

1

1

**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

д.т.н., профессор Павленко В.И.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины  
**Радиационно-защитное материаловедение**

Специальность:

18.05.02 – Химическая технология материалов современной энергетики

Специализация:

Ядерная и радиационная безопасность на объектах использования ядерной энергии.

Квалификация выпускника  
Инженер

Форма обучения

Очная

**Химико-технологический институт**

**Кафедра теоретической и прикладной химии**

Белгород – 2018

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 октября 2016 г. № 1291.
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2018 году.

Составитель: к.т.н., доц.  (Черкашина Н.И.)


Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой «Теоретической и прикладной химии»

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

«14» мая 2018 г., протокол № 11

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры ТПХ

«14» мая 2018 г., протокол № 11

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

Рабочая программа одобрена методической комиссией химико-технологического института

«15» мая 2018 г., протокол № 9

Председатель к.т.н, доцент  (Порожник Л.А.)

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Общекультурные			
Профессиональные			
1	ПК-2	Способность к решению профессиональных производственных задач, включающий разработку норм выработки и технологических нормативов расхода сырья, материалов и энергетических затрат, совершенствование контроля технологического процесса.	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> Основы взаимодействия излучения с веществом</p> <p><b>Уметь:</b> проводить оценку эффективности радиационной защиты; проводить анализ радиационно-защитных свойств материалов на основе математических расчётов ослабления излучения;</p> <p><b>Владеть:</b> Методами расчёта коэффициентов ослабления излучений; навыками оценки радиационной стойкости конструкционных материалов</p>
Профессионально-специализированные			
2	ПСК-6.1	Способностью анализировать радиационную ситуацию и разрабатывать мероприятия по обеспечению ядерной безопасности при проведении технологических процессов с растворами, содержащими делящиеся материалы	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> – требования, предъявляемые к радиационно-защитным материалам;</p> <p><b>Уметь:</b> - рассчитывать размер и параметры радиационно-защитных материалов</p> <p><b>Владеть:</b> – методами оценки радиационной защиты конструкционных материалов.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины
1	Физика
2	Химия

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины
1	Радиационная экология
2	Радиобиология

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часа.

Вид учебной работы	Обозначение	Всего часов	Семестр № 7	
			Всего часов	В неделю
Общая трудоемкость дисциплины, час		216	216	12
<b>Аудиторные занятия, в т.ч.:</b>		51	51	3
лекции	Л	17	17	1
лабораторные	ЛЗ			
практические	ПЗ	34	34	2
семинары	СЗ			
УИРС	УИРС			
консультации	К			
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	СРС	165	165	9
Курсовой проект	КП			
Курсовая работа	КР	36	36	2
Расчетно-графические задания (ИДЗ)	РГЗ			
Контрольные работы	Кр			
Рефераты	Р			
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	ДВСП	93	93	7
Под контролем преподавателя (в аудитории)	КСР			
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	зачет (З),			
	Зачёт с			

	оцен- кой (ЗО)			
	экза- мен (Э)	36	36	

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Содержание лекционных занятий

Наименование тем, их содержание и объем

#### Курс 4 Семестр 7

№ п/п	Наименование раздела (модуля)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		К-во лек- цио- нных часов	Практиче- ские и др. занятия	Лабора- торные занятия	Самосто- ятельная работа
1	2	3	4	5	6
<b>1. Защита от источников ионизирующих излучений</b>					
	Основные типы ядерных превращений. Ионизирующее излучение и его поле. Дозы излучения. Биологическое действие ионизирующего излучения. Естественные (природные) источники ионизирующих излучений. Искусственные (техногенные) источники ионизирующих излучений.	2	2		41
<b>2. Материалы для защиты от альфа- и бета- излучения</b>					
	Проникающая способность альфа- и бета-излучения через вещество. Прохождения альфа- и бета- излучения через биологический объект. Материалы, используемые для защиты от альфа-излучения. Материалы используемые для защиты от бета-излучения.	6	12		41
<b>3. Материалы для защиты от рентгеновского и гамма-излучения</b>					
	Материалы, используемые для защиты от рентгеновского и гамма-излучения. Расчет коэффициентов ослабления гамма-излучения (линейного и массового). Инженерные методы расчета защиты от гамма-излучения. «Защита» без применения экранов. Защита рентген кабинетов.	4	10		41
<b>4. Материалы для защиты от нейтронов</b>					
	Материалы, используемые для защиты от нейтронного излучения. Инженерные ме-	5	10		42

	тоды расчета защиты от нейтронов. Метод длин релаксации. Сечения выведения. Расчет полной мощности дозы нейтронов с использованием дозового фактора накопления.				
	ВСЕГО	17	34		165

#### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины (в соответствии с п.4.1)	Тема практического занятия	К-во часов
1	1. Защита от источников ионизирующих излучений	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	2
2	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.	12
3	3. Материалы для защиты от рентгеновского и гамма-излучения	Расчёт кратности ослабления $\gamma$ -излучения различными материалами без учёта рассеянного излучения. Расчет необходимой толщины защиты различных материалов от гамма-излучения.	10
4	4. Материалы для защиты от нейтронов	Расчёт толщины защиты от нейтронного излучения	10
	ИТОГО		34

#### 4.3. Содержание лабораторных занятий

Лабораторные занятия не предусмотрены

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 5.1. Перечень типовых вопросов (типовых заданий)

### Задания для проведения текущего контроля

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Защита от источников ионизирующих излучений	1. Радиационная защита при работе с открытыми источниками излучения (радиоактивными веществами). 2. Радиационная защита при работе с закрытыми источниками излучения (радиоактивными веществами). Защита от внешнего облучения 3. Принципы защиты от внешнего облучения. 4. Защита от бета – излучения 5. Защита «экраном» от фотонного излучения 6. Защита экраном от нейтронов
2	Материалы для защиты от альфа- и бета- излучения	1. Что представляет собой альфа- излучение 2. Что представляет собой бета- излучение 3. Радиоактивный распад 4. Уравнение альфа-распада 5. Уравнение бета-распада 6. Материалы, применяемые для защиты от альфа-излучения 7. Материалы, применяемые для защиты от бета-излучения 8. Расчет пробега альфа-излучения в воздухе 9. Расчет пробега альфа-излучения в веществе 10. Уравнение ионизационных и радиационных потерь при прохождении альфа- и бета- излучения через вещество.
3	Материалы для защиты от рентгеновского и гамма-излучения	1. Что представляет собой рентгеновское излучение 2. Что представляет собой гамма-излучение 3. Линейный коэффициент ослабления гамма-излучения 4. Массовый коэффициент ослабления гамма-излучения 5. Формула для ослабления фотонного излучения экраном 6. Определение понятия слой половинного ослабления 7. Материалы, применяемые для защиты от гамма-излучения.
4	Материалы для защиты от нейтронов	1. Защита от тепловых и медленных нейтронов 2. Защита от быстрых нейтронов. 3. Материалы, применяемые для защиты от тепловых и медленных нейтронов. 4. Материалы, применяемые для защиты от быстрых нейтронов. 5. Определения понятия длина релаксации.

## 5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем.

При изучении дисциплины учебным планом в 7 семестре предусмотрена курсовая работа. Курсовая работа представляет собой решение задач по вариантам (по цифрам зачетной книжки).

### Примерные задания к курсовой работе.

#### 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<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<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) <sup>14</sup>C ( $E=156$  кэВ); б) <sup>90</sup>Sr?



**Задача 14.** Определить толщину свинцовой фольги, которой необходимо окружить источник  $^{210}\text{Po}$ , 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  $^{184}\text{W}$ .

**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. Ra; 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  $1.7 \text{ см}^{-1}$ . Определить энергию гамма-квантов. Рассчитать ослабление интенсивности пучка гамма-квантов при прохождении 10 см свинца.

**Задача 4.** Монохроматическое гамма-излучение  $^{198}\text{Au}$  ( $E_\gamma = 0.411 \text{ МэВ}$ ) 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  $8,9 \text{ г/см}^3$

**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  $R = 280 \text{ мР/ч}$ . Найти толщину защиты из железа, если источником является  $^{137}\text{Cs}$  ( $E_\gamma = 0,661 \text{ МэВ}$ ), 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  $\mu = 0,047 \text{ см}^{-1}$ .

**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  $H = 1 \text{ м}$ . 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  $\mu_{\text{чугуна}} = 0,3 \text{ см}^{-1}$ ,  $\mu_{\text{свинца}} = 0,52 \text{ см}^{-1}$ .

**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  $\mu_{\text{бетона}} = 0,08 \text{ см}^{-1}$ ,  $\mu_{\text{свинца}} = 0,52 \text{ см}^{-1}$ .

**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./ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$  до предельно допустимого значения  $\phi_{\text{пл}}$ . Данные для кадмия:  $s = 2,55 \cdot 10^{-21}$   $\text{см}^2$ ;  $\rho = 8,64$   $\text{г}/\text{см}^3$ .

**Задача 3.** Плотность потока узкого моноэнергетического пучка быстрых нейтронов ( $E_n = 14$  МэВ) равна  $\phi_0 = 2 \times 10^6$  нейтр./ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$ . 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./ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$ ? Поле излучения изотропное.

**Задача 6.** Плотность потока плоскопараллельного пучка быстрых нейтронов равна  $\phi_0 = 10^{12}$  нейтр./ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$ . 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,  $\sigma_{\text{выв. Fe}} = 2 \cdot 10^{-24}$   $\text{см}^2$ .

**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;  $\sigma_{\text{выв. Pb}} = 3,54 \cdot 10^{-24}$   $\text{см}^2$ .

**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 Po-a-Be-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 ( $\rho = 7,2$   $\text{г}/\text{см}^3$ ), 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  $24 \text{ г/см}^2$ .

**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  $66 \text{ нейтр./}(\text{см}^2 \cdot \text{с})$ . Если вблизи источника поместить пластину из свинца толщиной 10 см (пластина вытеснит слой воды той же толщины), то плотность потока тепловых нейтронов уменьшится до  $56 \text{ нейтр./}(\text{см}^2 \cdot \text{с})$ . 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  $0,1 \text{ см}^{-1}$ .

**Задача 19.** Рассчитать макроскопическое сечение выведения и длину релаксации нейтронов с энергией 3 МэВ в двуокиси кремния  $\text{SiO}_2$  ( $\rho = 2,32 \text{ г/см}^3$ ) 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 Pu-a-Be-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-a-Be-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  $50 \text{ нейтр./}(\text{см}^2 \cdot \text{с})$ , быстрых и промежуточных –  $80 \text{ нейтр./}(\text{см}^2 \cdot \text{с})$ . 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-a-Be-источник мощностью  $5 \cdot 10^8$  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-a-Be-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-a-Be-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.

### **5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий.**

Индивидуальные домашние задания и расчетно-графические не  
предусмотрены

### **5.4. Перечень контрольных работ. Контрольные работы не предусмотрены**

## 6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 6.1. 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> )

### 6.2. 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.

### 6.3. Перечень интернет ресурсов

1. [http://www.naukaspb.ru/spravochniki/Demo%20Metall/4\\_26.htm](http://www.naukaspb.ru/spravochniki/Demo%20Metall/4_26.htm)
2. <http://stroyprofile.com/archive/4626>
3. [http://www.sovtehnostroy.ru/viewart.php?arts\\_id =103](http://www.sovtehnostroy.ru/viewart.php?arts_id =103)
4. <http://www.rosenergoatom.ru/>
5. <http://i-survive.ru/rad2.html>
6. <http://people-of-chernobyl.ru/vse-o-radiatsii-i-atomnykh-stantsiyakh/90-zashchita-ot-radiatsii>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова располагает материально-технической базой, соответствующей действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивающей проведение всех видов занятий (лекционных и практических).

Лекционные занятия – 327 аудитория Лабораторного корпуса, оснащенная презентационной техникой, в наличие имеется комплект электронных презентаций необходимый для лекционных занятий. Аудитория оснащена 13 компьютерами, а также учебным программным обеспечением.

Практические занятия – 316 аудитория Лабораторного корпуса.

Специализированная лаборатория радиационного контроля:

Альфа-бета радиометр УМФ-2000, гамма- радиометр РУГ-2000М, сцинтилляционный гамма-бета- спектрометр «Прогресс-БГ(П)» с использованием гамма- и бета- трактов спектрометра СКС-99 «Спутник», измеритель параметров электрического и магнитного полей ВЕ-метр-АТ-002, универсальный прибор газового контроля УПГК-ЛИМБ, дозимерт-радиометр «ДРБП-03», радиометр радона РРА-01М-01 «Альфарад», универсальный измеритель уровней электростатических полей СТ-01, анализатор газортутный переносной АГП-01-2М.

Лаборатория специальных композитов:

Вытяжной шкаф, муфельная печь, рН-метры, ионометры, сушильный шкаф, весы, компьютеры, пресс, насосы, мост переменного тока, кондуктометрическая ячейка.

Лаборатория неорганической химии и анализа:

Титровальный столик, рН-метры, фотоэлектроколориметры ФЭК-2, хроматографы.

Учебная лаборатория химии, оснащенная компьютерным классом:

Лабораторные столы, вытяжной шкаф, магнитные мешалки, центрифуги, аналитические весы, электролизер, электрические плитки, 12 компьютеров.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### *Приложение №1.*

#### **Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины**

Курс «Радиационно-защитное материаловедение» представляет собой неотъемлемую составную часть обучения студентов специальности: 18.05.02 - «Химическая технология материалов современной энергетики» специализации 18.05.02-06 «Ядерная и радиационная безопасность на объектах использования ядерной энергии» цикла профессиональных дисциплин, входящую в число дисциплин по выбору.

Занятия по дисциплине проводятся в виде лекций и практических занятий.

Важное значение для изучения курса имеет самостоятельная работа студентов.

Формы контроля знаний студентов предполагают текущий и итоговый контроль. Текущий контроль знаний проводится в форме систематических опросов и проверки домашнего задания. Формой итогового контроля является экзамен.

Распределение материала дисциплины по темам и требования к ее освоению содержатся в рабочей программе дисциплины, которая определяет содержание и особенности изучения курса.

На последней лекции студенты знакомятся с методикой проведения экзамена; выдаются вопросы к экзамену и рассматриваются типовые задачи к билетам.

Главная задача высшей школы – научить молодого человека мыслить, непрерывно повышать свой образовательный уровень, что позволит ему в дальнейшем самостоятельно осваивать новейшие достижения науки и техники. Однако многие студенты не умеют учиться как самостоятельно, так и систематически. Возникает проблема закрепления полученных знаний, навыков. Не подкрепленные умениями и навыками знания частично утрачиваются. Результатом любого общения является использование приобретенных знаний и умений на практике. Известно, что достоянием личности становятся лишь те знания, которые приобретены с помощью творческой работы через преодоление трудностей.

Одним из путей решения этой задачи является организация и контроль самостоятельной работы студентов.

Без самостоятельной работы студента и контроля со стороны преподавателя целенаправленный, плодотворный процесс невозможен.

Педагогический контроль является составной частью учебного процесса, устанавливает прямую и обратную связи между преподавателем и студентом.

Контроль выполнения задания непосредственно связан с процессом усвоения знаний и выполняет в нем функцию обратной связи. Чем эффективнее используется текущий контроль, тем выше качество знаний студентов.

Умение самообразовательной деятельности включает в себя:

- планирование самостоятельной работы;
- использование современной литературы и компьютерных программ;



–осуществление самоконтроля работы, умение объективно оценивать результаты.

Задача преподавателя – помочь студенту в развитии его творческой самостоятельности, которое будет проходить наиболее эффективно, если максимально использовать и стимулировать индивидуальную творческую деятельность студента.

Исходный этап изучения курса «Радиационно-защитное материаловедение» предполагает ознакомление с рабочей программой, характеризующей границы и содержание учебного материала, который подлежит освоению.

Изучение отдельных тем курса необходимо осуществлять в соответствии с поставленными в них целями, их значимостью, основываясь на содержании и вопросах, поставленных в лекции преподавателя и приведенных в планах и заданиях к лабораторным занятиям, а также методических указаниях для студентов заочного и дистанционного форм обучения.

В учебниках и учебных пособиях, представленных в списке рекомендуемой литературы содержатся возможные ответы на поставленные вопросы. Инструментами освоения учебного материала являются основные термины и понятия, составляющие категориальный аппарат дисциплины. Их осмысление, запоминание и практическое использование являются обязательным условием овладения курсом.

Для более глубокого изучения проблем курса при подготовке контрольных работ, рефератов, докладов и выступлений необходимо ознакомиться с публикациями в периодических экономических изданиях и статистическими материалами. Поиск и подбор таких изданий, статей, материалов и монографий осуществляется на основе библиографических указаний и предметных каталогов.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2019/2020 учебный год.

Протокол № 13 заседания кафедры ТиПХ от «22» мая 2019 г.

Заведующий кафедрой ТиПХ  
д.т.н, профессор

 Павленко В.И.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 2020/2021 учебный год без изменений.

Протокол № 9 заседания кафедры ТиПХ от «14» мая 2020 г.

Заведующий кафедрой ТиПХ  
д.т.н, профессор



Павленко В.И.

Директор института



Павленко В.И.