

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Обнинский институт атомной энергетики –

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

(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Одобрено

Ученым советом ИАТЭ НИЯУ МИФИ

Протокол от 25.08.2025 № 25.8

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине

РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ НА АЭС

название дисциплины

для студентов направления подготовки

14.05.02 Атомные станции:

проектирование, эксплуатация и инжиниринг

направление/профиль

Радиационная безопасность атомных станций

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2025 г.

Область применения

Фонд оценочных средств (ФОС) – является обязательным приложением к рабочей программе дисциплины «Радиационный контроль на АЭС» и обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Цели и задачи фонда оценочных средств

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям федерального государственного образовательного стандарта.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Радиационный контроль на АЭС» решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков, предусмотренных в рамках данной дисциплины;
- контроль и оценка степени освоения компетенций, предусмотренных в рамках данной дисциплины;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данной дисциплины.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1. В результате освоения ОП специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<i>Коды компетенций</i>	<i>Наименование компетенции</i>	<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции</i>
ПК-3	Способен к проведению исследований физических процессов в ядерных энергетических установках в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации	З-ПК-3 Знать методы проведения исследований физических процессов; У-ПК-3 Уметь проводить исследования и испытания оборудования ядерных энергетических установок; В-ПК-3 владеть методиками испытаний оборудования при его монтаже и наладке;
ПК-9	Способен анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы	З-ПК-9 Знать правила и нормы в атомной энергетике, критерии эффективной и безопасной работы ЯЭУ; У-ПК-9 Уметь анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ; В-ПК-9 Владеть методами анализа нейтронно-физических и технологических процессов в ЯЭУ;
ПК-10	Способен провести оценку ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации и выводе из эксплуатации ядерных энергетических установок, а также при обращении с ядерным топливом и радиоактивными отходами	З-ПК-10 Знать критерии ядерной и радиационной безопасности ЯЭУ; У-ПК-10 Уметь проводить оценки ядерной и радиационной безопасности ЯЭУ; В-ПК-10 Владеть методами оценки ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации ЯЭУ, а также при обращении с ядерным топливом и радиоактивными отходами;
ПК-10.2	Способен к оценке соответствия производственно-технологических решений требованиям радиационной безопасности и разработке необходимых компенсирующих мероприятий	З-ПК-10.2 Знать требования радиационной безопасности, принципы разработки и типовые решения для проведения мероприятий, направленных на обеспечение радиационной безопасности производственно-технологических решений; У-ПК-10.2 Уметь проводить оценку соответствия производственно-технологических решений требованиям радиационной безопасности; В-ПК-10.2 Владеть методами оценки соответствия производственно-технологических решений требованиям радиационной безопасности, навыками разработки контрмер и других компенсирующих мероприятий.

1.2. Этапы формирования компетенций в процессе освоения ОП специалитета

Компоненты компетенций, как правило, формируются при изучении нескольких дисциплин, а также в немалой степени в процессе прохождения практик, НИР и во время самостоятельной работы обучающегося. Выполнение и защита ВКР являются видом учебной деятельности, который завершает процесс формирования компетенций.

Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины:

- **начальный** этап – на этом этапе формируются знаниевые и инструментальные основы компетенции, осваиваются основные категории, формируются базовые умения. Студент воспроизводит термины, факты, методы, понятия, принципы и правила; решает учебные задачи по образцу;
- **основной** этап – знания, умения, навыки, обеспечивающие формирование компетенции, значительно возрастают, но еще не достигают итоговых значений. На этом этапе студент осваивает аналитические действия с предметными знаниями по дисциплине, способен самостоятельно решать учебные задачи, внося коррективы в алгоритм действий, осуществляя коррекцию в ходе работы, переносит знания и умения на новые условия;
- **завершающий** этап – на этом этапе студент достигает итоговых показателей по заявленной компетенции, то есть осваивает весь необходимый объем знаний, овладевает всеми умениями и навыками в сфере заявленной компетенции. Он способен использовать эти знания, умения, навыки при решении задач повышенной сложности и в нестандартных условиях.

Этапы формирования компетенций в ходе освоения дисциплины отражаются в тематическом плане (см. РПД).

1.3. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
Текущая аттестация, 9 семестр			
1.	Раздел 1-2	3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3; 3-ПК-9; У-ПК-9; В-ПК-9; 3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10; 3-ПК-10.2; У-ПК-10.2; В-ПК-10.2	Решение задач
2.	Раздел 3	3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3; 3-ПК-9; У-ПК-9; В-ПК-9; 3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10; 3-ПК-10.2; У-ПК-10.2; В-ПК-10.2	Решение задач
Промежуточная аттестация, 9 семестр			
	Зачет	3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3; 3-ПК-9; У-ПК-9; В-ПК-9; 3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10; 3-ПК-10.2; У-ПК-10.2; В-ПК-10.2	Зачетный билет

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям, которые приведены в п.1.1. Формирование этих дескрипторов происходит в процессе изучения дисциплины по этапам в рамках различного вида учебных занятий и самостоятельной работы.

Выделяются три уровня сформированности компетенций на каждом этапе: пороговый, продвинутый и высокий.

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня	БРС, % освоения	ECTS/Пятибалльная шкала для оценки экзамена/зачета
Высокий <i>Все виды компетенций сформированы на высоком уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>	Творческая деятельность	<i>Включает низсостоящий уровень.</i> Студент демонстрирует свободное обладание компетенциями, способен применить их в нестандартных ситуациях: показывает умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического или прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	90-100	A/ Отлично/ Зачтено
Продвинутый <i>Все виды компетенций сформированы на продвинутом уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу, большей долей самостоятельности и инициативы	<i>Включает низсостоящий уровень.</i> Студент может доказать владение компетенциями: демонстрирует способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения.	85-89	B/ Очень хорошо/ Зачтено
			75-84	C/ Хорошо/ Зачтено
Пороговый <i>Все виды компетенций сформированы на пороговом уровне</i>	Репродуктивная деятельность	Студент демонстрирует владение компетенциями в стандартных ситуациях: излагает в пределах задач курса теоретически и практически контролируемый материал.	65-74	D/Удовлетворительно/ Зачтено
			60-64	E/Посредственно /Зачтено
Ниже порогового	Отсутствие признаков порогового уровня: компетенции не сформированы. Студент не в состоянии продемонстрировать обладание компетенциями в стандартных ситуациях.		0-59	Неудовлетворительно/ Зачтено

Оценивание результатов обучения студентов по дисциплине осуществляется по регламенту текущего контроля и промежуточной аттестации.

Критерии оценивания компетенций на каждом этапе изучения дисциплины для каждого вида оценочного средства и приводятся в п. 4 ФОС. Итоговый уровень сформированности компетенции при изучении дисциплины определяется по таблице. При этом следует понимать, что граница между уровнями для конкретных результатов освоения образовательной программы может смещаться.

Уровень сформированности компетенции	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
высокий	высокий	высокий
	<i>продвинутый</i>	<i>высокий</i>
	<i>высокий</i>	<i>продвинутый</i>
продвинутый	<i>пороговый</i>	<i>высокий</i>
	<i>высокий</i>	<i>пороговый</i>
	продвинутый	продвинутый
	<i>продвинутый</i>	<i>пороговый</i>
	<i>пороговый</i>	<i>продвинутый</i>
пороговый	пороговый	пороговый
ниже порогового	пороговый	ниже порогового
	ниже порогового	-

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.

Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:

- контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.
- контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.

Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум
Текущая аттестация	1-16	36	60
Контрольная точка № 1	7-8	18	30
<i>Решение задач</i>	8	18	30

Контрольная точка № 2	15-16	18	30
<i>Решение задач</i>	15	18	30
Промежуточная аттестация	-	24	40
Зачет	-		
<i>Зачетный билет</i>	-	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

* Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

Студент считается аттестованным по разделу, зачету или экзамену, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

Студент может быть аттестован по дисциплине, если он аттестован по каждому разделу, зачету/экзамену и его суммарный балл составляет не менее 60.

Определение бонусов и штрафов

Бонусы: поощрительные баллы студент может получить к своему рейтингу в конце семестра за присутствие на лекциях, практических занятиях и активную и регулярную работу на занятиях.

Бонус (премиальные баллы) не может превышать 5 баллов, вместе с баллами за текущую аттестацию – не более 60 баллов за семестр.

4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Обнинский институт атомной энергетики –

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

(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Направление подготовки	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг
Образовательная программа	Радиационная безопасность атомных станций
Дисциплина	Радиационный контроль на АЭС

ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Основные понятия, величины, термины и определения.
2. Рентгеновское излучение.
3. Характеристическое излучение.
4. Источники ионизирующего электромагнитного излучения.
5. Рентгеновские аппараты.
6. Линейные ускорители и микротроны.
7. Радиография.
8. Дозиметрический контроль.
9. Радиометрический контроль.
10. Нормализация радиационной обстановки при ее ухудшении.
11. Объекты радиационного контроля.
12. Виды и объем радиационного контроля.
13. Законодательная база в области радиационного контроля.
14. Аппаратурное обеспечение и методы обработки спектров, используемые для определения активности альфа, бета и гамма-излучающих радионуклидов (р/н).
15. Погрешность измерений.
16. Идентификация р/н и измерения проб с неизвестным р/н составом.
17. Радиометрические измерения.
18. Величины, характеризующие точность измерений.
19. Приборы, системы и средства радиационного контроля.
20. Классификация приборов, систем и средств радиационного контроля.
21. Дозиметрические приборы.
22. Спектрометрические приборы.
23. Системы радиационного экологического мониторинга окружающей среды.
24. Приборы дозиметрического контроля населения.
25. Применение приборов, систем и средств радиационного контроля для наблюдения за радиационной обстановкой.
26. Набор моделей, предназначенных для оценки дозы внешнего облучения населения.
27. Значения дозовых коэффициентов для расчета СГЭД при облучении человека от подстилающей поверхности.

28. Значения дозовых коэффициентов для расчета СГЭД при погружении в воду и при нахождении на поверхности воды.
29. Оценка доз внутреннего облучения.
30. Гамма-спектрометрический комплекс контроля активности и нуклидного состава инертных радиоактивных газов.
31. Гамма-спектрометрический комплекс контроля активности и нуклидного состава радиоактивных аэрозолей и йода.
32. Гамма-спектрометрический комплекс контроля активности и нуклидного состава низкоактивных твердых радиоактивных отходов.
33. Гамма-спектрометрический комплекс контроля активности и нуклидного состава средне- и высокоактивных твердых радиоактивных отходов.
34. Бета-спектрометрический комплекс контроля активности бета-излучающих нуклидов радиоактивных аэрозолей.
35. Производственный радиационный контроль.
36. Условия проведения контроля эффективности радиационной защиты установок.
37. Радиационные объекты I и II категорий.
38. Генеральный план радиационного объекта.
39. Размещение радиационного объекта.
40. Размеры санитарно-защитной зоны. Границы санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения радиационного объекта.
41. Проектирование радиационных объектов.
42. Проектная документация на радиационные объекты.
43. Разновидности ПДК.
44. Перенос загрязнений в атмосфере.
45. Определение максимальной концентрации загрязнителя в атмосферном воздухе.
46. Определение расстояния от источника выбросов, на котором достигается максимальная концентрация загрязняющего вещества.
47. Определение метеорологических условий, при которых может быть достигнута максимальная концентрация загрязняющего вещества в воздухе.
48. Определение концентрации загрязняющего вещества в атмосфере на заданном расстоянии от источника выбросов.
49. Расчет величины ПДВ для загрязняющих выбросов.
50. Определение границ санитарно-защитной зоны предприятий.
51. Расчет экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха.
52. Экономическая оценка ущерба от загрязнения атмосферы

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

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Направление подготовки	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг
Образовательная программа	Радиационная безопасность атомных станций
Дисциплина	Радиационный контроль на АЭС

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Идентификация р/н и измерения проб с неизвестным р/н составом.
2. Производственный радиационный контроль.

Составитель	_____	Т.В. Мельникова
	(подпись)	
Руководитель ООП	_____	А.А. Удалова
	(подпись)	

На зачет/экзамен выносятся основные теоретические вопросы по дисциплине и практико-ориентированные вопросы для проверки практических навыков и умения применять полученные знания в области радиационного контроля. Экзамен/зачет сдается устно, по билетам, в которых представлено 2 теоретических вопроса из типового перечня.

Оценка «Отлично» (36-40 баллов) ставится, если:

- Полно раскрыто содержание материала билета;
- Материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности, точно используется терминология;
- Показано умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, картами, применять их в новой ситуации;
- Продемонстрировано усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов, сформированность и устойчивость компетенций, умений и навыков;
- Ответ прозвучал самостоятельно, без наводящих вопросов;
- Допущены одна – две неточности при освещении второстепенных вопросов, которые исправляются по замечанию.

Оценка «Хорошо» (30 – 35 баллов) ставится, если:

ответ удовлетворяет в основном требованиям на оценку «5», но при этом имеет один из недостатков:

- В изложении допущены небольшие пробелы, не исказившие содержание ответа;
- Допущены один – два недочета при освещении основного содержания ответа, исправленные по замечанию экзаменатора;
- Допущены ошибка или более двух недочетов при освещении второстепенных вопросов, которые легко исправляются по замечанию экзаменатора;

Оценка «Удовлетворительно» (25-29 баллов) ставится, если:

- Неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала;
- Имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии, исправленные после нескольких наводящих вопросов;
- При неполном знании теоретического и практического материала выявлена недостаточная сформированность компетенций, умений и навыков, студент не может применить теорию в новой ситуации.

Оценка «Неудовлетворительно» (24 и меньше баллов) ставится, если:

- Не раскрыто основное содержание вопросов в билете;
- Обнаружено незнание или непонимание большей, или наиболее важной части учебного материала, касающегося вопросов в билете;
- Допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов.

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

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Направление подготовки	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг
Образовательная программа	Радиационная безопасность атомных станций
Дисциплина	Радиационный контроль на АЭС

ПРИМЕРЫ ЗАДАЧ ДЛЯ КТ №1 и КТ №2

Таблица 1. Исходные данные для решения задач по оценке радиационной обстановки на объекте

№	Исходные параметры	Номер варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Задача №1											
1	Количество часов после аварии ($t_{\text{авар}}$), час	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
2	Мощность дозы через $t_{\text{авар}}$ часов после аварии (P_t), рад/час.	0.6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1	0,9	0.8	0.7
Задача №2											
1	Количество часов после взрыва ($t_{\text{взр}}$), час	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7
2	Мощность дозы через $t_{\text{взр}}$ часов после взрыва (P_t), рад/час.	0,25	0,3	0,35	4	0,45	5	0,55	0,6	0,65	0,7
3	Количество часов нахождения людей на местности (t_m), час	6	5	4	3	2	3	4	5	6	7
4	Количество часов от взрыва до начала заражения ме- стности ($t_{\text{зар}}$), час	2	3	4	5	6	5	4	5	4	5
5	Тип реактора АЭС	ВВЭР		РБМК		ВВЭР		РБМК		ВВЭР	
Задача №3											
1	Количество часов от взрыва до начала заражения ме- стности ($t_{\text{зар}}$), час	3	4	5	6	7	8	9	8	7	6

2	Мощность дозы через $t_{\text{зар}}$ часов после аварии (P_t), рад/час.	0,34	0,4	0,44	0,51	0,44	0,4	0,51	0,4	0,44	0,51
Задача №4											
1	Количество часов после взрыва ($t_{\text{взр}}$), час	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
2	Мощность дозы через $t_{\text{зар}}$ часов после аварии (P_t), рад/час.	0,25	0,3	0,35	4	0,45	5	0,55	0,6	0,65	0,7
3	Установленная мощность дозы ($D_{\text{уст}}$), рад/час	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5

ПРИВЕДЕНИЕ МОЩНОСТИ ДОЗЫ НА РАЗЛИЧНОЕ ВРЕМЯ ПОСЛЕ АВАРИИ НА АЭС

Расчет задач по установлению мощности дозы на определенное время после взрыва осуществляется с помощью специальных таблиц. В таблице 5.2 для различного времени после аварии с учетом спада мощности дозы приведены коэффициенты пересчета мощности дозы на любое время после аварии. Если принять мощность на 1 час после аварии за единицу, то коэффициент пересчета показывает, во сколько раз уменьшится мощность дозы за тот или иной промежуток времени (t), прошедший после аварии.

ЗАДАЧА 1. На объекте через $t_{\text{авар}}$ час после аварии мощность дозы составляет P_t рад/час. Определить мощность дозы через 1 час и через 1 сутки после аварии.

Пример. Решение задачи осуществляется для следующих условий:

количество часов после аварии $t_{\text{авар}} = 3$ часа; мощность дозы через 3 часа после аварии $P_t = 0,8$ рад/час.

Решение.

1. В таблице 2 находим, что при $t = 3$ часа мощность дозы составляет 0,65 от мощности дозы на 1 час после аварии.
2. Определяем мощность дозы на 1 час после аварии. $P_t = P_1 \cdot K_t$; $P_1 = P_3 / K_3 = 0,8 / 0,65 = 1,23$ рад/час.
3. В таблице 2 находим, что при $t = 1$ сутки мощность дозы составит 0,28 от мощности дозы на 1 час после аварии.

Определяем мощность дозы на 1 сутки после аварии $P_{\text{сут}} = P_1 \cdot K_{\text{сут}} = 1,23 \cdot 0,28 = 0,34$ рад/час.

Таблица 2. Коэффициенты пересчета мощности дозы на различное время после аварии на АЭС

Время, прошедшее после аварии, час	$K_t = t^{-0,4}$	Время, прошедшее после аварии, час	$K_t = t^{-0,4}$	Время, прошедшее после аварии, час	$K_t = t^{-0,4}$
0,5	1,32	6	0,49	11,5	0,38
1,0	1,0	6,5	0,47	12	0,37
1,5	0,85	7	0,46	16	0,33
2,0	0,76	7,5	0,45	20	0,30
2,5	0,7	8	0,43	1 сутки	0,28
3,0	0,65	8,5	0,42	2 суток	0,21
3,5	0,61	9	0,41	3 суток	0,18
4,0	0,58	9,5	0,41	4 суток	0,16
4,5	0,55	10	0,4	5 суток	0,15
5,0	0,53	10,5	0,39	6 суток	0,14
5,5	0,51	11	0,39		

РАСЧЕТ ОЖИДАЕМЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЛЮДЕЙ НА ЗАРАЖЁННОЙ МЕСТНОСТИ ПРИ АВАРИЯХ НА АЭС

В общем случае изменение мощности дозы на местности, заражённой радиоактивными веществами при аварии на АЭС, определяется зависимостью

$$P_t = P_0 \cdot (t/t_0)^{-n}, \text{ где } P_t - \text{мощность дозы на момент } t$$

после взрыва (аварии);

P_0 - мощность дозы, измеренная (рассчитанная) на время t_0 после взрыва (аварии), например, на 1 час после аварии; t - время от момента взрыва (аварии), на которое рассчитывается мощность дозы;

t_0 - время от момента взрыва (аварии), для которого известна мощность дозы; n - показатель степени, зависящий от времени с момента взрыва (аварии).

Для аварии на АЭС при времени менее суток от момента взрыва $n = 0,4$.

Проинтегрировав выражение $P_t = P_0 \cdot (t/t_0)^{-n}$ можно получить зависимость, позволяющую определить дозу излучения при аварии на АЭС на открытой местности.

$$D_{\text{ож}} = 1,7 (P_k \cdot t_k - P_n \cdot t_n),$$

где P_n - мощность дозы в момент начала нахождения на местности, заражённой радиоактивными веществами; P_k - мощность дозы в момент окончания нахождения на местности, заражённой радиоактивными веществами;

t_n и t_k - соответственно время начала и окончания нахождения на местности, заражённой радиоактивными веществами от момента аварии.

Учитывая вышеприведенные зависимости для различных типов аварийных реакторов, рассчитаны дозы облучения и сведены в таблицы.

Пользуясь этими таблицами, представляется возможным определить дозу облучения для различных условий обстановки.

В таблицах 3 и 4 в зависимости от типа аварийного реактора (РБМК или ВВЭР) приведены дозы облучения в радах для мощности 1 рад/час после аварии. Для определения доз облучения для других значений мощностей доз необходимо найденную по таблице дозу облучения умножить на указанную мощность дозы.

ЗАДАЧА 2. На объекте мощность дозы через $t_{\text{взр}}$ час после взрыва на АЭС с реактором (ВВЭР или РБМК) составляет P_t рад/час. Определить дозы облучения, которые получают люди, находящиеся на открытой местности, за t_m час, если известно, что облучение началось через $t_{\text{зар}}$ час после аварии.

Пример. Решение задачи осуществляется для следующих условий: количество часов после взрыва $t_{\text{взр}} = 4$ часа; мощность дозы через 4 часа после аварии $P_t = 0,29$ рад/час; количество часов нахождения людей на местности $t_m = 5$ часов; количество часов от взрыва до начала заражения местности $t_{\text{зар}} = 5$ часов; тип реактора АЭС – ВВЭР.

Решение. 1. Определяем мощность дозы на 1 час после аварии (по таблице 2): $P_{12} = P_t / K_t = 0,29 / 0,58 = 0,5$ рад/час.

2. В таблице 4 на пересечении колонки 5 часов и строки 5 часов находим дозу облучения на открытой местности при мощности дозы 1 рад/час, которая равна 2,78 рада.

3. Определяем дозу облучения для мощности дозы на 1 час, равную 0,5 рад/час: $D_{\text{обн}} = 2,78 \cdot 0,5 = 1,39$ рад.

Таблица 3. Дозы радиации, получаемые на открытой местности, при мощности дозы 1 Р/час на 1 час после аварии на АЭС. Тип аварийного реактора РБМК

Время начала облучения с момента аварии		Время пребывания на зараженной местности										
		Часы					Сутки				Месяцы	
		1	2	3	4	15	1	2	3	10	1	2
Ч А С Ы	1	0,9	1,7	2,4	3,71	8,79	12,4	20,1	26,4	56,2	105	151
	2	0,79	1,51	2,17	3,40	8,32	11,8	19,5	25,7	55,4	104	150
	3	0,71	1,38	2,01	3,17	7,95	11,4	19,0	25,2	54,0	103	149
	5	0,62	1,22	1,79	2,86	7,39	10,7	18,2	24,3	53,6	102	148
	15	0,44	0,87	1,32	2,12	5,86	8,83	15,6	21,3	49,7	97,8	143
С У Т К И	1	0,37	0,74	1,11	1,82	5,13	7,83	14,1	19,6	47,3	94,8	140
	2	0,28	0,57	0,85	1,41	4,07	6,32	11,7	16,6	42,6	88,8	134
	10	0,13	0,27	0,41	0,69	2,06	3,27	6,41	9,42	27,8	66,4	107
	30	0,07	0,15	0,23	0,39	1,18	1,88	3,74	5,56	17,5	46,3	80,5
	60	0,05	0,1	0,16	0,26	0,8	1,28	2,55	3,81	12,3	34,1	62

Таблица 4. Дозы радиации, получаемые на открытой местности, при мощности дозы 1 Р/час на 1 час после аварии на АЭС. Тип аварийного реактора ВВЭР

Время начала облучения с момента аварии		Время пребывания на зараженной местности										
		Часы					Сутки				Месяцы	
		1	2	3	4	15	1	2	3	10	1	2
Часы	1	0,99	1,68	2,39	3,66	8,57	12,0	19,3	25,1	52	94,7	134
	2	0,78	1,49	2,14	3,33	8,07	11,4	18,6	24,4	51,3	93,9	133
	3	0,7	1,36	1,97	3,1	7,7	11,0	18,1	23,8	50,6	93,2	132
	5	0,61	1,19	1,74	2,78	7,12	10,3	17,3	22,9	49,5	92	131
Сутки	1	0,35	0,7	1,05	1,72	4,84	7,37	13,2	18,2	43,2	84,6	123
	2	0,26	0,53	0,79	1,31	3,78	5,86	10,8	15,3	38,6	78,8	117
	3	0,12	0,24	0,37	0,61	1,84	2,91	5,69	8,35	24,4	5,77	92,2
Месяцы	1	0,06	0,13	0,2	0,33	1,01	1,61	3,20	4,76	14,9	39,2	67,6
	2	0,04	0,08	0,13	0,22	0,67	1,07	2,13	3,18	10,2	28,3	51,1

ЗАДАЧА 3. На объекте началось радиоактивное заражение местности через ($t_{\text{зар}}$) час после аварии на АЭС. Мощность дозы - (P_t) рад/час. Определить дозу облучения за первые сутки нахождения на открытой местности, используя вышеприведенную формулу.

Пример. Решение задачи осуществляется для следующих условий:

количество часов от взрыва до начала заражения местности $t_{\text{зар}} = 5$ час. мощность дозы через 5 часов после аварии $P_t = 0,53$ рад/час.

Решение.

1. Определяем мощность дозы на 1 час после аварии $P_1 = P_5 / K_5 = 0,53 / 0,53 = 1$ рад/час.
2. Определяем мощность дозы на 29 часов после аварии $P_{29} = P_1 \cdot K_{29} = 1 \cdot 0,27 = 0,27$ рад/час.
3. Подставляем полученные значения в формулу
 $D_{\text{ож}} = 1,7 (P_k \cdot t_k - P_n \cdot t_n) = 1,7 (0,27 \cdot 29 - 0,53 \cdot 5) = 1,7 (7,83 - 2,65) = 8,8$ рад.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРЕБЫВАНИЯ ЛЮДЕЙ НА ЗАРАЖЁННОЙ МЕСТНОСТИ ПРИ АВАРИИ НА АЭС

Допустимое время пребывания на заражённой местности определяется по табл. 5.

Для определения времени пребывания, используя исходные данные, рассчитывается отношение:
 $P_1/(D_{\text{зад}} \cdot K_{\text{осл}}) = P_t/(K_t \cdot D_{\text{зад}} \cdot K_{\text{осл}}) = a$,

где P_1 - мощность дозы на 1 час после аварии; P_t - заданная мощность дозы на любое время; $D_{\text{зад}}$ - установленная мощность дозы;

$K_{\text{осл}}$ - коэффициент ослабления (табл. 6); K_t - определяется по таблице 2.

В таблице 5 на пересечении строчки «а» и графы начала работ находится продолжительность пребывания на заражён- ной местности.

Таблица 5. Допустимая продолжительность пребывания людей на радиоактивной зараженной местности при аварии на АЭС

$a = P_1/(D_{\text{зад}} \cdot K_{\text{осл}})$	Время, прошедшее с момента аварии до начала облучения t_H , час							
	1	2	3	4	6	8	12	24
0,2	7,3	8,35	10,0	11,3	12,3	14,0	16,0	21,0
0,3	4,5	5,35	6,3	7,1	8,0	9,0	10,3	13,3
0,4	3,3	4,0	4,35	5,1	5,5	6,3	7,3	10,0
0,5	2,45	3,05	3,35	4,05	4,3	5,0	6,0	7,5
0,6	2,15	2,35	3,0	3,2	3,45	4,1	4,5	6,25
0,7	1,5	2,1	2,3	2,4	3,1	3,3	4,0	5,25
0,8	1,35	1,5	2,1	2,25	2,45	3,0	3,3	4,5
0,9	1,25	1,35	1,55	2,05	2,25	2,4	3,05	4,0
1,0	1,15	1,3	1,4	1,55	2,10	2,2	2,45	3,4

ЗАДАЧА 4. *Определить допустимую продолжительность работы спасательной команды на заражён- ной местности, если измеренная мощность дозы при входе в зону через $t_{\text{взр}}$ час составляет P_t рад/час. Установленная мощность дозы равна $D_{\text{уст}}$ рад.*

Пример. Решение задачи осуществляется для следующих условий:

количество часов после взрыва 3 часа; мощность дозы через 3 часа после аварии 0,39 рад/час; установленная мощность дозы ($D_{\text{уст}}$) равна 1рад.

Решение. 1. Находится по таблице 5.2 мощность дозы на 1 час после аварии. $P_1 = P_t/K_t = 0,39/0,65 = 0,6$.

2. Находим «а»

$a = P_1/(D_{\text{уст}} \cdot K_{\text{осл}}) = 0,6/(1 \cdot 1) = 0,6$.

3. По таблице 5 определяем продолжительность работ $T= 3$ часа.

Таблица 6 . Средние значения коэффициента ослабления доз облучения $/K_{\text{осл}}/$ укрытиями и транспортными средствами

Наименование укрытий и транспортных средств	Коэффициент ослабления
Открытые щели	3
Перекрытые щели	40
Автомобили и автобусы	2
Крытые вагоны	2
Пассажирские вагоны	3
Одноэтажные здания	7
Трехэтажные здания	10
Жилые каменные одноэтажные дома	10
- подвалы этих домов	40
Жилые каменные трехэтажные дома	20
- подвалы этих домов	400
Жилые деревянные одноэтажные дома	2

Критерии оценивания компетенций (результатов):

Система проверки представляет собой перечень критериев, по которым оценивается решение задачи и последующая защита задачи. Каждому критерию соответствует процентное отношение от номинального количества баллов за задачу (см. таблицу).

Оцениваемые элементы знаний, умений, навыков	Процент
1. Ознакомление с условием задачи. В том числе:	25
– Краткая запись условия.	5
– Использование физической символики.	5
– Запись единиц измерения и перевод их в СИ.	5
– Хорошее оформление работы, четкие рисунки и чертежи.	5
– Нахождение и запись необходимых табличных и дополнительных данных.	5
2. Составление плана решения. В том числе:	25
– Обоснование выбора физических формул для решения.	10
– Рациональный способ решения.	10
– Запись формул.	5
3. Осуществление решения. В том числе:	25
– Вывод расчетных(ой) формул(ы).	15
– Умение решить задачу в общем виде.	10
4. Проверка правильности решения задачи. В том числе:	25
– Вычисления.	5
– Математические операции с единицами измерения физических величин.	5
– Краткое объяснение решения.	5
– Оригинальный способ решения.	5
– Анализ полученных результатов.	5

Описание шкалы оценивания:

За полностью выполненный этап решения студенту начисляется 25% от номинальной оценки задачи, в противном случае (этап реализован не полностью или совсем не рассматривался) студенту начисляются проценты только за выполненные пункты данного этапа.

Таким образом, чтобы оценить решение задачи необходимо сложить все начисленные студенту проценты, а затем перевести их в баллы.

Максимальное количество баллов, которое может студент получить за решение 1 задачи – 6 балла.