов. Радиационное охрупчивание. Радиационное набухание материала (свеллинг). Радиационная ползучесть. Радиационный рост. Радиационное упрочнение. Структурно-фазовые изменения (радиационно-стимулированная диффузия). Радиационная стойкость неорганических и органических материалов. Основные методы модификации конструкционных материалов. Выбор состава материала.	10	3	4	19
<b>2. Материалы для защиты от альфа- и бета- излучения</b>					
	Проникающая способность альфа- и бета- излучения через вещество. Материалы, используемые для защиты от альфа-излучения. Материалы, используемые для защиты от бета-излучения.	4	4	4	20
<b>3. Материалы для защиты от рентгеновского и гамма-излучения</b>					
	Кинетические свойства дисперсных систем. Седиментация и седиментационный анализ. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем. Электрокинетические свойства дисперсных систем. Мицеллообразование в растворах ПАВ. Солюбилизация. Эмульсии. Пены. Аэрозоли.	10	5	4	25
<b>4. Материалы для защиты от нейтронов</b>					
	Материалы, используемые для защиты от нейтронного излучения. Инженерные методы расчета защиты от нейтронов. Метод длин релаксации. Сечения выведения. Расчет полной мощности дозы нейтронов с использованием дозового фактора накопления.	10	5	5	25
	Итого	34	17	17	89

## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

### Курс 4 Семестр 7

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	Кол-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № 7				
1	Процессы радиационных повреждений	Универсальные таблицы для расчета защиты. Метод конкурирующих линий. Закон ослабления плотности потока гамма-излучения веществом. Факторы накопления рассеянного гамма-излучения. Факторы накопления гетерогенных сред. Защита от протяженных источников. Захватное гамма-излучение в защите реактора	3	5
2	Материалы для защиты от альфа- и бета-излучения	Расчет ионизационных и радиационных потерь при прохождении ионизирующего излучения через вещество. Расчет длины пробега альфа-излучения в воздухе, в веществе. Расчет длины пробега бета-излучения в веществе.	4	6
3	Материалы для защиты от рентгеновского и гамма-излучения	Расчет кратности ослабления $\gamma$ -излучения различными материалами без учета рассеянного излучения. Расчет необходимой толщины защиты различных материалов от гамма-излучения.	5	8
4	Материалы для защиты от нейтронов	Расчет толщины защиты от нейтронного излучения	5	8
ИТОГО:			17	27

## 4.3. Содержание лабораторных занятий

### Курс 4 Семестр 7

Первое занятие - вводное, инструктаж по технике безопасности, ознакомление с правилами работы, с приборами и оборудованием.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	Кол-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № 7				

1	Процессы радиационных повреждений	Изучение пробоотбора и пробоподготовки образцов		
2	Материалы для защиты от альфа- и бета- излучения	Изучение методов адсорбционного модифицирования материалов Изучение методов электрохимического модифицирования материалов		
3	Материалы для защиты от альфа- и бета- излучения	Оценка радиоактивного загрязнения строительных материалов Определение класса строительных материалов по содержанию радионуклидов методом гамма-спектрометрии		
4	Материалы для защиты от рентгеновского и гамма-излучения	Исследование эффективности защиты от ионизирующего излучения различными материалами (экранами) Качественный и количественный анализ удельной активности ЕРН в образцах Оценка защиты для снижения мощности эквивалентной дозы в помещениях		
ИТОГО			17	26

#### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Курсовые работы и курсовые проекты при изучении дисциплины не предусмотрены учебным планом.

#### 4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Индивидуальные домашние задания при изучении дисциплины не предусмотрены учебным планом.

Расчетно-графическое задание (РГЗ) выполняются с целью организации самостоятельной работы студентов и контроля за ее выполнением. На выполнение РГЗ при изучении дисциплины предусмотрено 18 часов самостоятельной работы студента.

РГЗ состоит из пяти задач, каждая по тематическим направлениям, определяемым преподавателем дисциплины.

Расчетно-графическое задание представляет собой решение задач по вариантам (по цифрам зачетной книжки).

##### Примерные задания к расчетно-графическому заданию

##### 1. Расчет толщины защитных экранов от альфа-излучения

**Задача 1.** Определить длину пробега  $\alpha$ -частиц с энергией 5 МэВ в воздухе.

**Задача 2.** Во сколько раз пробег в воздухе  $\alpha$ -частиц, испускаемых Pu-239 ( $E=5,15$  МэВ), больше пробега  $\alpha$ -частиц от U-238 ( $E = 4,18$  МэВ)?

**Задача 3.** Определить пробег  $\alpha$ -частиц Pu-239 с  $E=5,15$  МэВ в биологической ткани. При расчете принять атомную массу биологической ткани  $A = 15,7$ , а ее плотность  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>.

**Задача 4.** Определить пробег  $\alpha$ -частиц Pu-239 с  $E=5,15$  МэВ в биологической ткани. При расчете принять атомную массу биологической ткани  $A = 15,7$ , а ее плотность  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>,  $Z_{эф}=7,5$ .

**Задача 5.** Какова должна быть энергия альфа-частиц, которые способны преодолеть алюминиевую фольгу толщиной 10 мкм, если источник находится в воздухе, на расстоянии 1,0 см от фольги?

**Задача 6.** Какая должна быть начальная энергия альфа-частиц, чтобы их пробег в воздухе был равен 3 см? Какое расстояние пройдет в воздухе альфа-излучение с энергией  $E=7,8$  МэВ? Оцените, какую энергию потеряют эти же альфа-частицы, пройдя расстояние 3 см от источника?

**Задача 7.** Альфа-источник Po-210 ( $E=5,3$  МэВ) закрыт фольгой из алюминия. Определить толщину фольги, которая остановит альфа-излучение источника? Плотность алюминия  $2,7$  г/см<sup>3</sup>.

**Задача 8.** Какова должна быть энергия альфа-частиц, способных преодолеть препятствие в виде листа бумаги со стандартной «плотностью»  $80$  г/м<sup>2</sup>? А газетного листа с «плотностью»  $48$  г/м<sup>2</sup>? Полагаем, что состав бумаги определяется, в основном, целлюлозой ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>.

**Задача 9.** Пучок альфа-частиц с энергией  $5,0$  МэВ падает на алюминиевую фольгу толщиной  $5$  мкм. На какое максимальное расстояние смогут распространиться альфа-частицы в воздушной среде за пластинкой?

**Задача 10.** Определить толщину свинцовой фольги, которой необходимо окружить Po-210, чтобы "срезать" альфа-излучение источника, если максимальная энергия альфа-частиц равна  $5,3$  МэВ. Плотность свинца принять  $11,34$  г/см<sup>3</sup>.

**Задача 11.** Альфа-излучение точечного изотропного источника Pu-239 имеет в своем составе альфа-частицы следующих энергетических групп:  $E_{01}=5,15$  МэВ с выходом  $0,69$  част./расп.;  $E_{02}=5,137$  МэВ с выходом  $0,2$  част./расп. и  $E_{03}=5,099$  МэВ с выходом  $0,11$  част./расп. Определить, на какое расстояние от источника следует удалиться, чтобы альфа-частицы были полностью поглощены в воздухе.

**Задача 12.** Рассчитать, какой должна быть минимальная энергия альфа-частиц, чтобы их можно было зарегистрировать счетчиком, имеющим входное окно из нержавеющей стали толщиной  $6$  мг/см<sup>2</sup>.

**Задача 13.** Какой толщины следует выбрать фильтр из алюминия, чтобы снизить в  $8$  раз  $\alpha$ -излучение от радиоактивного препарата, содержащего а)  $^{14}C$  ( $E=156$  кэВ); б)  $^{90}Sr$ ?

**Задача 14.** Определить толщину свинцовой фольги, которой необходимо окружить источник  $^{210}Po$ , чтобы "срезать" альфа-излучение источника, если на  $1$  распад испускается примерно  $1$  альфа-частица с энергией  $5,3$  МэВ и  $10^5$  альфа-частиц с энергией  $4,5$  МэВ.

## 2. Расчет толщины защитных экранов от бета-излучения

**Задача 1.** Рассчитать удельные ионизационные потери энергии в алюминии электронов с энергиями  $1$  МэВ,  $100$  МэВ и  $1$  ГэВ. По полученным результатам построить график зависимости удельные ионизационные потери энергии электронов в алюминии от их энергии.

**Задача 2.** Рассчитать удельные радиационные потери в медном поглотителе электронов с энергиями  $20$  МэВ и  $1$  ГэВ.

**Задача 3.** Определить удельные радиационные потери при прохождении электронов с энергией  $50$  МэВ через алюминиевую мишень и сравнить их с удельными потерями на ионизацию.

**Задача 4.** Найти критическую энергию для электронов при прохождении через алюминий.

**Задача 5.** Рассчитать экстраполированные пробеги в см в алюминии электронов с энергиями  $1$ ,  $2$  и  $10$  МэВ.

**Задача 6.** Вычислить длину эффективного пробега электронов с энергией  $15$  МэВ в  $^{184}W$ .

**Задача 7.** Во сколько раз снизит бета-излучение от препарата C-14 (граничная энергия  $E=156$  кэВ) слой медной фольги, толщиной  $5$  мкм? Плотность меди  $=8,9$  г/см<sup>3</sup>.



**Задача 8.** В медицине для радиационной терапии используют гамма-излучение изотопа  $^{137}\text{Cs}$ . Определить необходимую величину фильтра из алюминия для полного отсекания бета-излучения  $^{137}\text{Cs}$  с максимальной энергией 1,2 МэВ.

**Задача 9.** Определить максимальную энергию бета-частиц изотопа, если для поглощения бета-излучения достаточно использовать медную пластинку толщиной 1,1 мм.

**Задача 10.** Какой толщины фильтр из алюминия следует выбрать, чтобы снизить бета-излучение  $^{89}\text{Sr}$  в 8 раз, если  $E_{\max}^{89}\text{Sr} = 1,5$  МэВ.

**Задача 11.** Рассчитать необходимую толщину стекла ( $\rho = 2,5$  г/см<sup>3</sup>) для защитных очков, используемых для поглощения бета-излучения при работе с чистым бета-излучателем  $^{32}\text{P}$ . Какие экраны (стеклянные или просвинцованные) следует применять при защите глаз от бета-

**Задача 12.** Для нейтрализации статических зарядов на мониторе и системном блоке персонального компьютера используют  $\beta$ -источник. Рассчитать линейный пробег  $\beta$ -частиц в воздухе и определить толщину защитного экрана, если максимальная энергия  $\beta$ -частиц 3 МэВ; защитный материал – железо.

**Задача 13.** Рассчитать долю  $\beta$ -частиц с максимальной энергией  $E_{\max} = 1,5$  МэВ, проходящих через алюминиевый поглотитель толщиной 5 мг/см<sup>2</sup>.

### 3. Расчет толщины защитных экранов от рентгеновского излучения

В одном из производственных помещений установлен рентгеновский аппарат для проведения рентгенографического анализа. В соседних комнатах работают люди, не являющиеся производственным персоналом. Согласно НРБ-99/2009 они относятся к категории Б. Определить толщину бетонного экрана для защиты от рентгеновского излучения при напряжении на рентгеновском аппарате  $U_{\max} = 100$  кВ; сравнить ее с фактической. При необходимости сделать расчеты защиты «количеством», «расстоянием», «временем» и сравнить их. Исходные данные:  $J = 25$  мА;  $t = 20$  ч/нед;  $R = 1,5$  м;  $D = 0,104$  мЗв/нед. Доза  $D$  определена из отношения ПД (для категории Б – персонала, не работающего непосредственно с источником излучения – ПД = 5 мЗв/год) к количеству рабочих недель за год (48 недель). Фактическая толщина экрана составляет 26 см.

### 4. Расчет толщины защитных экранов от гамма-излучения

**Задача 1.** Определить толщину свинцового экрана для защиты оператора от гамма-излучения радиоактивного вещества, если гамма-эквивалент радиоактивного вещества 84мг-экв. Ра; расстояние от источника до рабочего места 0,6 м; продолжительность работы с источником 24 часа в неделю; энергия гамма-излучения 1,25 МэВ.

**Задача 2.** Рассчитать толщину защиты из свинца, необходимую для ослабления интенсивности излучения  $\gamma$ -квантов с энергией 1 МэВ в 100 раз.

**Задача 3.** Линейный коэффициент ослабления гамма-излучения в свинце равен  $1,7$  см<sup>-1</sup>. Определить энергию гамма-квантов. Рассчитать ослабление интенсивности пучка гамма-квантов при прохождении 10 см свинца.

**Задача 4.** Монохроматическое гамма-излучение  $^{198}\text{Au}$  ( $E_{\gamma} = 0,411$  МэВ) проходит через фильтр толщиной 2 см. Определить линейный и массовый коэффициенты поглощения, если известно, что фильтр ослабляет интенсивность гамма-излучения в 5 раз, а плотность фильтра 8,9 г/см<sup>3</sup>

**Задача 5.**  $\gamma$ -лучи с энергией 3 МэВ проходят через свинцовый фильтр толщиной 10 см. Какова должна быть толщина алюминиевого фильтра, чтобы вызвать такое же ослабление  $\gamma$ -лучей.

**Задача 6.** Мощность дозы  $\gamma$ -излучения на расстоянии 10 см от источника составляет 5 Р/мин. Определить расстояние от источника, на котором можно находиться без защиты в течении рабочего дня (6 часов). Максимально допустимая доза  $\gamma$ -излучения составляет 0,05 Р за рабочий день.

**Задача 7.** Интенсивность узкого пучка  $\gamma$ -квантов после прохождения через слой свинца толщиной 4 см уменьшилась в 8 раз. Определить толщину слоя половинного ослабления.

**Задача 8.** Мощность экспозиционной дозы без защиты на рабочем месте равна  $P = 280$  мР/ч. Найти толщину защиты из железа, если источником является  $^{137}\text{Cs}$  ( $E_\gamma = 0,661$  МэВ), а время работы 25 ч/нед.

**Задача 9.** На какую глубину нужно погрузить в воду источник узкого пучка  $\gamma$ -квантов, чтобы интенсивность пучка, выходящего из воды, была уменьшена в 1000 раз? Линейный коэффициент ослабления  $\mu = 0,047$  см $^{-1}$ .

**Задача 10.** Толщина слоя половинного ослабления материала защитной стенки реактора 7 см. Какую толщину должна иметь стенка, чтобы поглощать 99% падающих на нее  $\gamma$ -квантов?

**Задача 11.** Чугунная плита толщиной 2 см ослабляет узкий пучок  $\gamma$ -квантов в 3 раза. Какую толщину должна иметь чугунная плита, чтобы ослабить такой же пучок в 10 раз?

**Задача 12.** Толщина слоя половинного ослабления узкого пучка  $\gamma$ -квантов для свинца 9 мм. Найти линейный коэффициент ослабления.

**Задача 13.** Источник узкого пучка  $\gamma$ -квантов погрузили в воду на глубину  $H = 1$  м. Интенсивность пучка, выходящего из воды, составляет 1% от первоначальной. Найти линейный коэффициент ослабления.

**Задача 14.** Чугунная плита уменьшает интенсивность узкого пучка  $\gamma$ -квантов в 10 раз. Во сколько раз уменьшит интенсивность этого пучка свинцовая плита такой же толщины? Линейные коэффициенты ослабления  $\mu_{\text{чугуна}} = 0,3$  см $^{-1}$ ,  $\mu_{\text{свинца}} = 0,52$  см $^{-1}$ .

**Задача 15.** Узкий пучок  $\gamma$ -квантов проходит через бетонную стену толщиной 1 м. Какой толщины свинцовая плита дает такое же ослабление данного пучка? Линейные коэффициенты ослабления  $\mu_{\text{бетона}} = 0,08$  см $^{-1}$ ,  $\mu_{\text{свинца}} = 0,52$  см $^{-1}$ .

**Задача 16.** Толщина слоя половинного ослабления узкого пучка  $\gamma$ -квантов для воды 9 см. Найти линейный коэффициент ослабления. Какой толщины должен быть слой воды, чтобы ослабить интенсивность этого пучка в 10 раз?

## 5. Расчет толщины защитных экранов от нейтронного излучения

**Задача 1.** Определить безопасное расстояние  $B$ , на котором может находиться оператор, проводящий измерения плотности бетона при отсутствии экрана, и толщину защитного экрана, если источник излучения – нейтронный; мощность источника  $10^6$  нейтр/с; энергия нейтронов 5 МэВ; защитный материал – бетон, слой половинного ослабления которого 16 см; при наличии защиты оператор находится на удалении 0,5 м от источника; рабочая неделя – стандартная; облучение проходит параллельным пучком.

**Задача 2.** Определить толщину защиты из кадмия, необходимую для ослабления плотности потока тепловых нейтронов от точечного изотропного источника  $\phi_0 = 1,5 \cdot 10^{12}$  нейтр./(см $^2 \cdot$ с) до предельно допустимого значения  $\phi_{\text{пд}}$ . Данные для кадмия:  $s = 2,55 \cdot 10^{21}$  см $^2$ ;  $\rho = 8,64$  г/см $^3$ .

**Задача 3.** Плотность потока узкого моноэнергетического пучка быстрых нейтронов ( $E_n = 14$  МэВ) равна  $\phi_0 = 2 \times 10^6$  нейтр./(см $^2 \cdot$ с). Какова должна быть толщина защитного экрана из воды, чтобы ослабить плотность потока до допустимого значения?

**Задача 4.** Определить толщину водной защиты от Po-Be-источника с потоком нейтронов  $j_0 = 2 \times 10^7$  нейтр./с, при которой можно безопасно работать на расстоянии 1 м от источника.

**Задача 5.** Какую эффективную дозу получает персонал за 6 часов, если измеренная плотность потока нейтронов ( $E_n = 14$  МэВ) на рабочем месте составляет  $\phi = 5$  нейтр./(см $^2 \cdot$ с)? Поле излучения изотропное.

**Задача 6.** Плотность потока плоскопараллельного пучка быстрых нейтронов равна  $\phi_0 = 10^{12}$  нейтр./(см $^2 \cdot$ с). Определить плотность потока за защитой, состоящей из 20 см стали и 160 см воды. Длина релаксации нейтронов в воде и микроскопическое сечение выведения нейтронов для стали соответственно равны:  $L_{\text{H}_2\text{O}} = 10$  см,  $\sigma_{\text{выв. Fe}} = 2 \cdot 10^{-24}$  см $^2$ .

**Задача 7.** Поток быстрых нейтронов от точечного изотропного источника равен  $j_0 = 10^{11}$  нейтр./с. Определить плотность потока нейтронов за защитой, состоящей из 15 см свинца и 100 см воды. Длина релаксации нейтронов в воде и микроскопическое сечение выведения нейтронов для свинца соответственно равны:  $L_{\text{H}_2\text{O}} = 10$  см,  $\sigma_{\text{выв. Pb}} = 3,54 \cdot 10^{-24}$  см $^2$ .

· **Задача 8.** Оператор из персонала гр. А находится на расстоянии 1 м от источника  $^{252}\text{Cf}$  мощностью  $10^8$  нейтр./с за водной защитой толщиной 50 см. Достаточно ли толщина защиты для обеспечения допустимых уровней облучения персонала в течение 36-часовой рабочей недели (передне-задняя геометрия облучения)? Учесть вклад в дозу мгновенных и запаздывающих гамма-квантов  $^{252}\text{Cf}$  и вторичного  $\gamma$ -излучения в защите. В источнике  $^{252}\text{Cf}$  испускается 2,3 мгновенных  $\gamma$ -квантов на распад с энергией 0,885 МэВ и 2,18 запаздывающих  $\gamma$ -квантов с энергией 0,958 МэВ.

· **Задача 9.** Определить кратность ослабления плотности потока нейтронов с энергией 2 МэВ точечного изотропного источника нейтронов деления слоем воды толщиной 1 м. Слой воды находится между источником и детектором.

· **Задача 10.** В центре обширного бака из полиэтилена помещен точечный изотропный источник нейтронов с энергией 14,9 МэВ мощностью  $10^8$  нейтр./с. Определить плотность потока нейтронов с энергией 2 МэВ на расстоянии 60 см от источника.

· **Задача 11.** Точечный изотропный Ро-а-Ве-источник помещен в бак с водой. Как изменится значение плотности потока детектируемых нейтронов, если не использовать поправку, вводимую на начальном участке кривой ослабления, характеризующую отклонение от экспоненциального закона ослабления излучения в защите?

· **Задача 12.** В центре сферы радиусом 1 м, заполненной железными опилками ( $\rho = 7,2$  г/см<sup>3</sup>), помещен точечный изотропный источник нейтронов с энергией 14,9 МэВ мощностью  $10^7$  нейтр./с. Определить плотность потока нейтронов с энергией 3 МэВ на расстоянии 40 см от источника.

· **Задача 13.** В центре прямоугольного куба (1'1'1 м), заполненного серпентинитовым бетоном, помещен изотропный источник нейтронов спектра деления мощностью  $5 \cdot 10^7$  нейтр./с. Определить плотность потока нейтронов с энергией 3 МэВ на расстоянии 25 см от источника. Принять, что длина релаксации нейтронов равна  $24$  г/см<sup>2</sup>.

· **Задача 14.** Защита из полиэтилена толщиной 50 см обеспечивает допустимую плотность потока нейтронов с энергией 2 МэВ от плоского изотропного источника нейтронов спектра деления. Определить, какую толщину защиты из полиэтилена надо добавить, чтобы сохранить прежнюю плотность потока за защитой, если мощность источника возросла в 50 раз.

· **Задача 15.** Определить кратность ослабления плотности потока нейтронов с энергией 3 МэВ плоского изотропного источника нейтронов спектра деления в слое свинца толщиной 65 см.

· **Задача 17.** Точечный изотропный источник нейтронов спектра деления находится в баке с водой. На расстоянии 1 м от источника плотность потока тепловых нейтронов составляет  $66$  нейтр./(см<sup>2</sup>·с). Если вблизи источника поместить пластину из свинца толщиной 10 см (пластина вытеснит слой воды той же толщины), то плотность потока тепловых нейтронов уменьшится до  $56$  нейтр./(см<sup>2</sup>·с). Определить сечение выведения нейтронов спектра деления для свинца. Принять длину релаксации быстрых нейтронов спектра деления в воде равной 10 см.

· **Задача 18.** Определить общую кратность ослабления нейтронов с энергией 3 МэВ гетерогенной защитой реактора, состоящей из 10 см алюминия, 5 см свинца и 80 см воды. Макроскопическое сечение выведения для воды принять равным  $0,1$  см<sup>-1</sup>.

· **Задача 19.** Рассчитать макроскопическое сечение выведения и длину релаксации нейтронов с энергией 3 МэВ в двуокиси кремния  $\text{SiO}_2$  ( $\rho = 2,32$  г/см<sup>3</sup>) для источника нейтронов спектра деления.

· **Задача 20.** Определить кратность ослабления мощности поглощенной дозы от нейтронов с энергией 3 МэВ от плоского мононаправленного источника спектра деления за гетерогенной защитой из железа, воды и полиэтилена толщиной 20, 65 и 80 см соответственно.

· **Задача 21.** Во сколько раз изменится плотность потока нейтронов с энергией 2 МэВ в точке, находящейся на поверхности воды в бассейне глубиной 80 см, если вблизи источника нейтронов деления поместить пластину из свинца толщиной 10 см (пластина вытеснит слой воды той же толщины, а глубина бассейна при этом не изменится)?

· **Задача 22.** Определить толщину водной защиты, обеспечивающей безопасную работу персонала на расстоянии 1 м от точечного изотропного Ро-а-Ве-источника в передне-задней

геометрии облучения. Мощность источника  $2 \cdot 10^7$  нейтр./с, длину релаксации считать равной 10,5 см. Средняя энергия нейтронов Pu-а-Ве-источника составляет 4 МэВ.

· **Задача 23.** Между оператором и источником  $^{252}\text{Cf}$  находится защита из оргстекла толщиной 10 см. Плотность потока тепловых нейтронов на рабочем месте составляет 50 нейтр./( $\text{см}^2 \cdot \text{с}$ ), быстрых и промежуточных – 80 нейтр./( $\text{см}^2 \cdot \text{с}$ ). Определить эффективную дозу на рабочем месте за шесть часов работы, считая, что облучение оператора происходит в передне-задней геометрии. Деформацией спектра нейтронов после прохождения защиты пренебречь.

· **Задача 24.** Точечный изотропный Pu-а-Ве-источник мощностью  $5 \times 10^8$  нейтр./с помещен в центре прямоугольного бака с водой (1'1'1 м). Определить мощность эффективной дозы нейтронов в точке, находящейся на границе емкости. Считать геометрию облучения ПЗ, эффективную дозу рассчитать для нейтронов с энергией 4 МэВ.

· **Задача 25.** На каком расстоянии от точечного изотропного Pu-а-Ве-источника мощностью  $2 \cdot 10^7$  нейтр./с должен работать персонал гр. А, чтобы на рабочем месте плотность потока нейтронов при 36-часовой рабочей неделе не превышала половины предельно допустимой плотности потока. Между источником и детектором установлена защита из парафина толщиной 15 см. Принять, что длина релаксации нейтронов Pu-а-Ве-источника в парафине составляет 9,05 см, а облучение персонала происходит в передне-задней геометрии.

· **Задача 26.** Точечный изотропный Pu-а-Ве-источник находится на расстоянии 100 см от оператора (персонал гр. А) за защитой из парафина толщиной 20 см. Источник какой мощности допустимо использовать, чтобы персонал мог работать по 15 часов в неделю в течение года? Принять, что длина релаксации нейтронов Pu-а-Ве-источника в парафине составляет 9,05 см, а геометрия облучения – передне-задняя.

· **Задача 27.** Определить толщину водной защиты от Po-а-В-источника мощностью  $10^9$  нейтр./с, при которой на рабочем месте персонала (гр. А) при 36-часовой рабочей неделе будет обеспечена допустимая плотность потока нейтронов. Расстояние от источника до места работы 200 см. Геометрия облучения – ПЗ.

· **Задача 28.** Оператор из персонала гр. А находится на расстоянии 1 м от источника  $^{252}\text{Cf}$  мощностью  $10^8$  нейтр./с. Оценить толщину водной защиты, при которой будут обеспечены допустимые уровни облучения персонала в течение 36-часовой рабочей недели. Облучение происходит в передне-задней геометрии. Мгновенные и запаздывающие  $\gamma$ -кванты  $^{252}\text{Cf}$  и вторичное  $\gamma$ -излучение в защите не учитывать.

Задание на РГЗ выдается студенту преподавателем дисциплины и оформляется в письменном или электронном виде. Задания разбираются на практических занятиях и защищаются в беседе с преподавателем после проверки правильности их выполнений.

В процессе выполнения расчетно-графического задания, осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудиториях и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1. Реализация компетенций

**1 ПК-1** Способен планировать работы по организации контроля состояния ядерной, радиационной, экологической безопасности при обращении с ядерными материалами и радиоактивными веществами.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
<b>ПК-1.2</b> Анализирует и применяет современные материалы для целей радиационной безопасности	Экзамен, выполнение и защита расчетно-графического задания, выполнение и защита лабораторных работ, решение задач, коллоквиумы, тестирование, собеседование.
<b>ПК-1.3</b> Использует нормативно-правовые документы в области ядерной и радиационной безопасности, а также при обращении с ядерными материалами и радиоактивными веществами	Экзамен, выполнение и защита расчетно-графического задания, выполнение и защита лабораторных работ, решение задач, коллоквиумы, тестирование, собеседование.

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

#### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Процессы радиационных повреждений	Что такое ионизирующие излучения? Радиационные дефекты. Образование радиационных дефектов. Радиационная стойкость неорганических веществ. Конструкционные материалы для ядерных реакторов. Требования к конструкционным материалам. Основные методы модификации конструкционных материалов. Выбор состава материала. Коррозия конструкционных материалов. Стабильность материала в условиях облучения. Радиационное охрупчивание. Радиационное распухание материала (свеллинг). Радиационная ползучесть. Радиационный рост. Радиационное упрочнение. Структурно-фазовые изменения (радиационно-стимулированная диффузия).
2	Материалы для защиты от альфа- и бета- излучения	Радиационная стойкость материалов. От чего зависит радиационная стойкость материалов? Экстремальные условия работы конструкционных материалов в современных облучательных аппаратах
3	Материалы для защиты от рентгеновского и гамма-излучения	Полимерные материалы для защиты от радиации. Применение в различных отраслях техники, где на них воздействуют радиоактивные излучения. Радиационная стойкость полимерных материалов.

		<p>Радиолиз полимерных материалов. Влияние излучения на свойства полимеров.</p> <p>Композиционные полимерные материалы для радиационной защиты.</p> <p>Влияние различных добавок, наполнителей и заполнителей на свойства полимерных материалов.</p>
4	Материалы для защиты от нейтронов	<p>Защитные материалы от нейтронного излучения. Трудности защиты от нейтронов. Основные требования, которые предъявляются к материалам для защиты от нейтронов.</p> <p>Защитные материалы для стационарных источников нейтронов.</p> <p>Защитные материалы для транспортных источников нейтронов.</p> <p>Защитные материалы (природные и искусственные) от фотонного излучения. Основные требования к защитным материалам от фотонного излучения. Критерии выбора материала в зависимости от типа установки.</p> <p>Что такое свинцовый эквивалент защитного материала, и как он зависит от защитных свойств материала и от энергии излучения? Как надо сравнивать защитные свойства двух материалов? Как сравнивают защитные свойства материалов, имеющих примерно равные эффективные атомные номера?</p> <p>Замедлители, поглотители и отражатели нейтронов.</p>

#### Пример экзаменационного билета

**БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им.  
В. Г. ШУХОВА**

**КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ ХИМИИ**

**Дисциплина: РЗМ**

**направление подготовки: 18.05.02 - Химическая технология материалов современной  
энергетики;**

**профиль подготовки: Ядерная и радиационная безопасность на объектах использования  
ядерной энергии**

#### **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1**

- 1. Защитные материалы от нейтронного излучения. Трудности защиты от нейтронов. Основные требования, которые предъявляются к материалам для защиты от нейтронов.**
- 2. Радиационное охрупчивание.**
- 3. Альфа-источник Po-210 (E=6,3 МэВ) закрыт фольгой из алюминия. Определить толщину фольги, которая остановит альфа-излучение источника? Плотность алюминия 2,7 г/см<sup>3</sup>.**

Одобрено на заседании кафедры « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г., протокол № \_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ В.И Павленко

## **5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы**

Курсовые работы и курсовые проекты при изучении дисциплины не предусмотрены учебным планом.

## **5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре**

Текущий контроль осуществляется в течение семестра в форме допуска к лабораторным работам и защиты лабораторных работ (устный опрос); выполнения и защиты индивидуального домашнего задания.

Выполнение лабораторных работ способствует укреплению знаний, развивает у студента самостоятельность и прививает практические навыки. Подготовка и выполнение лабораторных работ проводится по учебным и методическим указаниям. После выполнения лабораторного практикума студент должен предъявить отчет по выполненным лабораторным работам, которые предусмотрены учебным планом. Во время сдачи отчета студент обязан уметь изложить ход проведения лабораторных опытов, объяснить результаты эксперимента, произвести необходимые расчеты.

Выполнение контрольных работ по дисциплине «Коллоидная химия» не предусмотрено учебным планом.

Вопросы для защиты лабораторных работ приведены в конце каждой лабораторной работы в разделе вопросы для самоподготовки.

Для защиты лабораторной работы необходимо:

- 1) В тетради для лабораторных работ выполнить все необходимые расчеты, привести графики в соответствии с заданиями, приведенными в лабораторном практикуме;
- 2) подготовить ответы на вопросы к защите лабораторной работы;
- 3) уметь объяснять полученные зависимости и расчетные величины, используя теоретические знания по изучаемому разделу дисциплины.

Защита лабораторных работ проходит в форме собеседования. Пример вопросов для защиты лабораторных работ

### **Пример 1: Лабораторная работа по теме Процессы радиационных повреждений «Изучение пробоотбора и пробоподготовки образцов»**

1. Как производится пробоотбор минералов в карьере?
2. Что такое случайная погрешность и с чем она связана при отборе проб?
3. Что такое систематическая погрешность? Какими факторами она обусловлена?
4. В чем заключается пробоподготовка минералов для измерения и анализа?
5. В чем заключается методика пробоотбора и пробоподготовки строительных материалов, обеспечивающих представительность пробы, для определения удельной активности ЕРН.

### **Пример 2: Лабораторная работа по теме Материалы для защиты от рентгеновского и гамма-излучения**

#### **«Оценка защиты для снижения мощности эквивалентной дозы в помещениях»**

1. Что такое гамма-излучение?
2. В каких единицах измеряется энергия гамма-излучения?
3. Что такое фотоэлектрическое поглощение?
4. Что такое электронно-позитронные пары?
5. Чему равна экспозиционная доза?
6. Чему равна мощность экспозиционной дозы?

7. По каким параметрам производится выбор защитного материала?
8. Что влияет на мощность экспозиционной дозы?
9. По каким основным характеристикам рассчитывается защитный материал?

Собеседование. Предполагает опрос студентов на каждом лабораторном занятии, с целью закрепления материала, контроля полученных знаний и выявления слабых мест в усвоении и понимании материала.

Расчетно-графическое задание защищается в беседе с преподавателем.

#### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по практике	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, определений, основных законов радиационного материаловедения, методов оценки и прогнозирования радиационно-защитных свойств материалов, требования, предъявляемые к радиационно-защитным материалам Знание основной технической документации и норм безопасности регламентирующие требования к радиационно-защитным материалам Объем освоенного материала Полнота ответов на вопросы Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Умение проводить оценку эффективности радиационной защиты; проводить анализ радиационно-защитных свойств материалов Умение подбирать основные радиационно-защитные материалы в соответствии с требованиями, представленными в технической документации; проводить расчет радиационно-защитных характеристик с оформлением отчетной документации
Навыки	Владеет навыками оценки радиационной стойкости конструкционных материалов. Владеет методиками и теоретическими подходами при изучении, обобщении и анализе технической документации и нормативных документов по радиационно-защитному материаловедению, навыками оформления рабочей технической документации в соответствии с нормативными документами

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

#### Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, основных законов	Не знает термины, определения, основные законы	Знает основные термины и определения, основные законы радиационного	Знает основные термины и определения, основные законы радиационного	Знает термины и определения, основные законы радиационного материаловедения,



радиационного материаловедения, методов оценки и прогнозирования радиационно-защитных свойств материалов, требования, предъявляемые к радиационно-защитным материалам	радиационного материаловедения. Не может назвать основные методы оценки и прогнозирования радиационно-защитных свойств материалов и требования, предъявляемые к радиационно-защитным материалам	материаловедения. Знает некоторые методы оценки и прогнозирования радиационно-защитных свойств материалов и требования, предъявляемые к радиационно-защитным материалам, но совершает грубые ошибки	материаловедения, методы оценки и прогнозирования радиационно-защитных свойств материалов и требования, предъявляемые к радиационно-защитным материалам, но допускает неточности формулировок	методы оценки и прогнозирования радиационно-защитных свойств материалов, требования, предъявляемые к радиационно-защитным материалам. Может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основной технической документации и норм безопасности регламентирующие требования к радиационно-защитным материалам	Не знает основные закономерности и соотношения, принципы и механизмы основных коллоидно-химических процессов и явлений, методы получения и идентификации коллоидных систем	Знает основные закономерности, соотношения, принципы и механизмы основных коллоидно-химических процессов и явлений, методы получения и идентификации коллоидных систем	Знает основные закономерности, соотношения, принципы и механизмы основных коллоидно-химических процессов и явлений, методы получения и идентификации коллоидных систем, их интерпретирует но допускает неточности	Твердо знает основные закономерности, соотношения, принципы и механизмы основных коллоидно-химических процессов и явлений, методы получения и идентификации коллоидных систем
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение	Выполняет поясняющие схемы и рисунки	Выполняет поясняющие рисунки и схемы	Выполняет поясняющие рисунки и схемы

	поясняющими схемами, рисунками и примерами	небрежно и с ошибками	корректно и понятно	точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение проводить оценку эффективности радиационной защиты; проводить анализ радиационно-защитных свойств материалов	Не способен проводить оценку эффективности радиационной защиты; проводить анализ радиационно-защитных свойств материалов	С помощью преподавателя может проводить оценку эффективности радиационной защиты; проводить анализ радиационно-защитных свойств материалов	Неуверенно применяет логические принципы и методы проведения оценки эффективности радиационной защиты; проводит анализ радиационно-защитных свойств материалов, но допускает неточности	Уверенно проводит оценку эффективности радиационной защиты; проводить анализ радиационно-защитных свойств материалов
Умение подбирать основные радиационно-защитные материалы в соответствии с требованиями, представленными в технической документации; проводить расчет радиационно-защитных характеристик с оформлением отчетной документации	Не способен подбирать основные радиационно-защитные материалы в соответствии с требованиями, представленным и в технической документации; проводить расчет радиационно-защитных характеристик с оформлением отчетной документации	С помощью преподавателя может подбирать основные радиационно-защитные материалы в соответствии с требованиями, представленными в технической документации; проводить расчет радиационно-защитных характеристик с оформлением отчетной документации	Делает обоснованные выводы по результатам подбора основных радиационно-защитных материалов в соответствии с требованиями, представленным и в технической документации; проводит расчет радиационно-защитных характеристик с оформлением отчетной документации, но допускает неточности	Самостоятельно грамотно формулирует обоснованные выводы по результатам подбора основных радиационно-защитных материалов в соответствии с требованиями, представленными в технической документации; безошибочно проводит расчет радиационно-защитных характеристик с оформлением отчетной документации

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеет навыками оценки радиационной стойкости конструктивных материалов	Не владеет навыками оценки радиационной стойкости конструктивных материалов	Владеет некоторыми методами оценки радиационной стойкости конструктивных материалов	Владеет основными методами оценки радиационной стойкости конструктивных материалов, но допускает неточности	Профессионально владеет методами оценки радиационной стойкости конструктивных материалов
Владеет методиками и теоретическим и подходами при изучении, обобщении и анализе технической документации и нормативных документов по радиационно-защитному материаловедению, навыками оформления рабочей технической документации в соответствии с нормативными документами	Не владеет методиками и теоретическими подходами при изучении, обобщении и анализе технической документации и нормативных документов по радиационно-защитному материаловедению, навыками оформления рабочей технической документации в соответствии с нормативными документами	Допускает неточности при работе с методиками, и теоретическими подходами при изучении, обобщении и анализе технической документации и нормативных документов по радиационно-защитному материаловедению, навыками оформления рабочей технической документации в соответствии с нормативными документами	Владеет необходимыми навыками работы с методиками и теоретическими подходами при изучении, обобщении и анализе технической документации и нормативных документов по радиационно-защитному материаловедению, навыками оформления рабочей технической документации в соответствии с нормативными документами	На высоком уровне владеет навыками работы с методиками, и теоретическими подходами при изучении, обобщении и анализе технической документации и нормативных документов по радиационно-защитному материаловедению, навыками оформления рабочей технической документации в соответствии с нормативными документами

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1.	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации УК №2, №325, 327, 301	Специализированная мебель, персональный компьютер, подключенный к сети «Интернет», мультимедийный проектор, экран с электроприводом, доска магнитно-меловая, информационные стенды.
2.	Учебная лаборатория УК2 № 303 для проведения лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущей и промежуточной аттестации	Специализированная мебель. В лабораториях имеются приборы и оборудование: лабораторный комплекс «Химия» с автоматическим определением термодинамических параметров некоторых систем и процессов, кинетических параметров химических реакций с выводом данных на дисплей и представлением на бумажном носителе; фотоэлектроколориметры КФК-2М; ; ротационные вискозиметры ВСН-3 и реотест 2М; ультратермостат ТУРЕ: 657 МТА KUTESZ; центрифуга high speed centrifuge type: 3,0; микроскоп МБУ-4; кондуктометр «Эксперт-002»; стереоскопический микроскоп «НЕОФНОТ-32»; весы ВЛКТ-500; рефрактометр ИРВ-454БМ; электролизеры лабораторные ЕР-4; калориметры; иономеры ЭВ-76; иономеры И-500; рН-метры рН-150М; установки для определения температуры кипения жидкостей; криостат. В лаборатории имеется необходимые химическая посуда и химреактивы.
3.	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.

## 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

## 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

### 6.3.1. Перечень основной литературы

1. Павленко В.И. Радиационно-защитное материаловедение: учеб. пособие / В.И. Павленко, Н.И. Черкашина. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. – 205 с.
2. Едаменко О.Д. Защита от ионизирующих излучений: учеб. пособие / О.Д. Едаменко, Р.Н. Ястребинский, Н.И. Черкашина. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – 82 с.
3. Павленко В.И. Источники ионизирующих излучений / В.И. Павленко, О.Д. Едаменко, Н.И. Черкашина. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – 244 с.
4. Едаменко О.Д., Черкашина Н.И. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Радиационно-защитное материаловедение» для студентов специальности 18.05.02 – Химическая технология материалов современной энергетики, специализация: Ядерная и радиационная безопасность на объектах использования ядерной энергии. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – 29 с. (Электронный ресурс: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2018122912580372000000653480> )

### 6.3.2. Перечень дополнительной литературы

1. Павленко, В.И. Полимерные радиационно-защитные композиты: монография / В.И. Павленко, Р.Н. Ястребинский – Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. – 220 с.

## 6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. Министерство науки и высшего образования РФ: <http://minobrnauki.gov.ru>
2. Российское образование ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ПОРТАЛ: <http://www.edu.ru>
3. Сайт НТБ БГТУ им. В.Г. Шухова: <http://ntb.bstu.ru>
4. Электронно-библиотечная система «IPRBooks»: <http://www.iprbookshop.ru>
5. Электронная библиотечная система издательства «Лань»: <http://e.lanbook.com>

6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru/>

7. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» (Библиоклуб.ру):  
<http://biblioclub.ru/>