

"Прогнозирование и оценка радиационной обстановки при авариях, катастрофах на радиационно опасных объектах и при ядерном взрыве"

Глава 1 Оценка радиационной обстановки

Для достижения успешных действий формирований ГОЧС объекта экономики (ОЭ) и организации защиты населения, территорий очень важно своевременно обнаружить радиоактивное заражение (РЗ) или химическое заражение местности, определить их масштабы и характер, правильно оценить степень их опасности для людей и объекта. Это достигается умелым и непрерывным ведением радиационной и химической разведки. На основании данных разведки производится оценка радиационной (РО) или химической обстановки (ХО). Это важный элемент работы руководителя формирования ОЭ при проведении мероприятий противорадиационной (ПР) и противохимической защиты (ПХЗ). Выводы из оценки РО или ХО используются при организации и проведении АС и ДНР в зоне ЧС.

Ниже рассматриваются методики оценки радиационной обстановки, проводимые на объектах экономики в целях защиты персонала, населения и ликвидации последствий ЧС.

1.1. Прогнозирование и оценка радиационной обстановки при авариях, катастрофах на радиационно опасных объектах (РОО) и при ядерном взрыве (ЯВ)

Оценку радиационной обстановки на объектах экономики проводят для определения масштаба РЗ и характера радиационного поражения людей, принятия на основе анализа и выводов решения на проведение АС и ДНР в зоне радиоактивного заражения.

Радиационная обстановка - ситуация, сложившаяся в результате РЗ местности, оказывающая влияние на деятельность ОЭ, сил ГОЧС и населения.

РО характеризуется масштабом заражения (размерами зон - их длина и ширина) и степенью РЗ местности (уровнями радиации), являющимися основными показателями опасности РЗ для людей.

Целью оценки РО является определение возможного влияния РО на работоспособность рабочих, служащих и личного состава формирования ГОЧС, населения, позволяющие своевременно принять меры защиты людей и обосновать решения по организации производственной деятельности ОЭ и проведению АС и ДНР в условиях РЗ местности.

Оценка РО включает: определение масштабов и степени РЗ местности; анализ их влияния на деятельность ОЭ, сил ГОЧС и населения; выбор наиболее целесообразных вариантов действий, при которых исключается радиационное поражение людей.

Радиационная обстановка может быть выявлена и оценена **методами прогнозирования и по данным разведки**. Выявление РО осуществляется: постами радиационного наблюдения и разведгруппами, звеньями разведки формирования ГОЧС объекта. Они устанавливают время начала РЗ, измеряют уровни радиации на местности и определяют границы зон РЗ.

Контроль радиационной обстановки, являющийся составной частью общего контроля состояния окружающей среды, заключается в проведении радиоэкологического мониторинга - наблюдения, оценки и прогнозирования радиационной обстановки и на основании его результатов определения необходимости нормализации обстановки и принятия мер по защите населения и территорий. Контроль радиационной обстановки осуществляется постоянно на всей территории страны, особое внимание при этом уделяется районам расположения радиационно опасных объектов и в первую очередь

атомных станций (АС).

Контроль организуется и проводится структурными подразделениями федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Российской Федерации (Росгидромет) во взаимодействии с другими подразделениями наблюдения и контроля РСЧС всех уровней, заинтересованными министерствами и ведомствами, а также постами наблюдения отдельных ОЭ и РОО.

РО, которая выявлена и оценена методом прогнозирования, называется предполагаемой или **прогнозируемой обстановкой**. Оценка РО методом прогнозирования производится в управлениях, отделах (штабах) по делам ГОЧС города, области, края и т. п. Исходными данными для прогнозирования РО, например, при ядерных взрывах являются: мощность, вид, координаты эпицентра и время взрыва, направление и скорость среднего ветра. Оценка и выявление РО по прогнозу сводится к определению длины и ширины зон РЗ и к нанесению их на карту. При этом также рассчитываются время выпадения осадков, ожидаемые уровни радиации на объектах и в тех или иных населенных пунктах. Выявление и оценка РО методом прогнозирования дает только приближенные характеристики о РО. Однако этот метод обладает преимуществом - быстротой получения данных о возможном РЗ. Он позволяет заблаговременно, до выпадения РВ на местности, принять меры по защите людей, установить и уточнить задачи радиационной разведки, проводимой на местности. Обстановка, выявляемая по данным разведки, называется **фактической РО**.

1.1.1. Оценка радиационной обстановки по данным разведки местности

Отдел, сектор (штаб) по делам ГОЧС объекта экономики и командир формирования ГОЧС выполняют оценку РО на основании данных, полученных от радиационной разведки местности. Разведывательные формирования ГОЧС оснащаются средствами радиационной разведки. Для успешного выполнения задач по ведению разведки личный состав формирований должен хорошо знать основы дозиметрии, устройство и правила эксплуатации дозиметрических приборов разведки местности (рентгенметры, например, типа ИМД-5, ДП-5В, ИМД-1Р).

Под оценкой РО по данным разведки понимается решение типовых задач по различным вариантам действий формирования ГОЧС или производственной деятельности ОЭ в условиях РЗ, анализ результатов и выбор наиболее целесообразного режима защиты рабочих, служащих и населения, исключающего их радиационное поражение.

Решение задач по оценке РО на ОЭ в настоящее время в основном осуществляется графоаналитическим способом с использованием соответствующих расчетных зависимостей и таблиц. Однако такие задачи могут решаться в случае ядерного взрыва и приближенно с помощью радиационной линейки (РЛ).

При этом рассматривается методика решения следующих основных типовых задач по оценке фактической РО при авариях, катастрофах на АЭС и при применении ядерных боеприпасов (ядерном взрыве):

- приведение измеренных уровней радиации к различному времени после аварии на АЭС или ЯВ;
- определение возможной дозы радиации при действиях на РЗ местности;
- определение допустимой продолжительности работы или пребывания людей на РЗ местности;
- определение времени выброса РВ при аварии, катастрофе на АЭС и времени ядерного взрыва;
- определение режима радиационной защиты.

Решение задач по оценке радиационной обстановки графоаналитическим способом производится по формулам, полученным в результате интегрирования и преобразования зависимости, которая описывает закон изменения уровней радиации на РЗ местности:

$$P_t = P_0(t/t_0)^{-n}, \quad (1)$$

где P_0 - уровень радиации в рассматриваемый момент времени t_0 после аварийного выброса РВ (ядерного взрыва);

P_t - уровень радиации в рассматриваемый момент времени t после аварийного выброса РВ (ядерного взрыва);

n - показатель степени, характеризующий величину спада радиации во времени и зависящий от изотопного состава радионуклидов (при ядерном взрыве $n = 1,2$; при аварии на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) $n = 0,4$). Изменения уровней радиации показано на рис.1.

Величина $K_{пер} = (t/t_0)^{-n}$ обеспечивает возможность пересчитывать измеренные уровни радиации на различное время t после аварии (катастрофы) на АЭС или после ядерного взрыва.

Коэффициенты для пересчета:

$$K_{пер} = (t/t_0)^{-0,4} \quad \text{- при катастрофе на Чернобыльской АЭС;}$$

$$K_{пер} = (t/t_0)^{-1,2} \quad \text{- при ядерном взрыве.} \quad (2)$$

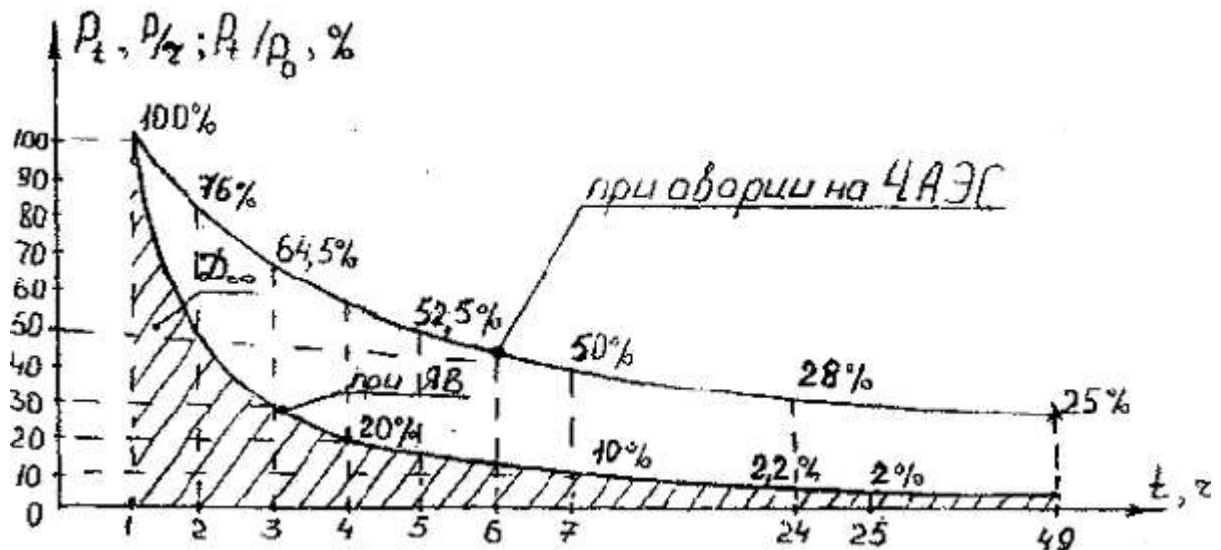


Рис.1. Спад уровня радиации на местности при ЯВ и аварии на ЧАЭС

Коэффициенты пересчета на различное время после аварии на АЭС или ядерного взрыва определяются по табл. 2 и табл. 8. Тогда (1) с учетом (2) примет вид:

$$P_t = K_{пер} P_{изм} .$$

Доза излучения за время от t_n до t_k составит:

$$D = \int_{t_n}^{t_k} P_t dt = \int_{t_n}^{t_k} P_0 (t/t_0)^{-n} dt \quad (3)$$

После интегрирования и преобразований найдем:

$$D = \frac{1}{1-n} (P_{КК}^{t_k} - P_{КН}^{t_n}) \quad (4)$$

где R_n, R_k - уровни радиации соответственно в начале и в конце пребывания в зоне РЗ;
 t_n, t_k - время начала и конца пребывания в зоне РЗ.
 Единицы измерения параметров ионизирующих излучений, используемых в задачах,
 даны в табл.1.

1.1.1.1. Оценка радиационной обстановки при аварии на АЭС

При эксплуатации АЭС могут возникнуть и аварийные режимы. В практике рассматривают проектную, гипотетическую, радиационную аварии на АС (АЭС, АТЭЦ, АСТ).

Радиационная авария - это нарушение предела допустимой эксплуатации, при котором произошел выход РВ и ионизирующего излучения за границы, предусмотренные проектом для нормальной эксплуатации, в количествах, превышающих установленные для эксплуатации значения.

Ниже и уделяется основное внимание оценке РО на АЭС (типа Чернобыльской АЭС) после радиационной аварии. Рассмотрим методику расчета типовых задач.

1. В ходе решения задач по оценке обстановки ПРИВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕННЫХ УРОВНЕЙ РАДИАЦИИ НА МЕСТНОСТИ к различному времени после аварии на АЭС производится по формуле:

$$P_t = K_{\text{пер}} P_{\text{изм}} ,$$

где $R_{\text{изм}}$ - уровень радиации, измеренный в момент времени $t_{\text{изм}}$ после аварийного выброса РВ;

P_t - уровень радиации в момент времени t , на который пересчитывается измеренный уровень радиации;

$K_{\text{пер}} = (t/t_0)^{-0,4}$ находится по табл.2 по t и $t_{\text{изм}}$.

2. ДОЗА РАДИАЦИИ НА ЗАДАННЫЙ ПРОМЕЖУТОК ВРЕМЕНИ ($t_k - t_n$)

Из (4) применительно к ЧАЭС при $n=0,4$ и с учетом коэффициента ослабления (табл.3)

$$D = \int_{t_n}^{t_k} P_t dt = \int_{t_n}^{t_k} P_0 (t / t_0)^{-n} dt \quad (5)$$

где R_n и R_k - уровни радиации в начале (t_n) и в конце (t_k) облучения.

По этой формуле рассчитывается доза радиации за промежуток времени ($t_k - t_n$). При этом R_n и R_k определяются путем пересчета измеренного уровня радиации по табл. 2:

$$P_t = K_{\text{пер}} P_{\text{изм}} .$$

3. ДОПУСТИМАЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПРЕБЫВАНИЯ ЛЮДЕЙ НА РАДИОАКТИВНО ЗАРАЖЕННОЙ МЕСТНОСТИ ПРИ АВАРИИ НА АЭС находится по табл.4 по отношению

$$P_1 / (D_{\text{зад}} K_{\text{осл}}) \text{ и времени } t_n .$$

При этом измеренный в момент времени $t_{\text{изм}}$ уровень радиации $R_{\text{изм}}$ по табл.2 пересчитывается на 1 ч :

$$P_1 = K_{\text{пер}} P_{\text{изм}}$$

$K_{\text{пер}}$ определяется по табл.2 при $t = 1$ ч и $t_{\text{изм}}$.

4. ВРЕМЯ АВАРИЙНОГО ВЫБРОСА РВ определяется по двум измерениям уровня радиации Р1 и Р2 и интервалу времени между ними. При этом из табл.6 по отношению Р2/Р1 и интервалу Δt находится время после аварийного выброса РВ до второго измерения уровня радиации (t_2). Время аварийного выброса РВ получается как разность при вычитании из местного времени второго замера (по часам) времени t_2 , определенного по табл.6.

Значения t_2 , представленные в табл.6, рассчитаны по формуле

$$t_2 = \Delta t / \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{2,5} \right] \quad (6)$$

Формула получена в результате преобразования зависимости (1) спада уровня радиации.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМА РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ РАБОЧИХ И СЛУЖАЩИХ.

Вследствие аварий, катастроф на РОО или при применении противником ядерного оружия объекты экономики страны могут оказаться на радиоактивно зараженной местности (при ЯВ в зонах: умеренного, сильного, опасного и чрезвычайно опасного РЗ). В этих условиях работа ОЭ, действия рабочих и служащих строго регламентируются и подчиняются определенному режиму радиационной защиты.

Под режимом радиационной защиты рабочих и служащих ОЭ, населения, личного состава формирований ГОЧС понимается порядок работы и применения средств, способов защиты в зонах радиоактивного заражения, исключающие радиоактивное облучение людей выше допустимых норм и сокращающие до минимума вынужденную остановку производства.

Режимы радиационной защиты рабочих и служащих ОЭ при ЯВ рассчитываются заблаговременно для конкретных условий (защитных свойств производственных, жилых зданий и используемых защитных сооружений) и различных возможных уровней радиации на территории объекта.

В настоящее время для случая ядерного взрыва разработаны и рекомендуются 8 типовых режимов для различных категорий населения: 1-3-й режимы - для неработающего населения; 4-7-й режимы - для рабочих и служащих ОЭ;

8-й режим - для личного состава формирований ГОЧС. При этом режимы радиационной защиты рабочих и служащих включают три основных этапа, ко-торые должны выполняться в строгой последовательности (табл.7):

первый этап: продолжительность времени прекращения работы объекта и пребывания рабочих и служащих ОЭ в защитных сооружениях;

второй этап: продолжительность работы ОЭ с использованием для отдыха рабочих и служащих защитных сооружений;

третий этап: продолжительность работы объекта с ограничением пребывания людей на открытой РЗ местности до 1-2 часов в сутки.

Продолжительность соблюдения каждого типового режима зависит:

- от уровня радиации на местности (на территории объекта) и спада его во времени;

- от защитных свойств (коэффициента ослабления) убежищ, ПРУ, производственных и жилых зданий;

- от установленных доз облучения людей.

С учетом этих факторов для рабочих и служащих разработаны четыре варианта типовых режимов (4-7-й) радиационной защиты (табл.7).

Кроме того, предусматриваются режимы ведения аварийно-спасательных и других

неотложных работ в зонах радиоактивного заражения подразделениями формирований ГОЧС и др. силами ликвидации ЧС в МЧС РФ.

Типовые режимы разработаны с учетом продолжения работы объекта в две смены по 10-12 часов, а также передвижения людей к месту работы и обратно (продолжительность работы может быть и меньше, чем 10-12 часов).

Предусматривается следующий порядок ввода в действие режимов радиационной защиты.

С объявлением угрозы радиоактивного заражения на ОЭ выставляются посты наблюдения, оснащенные дозиметрическими приборами. Эти посты измеряют уровни радиации через каждые полчаса и результаты измерений докладывают в отдел, сектор (штаб) ГОЧС объекта.

Начальник отдела, сектора ГОЧС по измеренным и рассчитанным на 1ч уровням радиации и таблице типовых режимов определяет режим радиационной защиты рабочих и служащих и свои предложения докладывает начальнику ГОЧС объекта экономики (руководитель объекта). Если на территории объекта уровни радиации неодинаковые, режим выбирается и устанавливается по мак-симальному уровню радиации, пересчитанному на один час после взрыва.

Режим радиационной защиты рабочих и служащих вводится в действие решением начальника ГОЧС, о чем передается сообщение по радиотрансляционной сети объекта и предоставляется донесение в вышестоящие управления ГОЧС.

Выход из режима радиационной защиты тоже определяется начальником ГОЧС, о чем оповещаются все рабочие и служащие ОЭ.

Типовые задачи по оценке радиационной обстановки при аварии на АЭС

1. ПРИВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕННЫХ НА МЕСТНОСТИ УРОВНЕЙ РАДИАЦИИ К РАЗЛИЧНОМУ ВРЕМЕНИ ПОСЛЕ АВАРИИ, КАТАСТРОФЫ АЭС

ЗАДАЧА. На городской АЭС произошла авария с радиоактивным заражением местности. Измеренный на машзаводе уровень радиации через 2 ч после аварии составил 60 рад/ч. Определить ожидаемый уровень радиации через 6 ч после аварии.

Решение

Измеренный уровень радиации пересчитываем на заданное время по формуле $P_t = K_{пер} P_{изм}$, или $P_6 = K_{пер} P_2 = 0,64 * 60 = 38,4$ (рад/ч) ($K_{пер} = 0,64$ определяем по табл.2).

Пример для самостоятельного решения. Определить ожидаемый на промышленном объекте уровень радиации через 5 ч после аварии на АЭС, если измеренный на территории завода уровень радиации через 1,5 ч после аварии составил 35 рад/ч.

Ответ: $P_5 = 21,7$ рад/ч.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОЙ ДОЗЫ РАДИАЦИИ ПРИ ДЕЙСТВИЯХ НА ЗАРАЖЕННОЙ МЕСТНОСТИ

ЗАДАЧА. Вследствие аварии на АЭС сводной команде ГОЧС предстоит работать 6 ч на радиоактивно зараженной местности ($K_{осл} = 1$). Определить дозу радиации, которую получит личный состав команды при входе в зону через 4 ч после аварии, если уровень радиации к этому времени составил 5 рад/ч.

Решение

Дозу радиации за $T_{раб} = 6$ ч определяем по формуле

$$D_{п} = \frac{1,7(P_{кк}^{t_k} - P_{кк}^{t_n})}{K_{осп}}$$

где $t_k = 4 + 6 = 10$ ч, $P_t = K_{пер} P_{изм}$ или $P_{10} = K_{пер} P_4 = 0,7 * 5 = 3,5$ (рад/ч) ($K_{пер}$ находим по табл. 2).

Тогда $D_{п} = 1,7(3,5 * 10 - 5 * 4) / 1 = 1,7 * (35 - 20) = 1,7 * 15 = 25,5$ (рад).

Пример для самостоятельного решения. Определить дозу, которую получают рабочие и служащие на радиоактивно зараженной местности в производственных зданиях объекта ($K_{осп} = 7$) за $T_{раб} = 6$ ч, если облучение началось через 3 ч после аварии на АЭС и уровень радиации к этому времени составил 2 рад/ч.

Ответ: $D_{п} = 1,38$ рад.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РАБОТЫ НА РАДИОАКТИВНО ЗАРАЖЕННОЙ МЕСТНОСТИ

ЗАДАЧА. Определить допустимую продолжительность работы личного состава формирования ГО на радиоактивно зараженной местности ($K = 7$), если измеренный уровень радиации при входе в зону через 2 ч после аварии на АЭС составлял 3 рад/ч. Заданная доза радиации 10 рад.

Решение

$$a = \frac{P_1}{D_{зад} K_{осп}}$$

Находим отношение

$$a = \frac{K_{осп} P_2}{D_{зад} K_{пер}} = \frac{1,35 \cdot 3}{10 \cdot 1} = 0,4$$

$P_1 = K_{пер} P_2$; ; ($K_{пер}$ определяем по табл. 2).

По табл. 4 при $a = 0,4$ и $t_n = 2$ ч получим $T_{доп} = 4$ ч.

Пример для самостоятельного решения. Измеренный уровень радиации на участке проведения работ после аварии на АЭС через 4 ч составил 5 рад/ч ($K_{пер} = 1$). Определить допустимую продолжительность работы личного состава формирования ГОЧС, если заданная доза радиации 15 рад, а начало работ через 4 ч после аварии.

Ответ: $T = 3$ ч 20 мин.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ВЫБРОСА РВ ПРИ АВАРИИ НА АЭС

ЗАДАЧА. После аварии на АЭС на промышленном объекте в 13.00 измеренный уровень радиации был 24 рад/ч, а в 16.00 в той же точке территории объекта он составлял 15,6 рад/ч. Определить время аварийного выброса РВ.

Решение

1. Определяем отношение $P_2/P_1=15,6/24=0,65$ и интервал времени между измерениями $Dt = 16.00-13.00=3$ ч 00 мин.

2. По табл.6 определяем для $P_2/P_1=0,65$ и $Dt = 3$ ч 00 мин время после выброса РВ до второго измерения уровня радиации $t_2 = 4$ ч 30 мин.

3. Время выброса РВ равно разности 16 ч 00 мин - 4 ч 30 мин = 11 ч 30 мин.

Пример для самостоятельного решения. После аварии на АЭС измеренные в одной и той же точке территории предприятия уровни радиации составляли: в 10.00 - 32 рад/ч и в 11.00 - 25,6 рад/ч. Определить время аварии на АЭС.

Ответ: $t_n = 8$ ч 42 мин.

1.1.1.2. Оценка радиационной обстановки при применении ядерных боеприпасов (ядерном взрыве)

1. ПРИВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕННЫХ НА МЕСТНОСТИ УРОВНЕЙ РАДИАЦИИ к различному времени после ядерного взрыва производится аналогично по формуле

$$P_t = K_{\text{пер}} P_{\text{изм}} ,$$

где $P_{\text{изм}}$ - уровень радиации, измеренный в момент времени $t_{\text{изм}}$ после ядерного взрыва; P_t - уровень радиации в момент времени, на который пересчитывается измеренный уровень радиации;

$K_{\text{пер}} = (t/t_0)^{-1,2}$ находится по табл. 8 по t и $t_{\text{изм}}$.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОЙ ДОЗЫ РАДИАЦИИ ПРИ ДЕЙСТВИЯХ НА ЗАРАЖЕННОЙ МЕСТНОСТИ

2.1. Доза радиации за заданный промежуток времени ($t_k - t_n$) рассчитывается согласно (4) и при $n=1,2$ с учетом $K_{\text{осл}}$ (табл. 3).

$$D = \frac{5(P_{\text{н}} t_{\text{н}} - P_{\text{к}} t_{\text{к}})}{K_{\text{осл}}} \quad (7)$$

При этом $P_{\text{н}}$ и $P_{\text{к}}$ определяются путем пересчета измеренного уровня радиации по табл. 8:

$$P_t = K_{\text{пер}} P_{\text{изм}} .$$

2.2. Если формированию предстоит преодолеть радиоактивный след и при этом разведкой измерен максимальный уровень радиации P_{max} в точке пересечения маршрута с осью под углом α к оси (рис. в табл.12), то возможная доза радиации за время преодоления ($T_{\text{пр}}$) может быть вычислена по формулам:

$$D = \frac{P_{\text{max}} T_{\text{пр}}}{4K_{\text{осл}}} \quad (8)$$

- при $\alpha = 90^\circ$.

$$D = \frac{1,5 P_{\text{max}} T_{\text{пр}}}{4K_{\text{осл}}} \quad = 45^\circ .$$

- при $\alpha = 45^\circ$.

ом R_{\max} должен быть пересчитан на время пересечения оси следа формированием. Если формированию предстоит выполнить работы в течение $T_{\text{раб}}$ на зараженной местности с уровнями радиации в начале работ R_n и в их конце R_k , то возможная доза D может быть вычислена по приближенной формуле

$$D \approx \frac{P_{\text{ср}}}{K_{\text{осл}}} T_{\text{раб}}, \quad (9)$$

где $P_{\text{ср}} = (R_n + R_k) / 2$.

Однако если задано время начала (t_n) и конца (t_k) работ формирования на РЗ местности, то расчет надо вести по точной формуле (7).

3. ДОПУСТИМАЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПРЕБЫВАНИЯ ЛЮДЕЙ на РЗ местности при ядерном взрыве определяется по табл. 5 по отношению

$(D_{\text{зад}} K_{\text{осл}} / P_n)$ и t_n .

4. ВРЕМЯ ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА определяется по двум измерениям уровня радиации P_1 и P_2 и интервалу времени между ними Δt по табл. 9. При этом по отношению P_2/P_1 и интервалу Δt по табл. 9 определяется время после ядерного взрыва до второго измерения уровня радиации (t_2). Время взрыва получается как разность при вычитании из местного времени второго замера (по часам) времени (t_2), определенного по табл. 9. Значения t_2 , представленные в табл. 9, рассчитаны по формуле

$$t_2 = \frac{\Delta t}{1 - (P_2/P_1)^{0,8}}$$

Она получена в результате преобразования зависимости (1) спада уровня радиации.

Типовые задачи по оценке радиационной обстановки при ядерном взрыве

1. ПРИВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕННЫХ НА МЕСТНОСТИ УРОВНЕЙ РАДИАЦИИ К РАЗЛИЧНОМУ ВРЕМЕНИ ПОСЛЕ ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА

ЗАДАЧА. Измеренный на территории промышленного предприятия уровень радиации через 2 ч после ядерного взрыва составил 100 рад/ч. Определить, в какой зоне РЗ находится предприятие, а также уровень радиации, ожидаемый через 4 ч после взрыва.

Решение

Измеренный уровень радиации пересчитывается по формуле $P_t = K_{\text{пер}} P_{10}$ на 10 ч (как принято в практике) и 4 ч. Находится уровень радиации именно на 10 ч (P_{10}) с целью сопоставления при прочих равных условиях с P_{10} , как параметром, характеризующим внешнюю границу зон РЗ местности при ЯВ (рис.2). $P_{10} = 0,16 * 100 = 16$ рад/ч; зона РЗ - "В". $P_4 = 0,44 * 100 = 44$ (рад/ч), $K_{\text{пер}}$ определяется по табл. 8.

Пример для самостоятельного решения. Уровень радиации на ж/д станции через 1 ч после ядерного взрыва составил 75 рад/ч. Определить, в какой зоне РЗ находится станция

и уровень радиации, ожидаемый через 4 ч после взрыва.

Ответ: Зона РЗ - "Б" ($P_{10}=5,25$ рад/ч); $P_4=14,25$ рад/ч.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОЙ ДОЗЫ РАДИАЦИИ ПРИ ДЕЙСТВИЯХ НА ЗАРАЖЕННОЙ МЕСТНОСТИ

ЗАДАЧА 2.1. Определить дозу радиации, которую получают рабочие и служащие в производственных зданиях объекта ($K_{осл}=7$) за 5 ч работы, если начало работ (облучения) через 3 ч после ядерного взрыва, а измеренный уровень радиации на это время на территории объекта составил 80 рад/ч.

Решение

$$D_{\pi} = \frac{5(P_{\text{н}}t_{\text{н}} - P_{\text{к}}t_{\text{к}})}{K_{\text{осл}}}$$

Дозу радиации определяем по формуле (7):

где $t_{\text{к}}=3+5=8$ ч, $P_{\text{н}}=80$ (рад/ч), $t_{\text{н}}=5$ ч.

$P_{\text{к}}=P_8=K_{\text{пер}P_3}=0,31*80=24,8$ (рад/ч); $K_{\text{пер}}$ определяется по табл. 8.

Тогда
$$D_{\pi} = \frac{5(80 \cdot 5 - 24,8 \cdot 8)}{7} = 29,7$$
 (рад/ч).

Пример для самостоятельного решения. Определить дозу радиации, которую получит личный состав сводной команды ГОЧС за 3 часа работы на открытой местности ($K_{осл}=1$), если начало работ (облучения) через 2 часа после ядерного взрыва, измеренный уровень радиации в это время составил 30 рад/ч.

Ответ: $D_{\pi}=52,5$ рад.

ЗАДАЧА 2.2. Разведывательная группа объекта при преодолении радиоактивного следа через 2 ч после ядерного взрыва измерила максимальный уровень радиации в пункте на пересечении маршрута с осью следа $P_{\text{м}}=100$ рад/ч. Сводная команда ГОЧС при следовании в очаг поражения на автомашинах ($K_{осл}=2$) будет пересекать в этом пункте ось следа под углом 45° через 5 часов после ядерного взрыва. Длина маршрута по зараженному участку 30 км, скорость движения 40 км/ч. Определить дозу облучения при преодолении радиоактивного следа.

Решение

Пересчитать $P_{\text{м}}$ пер на время пересечения следа сводной командой ГОЧС $P_{\text{м}}=K_{\text{пер}P_{\text{изм}}}=0,33*100=33$ рад/ч; $K_{\text{пер}}$ по табл. 8. Рассчитать дозу при пересечении оси следа под углом 45° :

$$D_{\pi} = 1,5 \cdot \frac{P_{\text{м}}T_{\text{пр}}}{K_{\text{осл}}} = 1,5 \cdot \frac{30}{40} \cdot \frac{33}{4 \cdot 2} = 4,6$$
 рад.

Пример для самостоятельного решения. Измеренный разведкой максимальный уровень радиации на оси радиоактивного следа в пункте пересечения маршрута с осью следа через 1,5 ч после ядерного взрыва составил $P_{\text{п}}=200$ рад/ч. Звено механизации при продвижении в очаг поражения на автомашинах ($K_{осл}=2$) будет пересекать ось следа под углом 90° через 3 ч после взрыва. Длина маршрута по зараженному участку 10 км, скорость движения 30 км/ч. Определить дозу облучения личного состава звена

механизации при преодолении радиоактивного следа.

Ответ: $D_{п} = 3,66$ рад.

ЗАДАЧА 2.3. Формированию предстоит работать 3 ч на открытой местности ($K_{осл}=1$). Уровень радиации в начале работ 7 рад/ч и в конце их 5 рад/ч. Определить дозу облучения за время работ.

Решение

$$D_{п} \approx \frac{P_{ср} T_{р}}{K_{осл}} = 3 \cdot \frac{0,5 \cdot (7+5)}{1} = 18 \text{ рад.}$$

Пример для самостоятельного решения. Группе рабочих и служащих объекта предстоит работать 2 ч на открытой местности ($K_{осл}=1$) при уровнях радиации в начале работ 16 рад/ч и в конце их 9 рад/ч. Определить дозу облучения за время работ.

Ответ: $D_{п} = 25$ рад.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РАБОТЫ НА РАДИОАКТИВНО ЗАРАЖЕННОЙ МЕСТНОСТИ

ЗАДАЧА. Определить допустимую продолжительность работы личного состава формирования ГОЧС в очаге поражения, если измеренный уровень радиации при входе в очаг через 2 ч после взрыва составил 20 рад/ч. Работы будут вестись на открытой местности ($K_{осл}=1$). Заданная доза радиации $D_{зад}=40$ рад.

Решение

Рассчитываем отношение $(D_{зад} K_{осл}) / P_{н} = (40 \cdot 1) / 20 = 2$

По табл. 5 для $t_{н}=2$ ч и $(D_{зад} K_{осл}) / P_{н} = 2$ находим $T_{доп}=4$ ч 06 мин.

Пример для самостоятельного решения. Определить допустимую продолжительность работы смены в трехэтажных производственных зданиях ($K_{осл}=6$) на РЗ территории завода, если работы начнутся через 2 ч после ядерного взрыва при уровне радиации 48 рад/ч и заданной дозе $D_{зад}=20$ рад.

Ответ: $T = 6$ ч 26 мин.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА

ЗАДАЧА. В 11.00 на территории предприятия измеренный уровень радиации составлял 100 рад/ч. В 12.00 в той же точке он был = 60 рад/ч. Определить время ядерного взрыва.

Решение

1. Определим отношение $P_2/P_1=60/100=0,6$ и интервал времени $\Delta t=1$ ч.
2. По табл. 9 определяем для $P_2/P_1=0,6$ и $\Delta t=1$ ч время, прошедшее после взрыва до второго измерения уровня радиации, $t_2=3$ ч.
3. Следовательно, взрыв был в 9.00 (12.00 - 03.00 = 09.00).

Пример для самостоятельного решения. Определить время ядерного взрыва, если измеренные на территории объекта (в одной точке) уровни радиации составляли в 14.00 -

80 рад/ч, а в 15.30 - 56 рад/ч.

Ответ: $T=9$ ч 30 мин.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМА РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ

ЗАДАЧА. Ядерный взрыв произошел в 12.00. В 13.00 пост радиационного наблюдения доложил начальнику ГОЧС, что уровень радиации на объекте - 100 рад/ч. Выбрать режим защиты рабочих и служащих ОЭ.

Решение

По табл. 7 находим, что при $t=13.00 - 12.00=1$ ч и уровне радиации $P_1=100$ рад/ч соответственно читаем по горизонтали режим Б-1, согласно которому рабочие и служащие:

- соблюдают режим 3 суток;
- время прекращения работы ОЭ с использованием ПРУ-6 ч;
- продолжительность работы ОЭ с использованием ПРУ - недопустима;
- продолжительность работы ОЭ с ограничением пребывания людей (1-2 ч) на открытой местности - 2,7 суток.

Пример для самостоятельного решения. Ядерный взрыв произошел в 10.00 ч. В 12 ч 30 мин измеренный уровень радиации на объекте 80 рад/ч. Определить и ввести режим защиты формирования ГОЧС.

Ответ: режим 5-Б-4.

1.1.2. Методики решения комплексных задач по оценке радиационной обстановки

Рассмотрена последовательность решения комплексных задач для случаев ядерного взрыва и аварий, катастроф на АЭС. При этом задача 1 взята за основу для расчетно-графической работы (РГР), выполняемой студентами согласно заданному варианту.

Исходные данные к задаче 1 для того или иного варианта даются в табл.11. Решения задач 1,2 в РГР осуществляются на специальных бланках (табл.10,13). Ответы для задач 1 РГР того или иного варианта представлены в табл. 12.

Ниже приводятся методики решения задач 1 и 2.

Задача 1

Наземные взрывы двух ядерных боеприпасов в _____ мин. тяв _____ ч

Сводная команда ГОЧС (СвК) получила задачу совершить марш на автомобилях из загородной зоны на объект для проведения аварийно-спасательных работ с преодолением на маршруте участка радиоактивного заражения (РЗ) под углом $\alpha=90^\circ$ к оси следа.

Длина пути по РЗ участку S _____ км

Уровни радиации в _____ мин. тизм _____ ч

- на маршруте движения (максимальный) в точке пересечения с осью следа

P_m _____ Р/ч

- на объекте (в очаге поражения)

$P_{об}$ _____ Р/ч

Скорость движения автоколонны на зараженном участке

V _____ км/ч

Время пересечения оси радиоактивного следа _____ мин.

t_m _____ ч

где $K_{осл} = 1$ согласно табл. 3 (в случае открытой местности);

$$P_n = K_{пер\ n} P_{об} \quad (6)$$

При $t_n = t_n - t_{яв}$ и $t_{изм}$ по табл. 8 определим $K_{пер\ n}$ и затем рассчитываем P_k согласно (6)

$$P_k = K_{пер\ k} P_{об} \quad (7)$$

При $t_k = (t_p + t_n) - t_{яв}$ и $t_{изм}$ по табл. 8 найдем значение $K_{пер\ k}$ и по (7) рассчитаем P_k . Подставляя значение параметров, определим по выражению (5) $D_{об}$.

Примечание. В случае, если расчет дал $D_{об} < 0$ (см. рис.1 для анализа), то расчет вести по приближенной формуле

$$D_{об} = \frac{P_{ср} t_p}{K_{осл}}$$

где $P_{ср} = \frac{P_n + P_k}{2}$.

Тогда, подставляя значения $D_{ж}$ и $D_{о\epsilon\ В}$ (1), рассчитаем $\sum D_{п}$:

Выводы:

1. Работы личного состава СвК в очаге поражения в военное время при ЯВ (не) допустимы ($D_{доп} = 50 P$).
2. Целесообразно использовать защитные сооружения и средства индивидуальной защиты.

Задача 2

Радиационная авария (РА) на АЭС произошла в таv ____ ч. ____ мин.

и в зоне радиоактивного заражения (РЗ) оказался промышленный объект.

Сводная команда (СвК) по ГОЧС получила задачу совершить марш на автомобилях ($K_{осл} = 2$) из загородной зоны на промышленный объект ($K_{осл} = 1$) для проведения АС и ДНР.

Длина пути по РЗ участку	S ____ км
Скорость движения автоколонны на зараженном участке	V ____ км/ч
Уровень радиации в тизм	____ ч ____ мин.
на маршруте движения к объекту	P_m ____ P/ч
Уровень радиации в тизм	____ ч ____ мин.
на промышленном объекте	$P_{об}$ ____ P/ч
Суммарная поглощенная доза излучения, установленная на марше и за время работ	$D_{сум}$ ____ P

Определить:

Допустимую продолжительность работ личного состава (л/с) СвК на объекте.

2.1. Методика решения задачи

1. Определим поглощенную дозу излучения, полученную л/с СвК на маршруте движения согласно зависимости (5):

$$D_{\text{м}} = \frac{1,7 \cdot (P_{\text{к}} t_{\text{к}} - P_{\text{н}} t_{\text{н}})}{K_{\text{осп}}}$$

Время окончания марша на РЗ участке

$$t_{\text{к.м}} = t_{\text{изм.м}} + t_{\text{пр}},$$

где $t_{\text{пр}} = \frac{S}{V}$ - время преодоления РЗ участка.

Уровень радиации в конце марша

$$P_{\text{к}} = K_{\text{пер.м}} P_{\text{м}}$$

Коэффициент пересчета $K_{\text{пер.м}}$ определим по табл.2, зная $t_{\text{н.м}}$ и $t_{\text{к.м}}$. При этом время начала движения автомобильной колонны (марша) с момента РА, т.е. время прошедшее с момента РА и измерения уровня радиации на марше

$$t_{\text{н}} = t_{\text{изм.м}} - t_{\text{АВ}}$$

Подставляя значения найденных параметров в (10), рассчитаем $D_{\text{м}}$, P .

2. Допустимую продолжительность работ л/с СвК на РЗ территории промышленного объекта (Тдоп) находим по формуле

$$a = \frac{P_1}{D_{\text{зад}} K_{\text{осп}}}$$

Уровень радиации на 1 час после РА

$$P_1 = K_{\text{пер.об}} P_{\text{об}}$$

Коэффициент пересчета $K_{\text{пер.об}}$ определим по табл.2 при значениях времени $t=1$ ч и $t_{\text{об}}$, прошедшего с момента РА и измерения уровня радиации на объекте

$$t_{\text{об}} = t_{\text{изм.об}} - t_{\text{АВ}}$$

Заданная поглощенная доза

$$D_{\text{зад}} = D_{\text{изм}} - D_{\text{м}}$$

После расчёта параметра a по табл.4,13,Б при $t_{\text{изм.об}} = t_{\text{н}}$ и a найдем искомую величину Тдоп.

Расчетно-графическая работа по решению задачи 2 выполняется на бланке (табл.13).

Приложения

Таблица 1

Единицы измерения параметров ионизирующих излучений и радиоактивности

№ п/п	Параметры	Определяющая зависимость	Единицы измерения		Соотношение между единицами измерения
			В системе СИ	Внесистемные	
1	Поглощенная доза	$D_n = dE/dm$	Гр; мГр; МкГр	рад; мрад; мкрад	1 Гр=1 Дж/кг 1 Гр=100 рад 1мГр=10 ⁻³ Гр 1мрад=10 ⁻³ рад 1мкГр=10 ⁻⁶ Гр
2	Экспозиционная доза фотонного излучения.	$D_{эксп} = dq/dm$	— (Кл/кг)	Р; мР; мкР	1 Р=2,58·10 ⁻⁴ Кл/кг (1 Кл/кг=3886 Р)
3	Эквивалентная доза	$D_{экв} = W_R \cdot D_n$	Зв; МЗв; мкЗв	бэр; мбэр; мкбэр	1 Зв=100бэр 1 мЗв=0,1 бэр (1 бэр=10 мЗв)
4	Эффективная доза	$D_{эфт} = \sum D_{эквТ} W_T$	Зв; МЗв; мкЗв	бэр; мбэр; мкбэр	1 Зв=100бэр 1 мЗв=0,1 бэр (1 бэр=10 мЗв)
5	Энергетический эквивалент рентгена		а) для воздуха 8,73 мДж/кг 87,3 эрг/г б) в живой ткани 93 эрг/г		а) для воздуха 1 Р=8,73 мДж/кг или 1 Р=0,873 рад 1 Р=8,73·10 ⁵ Гр=0,873 рад Дэксп(Р)=0,873·Дп, (рад) б) в живой ткани 1 Р=0,93 рад
6	Мощность поглощенной дозы	$P_n = dD_n/dt$	Гр/с; Гр/ч; мГр/с	рад/с; мрад/с; мрад/ч	1 Гр/ч=100 рад/с
7	Мощность экспозиционной дозы излучения	$P_{ЭКС} = dD_{ЭКС}/dt$	— (А/кг)	Р/с; Р/ч; млР/ч; мкР/ч	1 А/кг=1Кл/(кг·с)
8	Мощность эквивалентной дозы	$P_{ЭКВ} = dD_{ЭКВ}/dt$	Зв/с; мЗв/с	Бэр/с; бэр/ч; мбэр/с	1 Зв/с=100бэр/с
9	Энергия излучения	E	Дж	эВ	1 эВ=1.6·10 ⁻¹⁹ Дж
10	Активность радионуклида	$A = dN/dt$	Бк	Ки	1 Бк=1 расп/с 1 Ки=3.7·10 ¹⁰ Бк
11	Поверхностная активность, уровень загрязнения	$A_s = A/S$	Бк/км ² Бк/м ²	Ки/км ² Ки/м ²	
12	Объемная активность (концентрация) источника	$A_{уд} = A/V$	Бк/м ³	Ки/м ³	

13	Удельная (массовая) активность источника	$A_M = A_{уд} = A/m$	Бк/кг	Ки/кг	
----	--	----------------------	-------	-------	--

Таблица 2

Коэффициент для пересчета уровней радиации на различное время t после выброса
РВ при аварии (разрушении) АЭС $K_{\text{ПЕР}}=(t_{\text{ИЗМ}}/t_{\text{ПЕР}})^{-0,4}$; $P_t=K_{\text{ПЕР}}P_{\text{ИЗМ}}$

Время после выброса $t_{\text{пер}}$ (ч, мин)	Время измерения уровня радиации, произошедшее с момента выброса РВ, $t_{\text{изм}}$, (ч, мин).															
	0,30	1,00	1,30	2,00	2,30	3,00	3,30	4,00	4,30	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10	12
0,30	1	1,32	1,55	1,74	1,88	2,051	2,16	2,30	2,42	2,51	2,69	2,84	3,04	3,16	3,3	3,57
1,00	0,76	1	1,18	1,32	1,43	0,5	1,64	1,74	1,83	1,9	2,04	2,15	2,3	2,4	2,5	2,7
1,30	0,64	0,85	1	1,12	1,21	1,32	1,39	1,48	1,56	1,62	1,73	1,83	1,96	2,04	2,12	2,3
2,00	0,58	0,76	0,89	1	1,09	1,18	1,25	1,32	1,39	1,45	1,55	1,63	1,75	1,82	1,9	2,05
2,30	0,53	0,7	0,82	0,92	1	1,08	1,15	1,22	1,28	1,33	1,43	1,51	1,61	1,68	1,75	1,89
3,00	0,49	0,64	0,76	0,85	0,92	1	1,06	1,12	1,18	1,23	1,32	1,39	1,49	1,55	1,61	1,74
3,30	0,46	0,61	0,72	0,8	0,27	0,95	1	1,06	1,12	1,16	1,24	1,31	1,41	1,46	1,52	1,65
4,00	0,44	0,57	0,68	0,76	0,82	0,89	0,94	1	1,05	1,1	1,17	1,24	1,32	1,38	1,44	1,55
4,30	0,41	0,54	0,64	0,72	0,78	0,84	0,89	0,95	1	1,04	1,11	1,17	1,26	1,31	1,36	1,47
5,00	0,4	0,52	0,62	0,69	0,75	0,81	0,86	0,91	0,96	1	1,07	1,13	1,21	1,26	1,31	1,42
6,00	0,37	0,49	0,58	0,64	0,7	0,76	0,8	0,85	0,9	0,93	1	1,05	1,13	1,18	1,23	1,32
7,00	0,35	0,46	0,55	0,61	0,66	0,72	0,76	0,81	0,85	0,89	0,95	1	1,07	1,12	1,16	1,26
8,00	0,33	0,43	0,51	0,57	0,62	0,67	0,71	0,75	0,8	0,83	0,88	0,93	1	1,04	1,09	1,17
9,00	0,32	0,42	0,49	0,55	0,6	0,65	0,68	0,73	0,77	0,79	0,85	0,9	0,96	1	1,04	1,13
10,00	0,3	0,4	0,47	0,53	0,57	0,62	0,66	0,7	0,73	0,76	0,82	0,86	0,92	0,96	1	1,08
11,00	0,24	0,38	0,45	0,5	0,54	0,6	0,62	0,67	0,69	0,73	0,78	0,83	0,88	0,92	0,96	1,04
12,00	0,23	0,37	0,44	0,49	0,53	0,57	0,61	0,64	0,68	0,7	0,75	0,8	0,85	0,89	0,92	1
13,00	0,22	0,36	0,4	0,47	0,5	0,56	0,58	0,62	0,64	0,68	0,73	0,78	0,82	0,86	0,9	0,97
14,00	0,21	0,35	0,39	0,46	0,49	0,54	0,56	0,61	0,62	0,66	0,71	0,76	0,8	0,84	0,87	0,94
15,00	0,21	0,34	0,38	0,45	0,47	0,53	0,55	0,6	0,61	0,64	0,69	0,74	0,78	0,82	0,85	0,91
16,00	0,2	0,34	0,37	0,44	0,46	0,51	0,53	0,6	0,6	0,63	0,68	0,72	0,76	0,79	0,83	0,89
17,00	0,2	0,32	0,36	0,42	0,45	0,5	0,52	0,6	0,58	0,61	0,66	0,7	0,74	0,78	0,81	0,87
18,00	0,2	0,31	0,35	0,42	0,44	0,49	0,51	0,55	0,56	0,6	0,64	0,69	0,72	0,76	0,8	0,85
19,00	0,2	0,31	0,34	0,41	0,43	0,48	0,5	0,54	0,55	0,59	0,63	0,67	0,71	0,74	0,77	0,83
20,00	0,2	0,3	0,34	0,4	0,42	0,47	0,49	0,53	0,54	0,57	0,62	0,66	0,69	0,73	0,76	0,82
21,00	0,2	0,3	0,33	0,4	0,41	0,46	0,48	0,52	0,53	0,56	0,61	0,64	0,68	0,71	0,74	0,8

Средние значения коэффициентов ослабления излучения укрытиями и транспортными средствами ($K_{осл}$)

Наименование укрытий и транспортных средств	$K_{осл}$
Открытое расположение на местности	1
Фортификационные сооружения	
Открытые траншеи, окопы, щели	3
Деактивированные (или открытые на зараженной местности) траншеи, окопы, щели	20
Перекрытые щели	50
Транспортные средства	
Автомобили и автобусы	2
Железнодорожные платформы	1,5
Крытые вагоны	2
Пассажирские вагоны	3
Промышленные и административные здания	
Производственные одноэтажные здания (цехи)	
Производственные и административные трехэтажные здания	7
Жилые каменные дома	6
Одноэтажные	
Подвал	
Двухэтажные	10
Подвал	40
Трехэтажные	15
Подвал	100
Пятиэтажные	20
Подвал	400
Жилые деревянные дома	27
Одноэтажные	400
Подвал	
Двухэтажные	2
Подвал	7
В среднем для населения	8
Городского	12
Сельского	8
	4

Таблица 4

Допустимая продолжительность пребывания людей на радиоактивно зараженной местности при аварии (разрушении) АЭС $T_{\text{доп}}$, ч, мин

$P_1/D_{\text{зад}}K_{\text{осл}}$	Время, прошедшее с момента аварии до начала облучения						
	t_n , ч						
	1	2	3	4	6	8	12
0,2	7,30	8,35	10,00	11,30	12,30	14,00	16,00
0,3	4,50	5,35	6,30	7,10	8,00	9,00	10,30
0,4	3,30	4,00	4,35	5,10	5,50	6,30	7,30
0,5	2,45	3,05	3,35	4,05	4,30	5,00	6,00
0,6	2,15	2,35	3,00	3,20	3,45	4,10	4,50
0,7	1,50	2,10	2,30	2,40	3,10	3,30	4,00
0,8	1,35	1,50	2,10	2,25	2,45	3,00	3,30
0,9	1,25	1,35	1,55	2,05	2,25	2,40	3,05
1,0	1,15	1,30	1,40	1,55	2,10	2,20	2,45

Таблица 5

Допустимая продолжительность пребывания людей на радиоактивно зараженной местности при ядерном взрыве $T_{\text{доп}}$, ч, мин.

$D_{\text{зад}}K_{\text{осл}}/P_n$	Время, прошедшее с момента взрыва до начала облучения						
	t_n , ч						
	0,5	1	2	3	4	5	6
0,2	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12
0,3	0,22	0,22	0,20	0,19	0,19	0,19	0,19
0,4	0,42	0,31	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25
0,5	1,02	0,42	0,35	0,34	0,32	0,32	0,32
0,6	1,26	0,54	0,44	0,41	0,39	0,39	0,38
0,7	2,05	1,08	0,52	0,49	0,47	0,46	0,45
0,8	2,56	1,23	1,02	0,57	0,54	0,53	0,52
0,9	4,09	1,42	1,12	1,05	1,02	1,00	0,59
1,0	5,56	2,03	1,23	1,14	1,10	1,08	1,06
2,0	-	11,52	4,06	3,13	2,46	2,35	2,29
2,5	-	31,00	6,26	4,28	3,48	3,28	3,16
3,0	-	-	9,54	6,09	5,01	4,28	4,10

Таблица 6.

**Время, прошедшее после выброса РВ при аварии (разрушении) АЭС
до второго измерения уровня радиации t_2 , ч, мин.**

Отношение измеренных уровней радиации P_2/P_1	Время между измерениями уровней радиации, Δt , ч, мин.														
	0,30	1,00	1,30	2,00	2,30	3,00	3,30	4,00	4,30	5,00	5,30	6,00	6,30	7,00	7,30
0,95	4,06	8,18	12,30	16,36	20,48	24,54	29,06	33,12	37,18	41,30	45,42	43,48	54,00	58,06	62,12
0,90	2,12	4,18	6,30	8,36	10,48	12,24	15,06	17,18	19,24	21,36	23,42	25,54	28,06	30,12	32,24
0,85	1,30	3,00	4,30	5,24	7,30	8,24	10,30	12,00	13,30	15,00	16,30	18,00	19,30	21,00	22,30
0,80	1,12	2,18	3,30	4,42	5,48	7,00	8,12	9,24	10,30	11,42	12,54	14,00	15,12	16,24	17,30
0,75	1,00	1,54	2,54	3,54	4,54	5,48	6,48	7,48	8,48	9,42	10,42	11,42	12,42	13,36	14,36
0,70	0,48	1,42	2,30	3,24	4,12	5,06	5,54	6,48	7,36	8,30	9,18	10,12	11,00	11,42	12,42
0,65	0,48	1,30	2,18	3,00	3,48	4,30	5,18	6,06	6,48	7,36	8,18	9,06	9,54	10,36	11,24
0,60	0,42	1,24	2,06	2,48	3,30	4,12	4,54	5,30	6,12	6,54	7,36	8,18	9,00	9,42	10,24
0,55	0,36	1,18	1,54	2,36	3,12	3,54	4,30	5,12	5,48	6,24	7,06	7,42	8,24	9,00	9,42
0,50	0,36	1,12	1,48	2,24	3,00	3,36	4,18	4,54	5,30	6,06	6,42	7,18	7,54	8,30	9,06
0,45	0,36	1,12	1,42	2,24	2,54	3,30	4,00	4,36	5,12	5,48	6,24	6,54	7,30	8,30	8,42
0,40	0,36	1,06	1,42	2,12	2,48	3,18	3,54	4,30	5,00	5,36	6,06	6,42	7,12	7,48	8,18

Типовые режимы № 5

радиационной защиты рабочих и служащих на объектах экономики, проживающих в каменных домах с $K_{осл}=10$ и использующих ПРУ с $K_{осл}=50...100$

Зона заражения	Уровень радиации на 1 ч после взрыва, Р/ч	Условное наименование режима защиты	Общая продолжительность соблюдения режима защиты, сут.	Последовательность соблюдения режима защиты		
				I. Продолжительность пребывания в ПРУ (время прекращения работы объекта)	II. Продолжительность работы объекта с использованием для отдыха ПРУ, сут.	III. Продолжительность работы объекта с ограничением пребывания людей на открытой местности в течение каждых суток до 1-2 ч, сут.
А	25	5-А-1	0,5	до 2ч	—	0,4
	50	5-А-2	1	4ч	—	0,8
	80	5-А-3	2	5ч	—	1,8
Б	100	5-Б-1	3	6ч	—	2,7
	140	5-Б-2	5	9ч	—	4,6
	180	5-Б-3	7	12ч	1	5,5
	240	5-Б-4	10	16ч	1,5	8
В	300	5-В-1	15	1 сут	2	12
	400	5-В-2	25	1,5 сут	3	20,5
	500	5-В-3	35	2 сут	4	29
	600	5-В-4	45	3 сут	5	37
	800	5-В-5	60	5 сут	7	48
Г	1000	5-Г-1	75	7 сут	10	58

Таблица 8

Коэффициенты для пересчета уровней радиации на различное время после ядерного взрыва, $K_{\text{ПЕР}}=(t_{\text{ИЗМ}}/t_{\text{ПЕР}})^{1,2}$, $P_t=K_{\text{ПЕР}} P_{\text{ИЗМ}}$

Время после взрыва, на которое пересчитываются уровни радиации $t_{\text{пер}}$, Ч, МИН.	Время измерения уровней радиации, исчисляемое с момента взрыва t ИЗМ, Ч, МИН.						
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
1	1,0	1,6	2,3	3	3,7	4,5	5,3
1,5	0,72	1,0	1,65	2,2	2,7	3,3	3,8
2	0,44	0,71	1,0	1,3	1,6	2,0	2,3
2,5	0,36	0,58	0,8	1,0	1,3	1,6	1,8
3	0,27	0,44	0,61	0,8	1,0	1,2	1,4
3,5	0,23	0,38	0,53	0,69	0,85	1,0	1,2
4	0,19	0,31	0,44	0,57	0,71	0,85	1,0
4,5	0,17	0,27	0,38	0,51	0,63	0,75	0,88
5	0,14	0,23	0,33	0,44	0,54	0,65	0,76
5,5	0,13	0,21	0,3	0,4	0,49	0,59	0,68
6	0,12	0,19	0,27	0,35	0,44	0,52	0,6
6,5	0,11	0,17	0,23	0,31	0,38	0,44	0,52
7	0,1	0,16	0,22	0,29	0,37	0,45	0,50
7,5	0,09	0,15	0,21	0,27	0,34	0,41	0,47
8	0,08	0,13	0,29	0,25	0,31	0,37	0,44
8,5	0,08	0,13	0,18	0,24	0,3	0,35	0,42
9	0,07	0,12	0,18	0,22	0,28	0,34	0,40
9,5	0,07	0,12	0,17	0,21	0,27	0,32	0,38
10	0,07	0,11	0,16	0,20	0,25	0,30	0,36
10,5	0,06	0,1	0,14	0,20	0,22	0,30	0,32
11	0,06	0,09	0,14	0,18	0,22	0,27	0,32
11,5	0,05	0,09	0,12	0,18	0,20	0,24	0,28
12	0,05	0,08	0,12	0,15	0,19	0,23	0,27
12,5	0,05	0,08	0,11	0,14	0,18	0,22	0,25
13	0,05	0,08	0,11	0,14	0,17	0,21	0,24
13,5	0,04	0,07	0,13	0,13	0,16	0,20	0,23
14	0,04	0,07	0,09	0,13	0,16	0,19	0,22
14,5	0,04	0,07	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21
15	0,04	0,06	0,09	0,12	0,15	0,17	0,2
15,5	0,04	0,06	0,09	0,11	0,14	0,17	0,2
16	0,04	0,06	0,08	0,11	0,13	0,16	0,19
16,5	0,03	0,06	0,08	0,10	0,13	0,16	0,18
17	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18
17,5	0,03	0,05	0,07	0,10	0,12	0,14	0,17
18	0,03	0,05	0,07	0,09	0,12	0,14	0,16
18,5	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14	0,16
19	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15
19,5	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15
20	0,03	0,05	0,06	0,08	0,1	0,12	0,15
20,5	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14
21	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14

Время, прошедшее после ядерного взрыва до второго измерения уровня радиации t_2 , ч, мин.

Отношение измеренных уровней радиации P_2/P_1	Время между измерениями уровней радиации Δt , ч, мин.									
	0,10	0,15	0,20	0,30	0,45	1,00	1,30	2,00	2,30	3,00
0,95	4,00	6,00	8,00	12,00	18,00	24,00	36,00	48,00	60,00	72,00
0,90	2,00	3,00	4,00	6,00	9,00	12,00	18,00	24,00	30,00	36,00
0,85	1,20	2,00	2,40	4,00	6,00	8,00	12,00	16,00	20,00	24,00
0,80	1,00	1,30	2,00	3,00	4,30	6,00	9,00	12,00	15,00	18,00
0,75	0,50	1,10	1,40	2,30	3,40	5,00	7,00	9,00	12,00	14,00
0,70	0,40	1,00	1,20	2,00	3,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00
0,65	0,35	0,50	1,10	1,40	2,30	3,20	5,00	7,00	8,00	10,00
0,60	0,30	0,45	1,00	1,30	2,10	3,00	4,30	6,00	7,00	9,00
0,55		0,40	0,50	1,20	1,50	2,30	3,50	5,00	6,00	8,00
0,50		0,35	0,45	1,10	1,45	2,20	3,30	4,30	5,30	7,00
0,45		0,30	0,40	1,00	1,30	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00
0,40			0,35	0,55	1,25	1,50	2,50	3,40	4,40	5,30
0,35				0,50	1,20	1,45	2,35	3,30	4,20	5,00
0,30					1,10	1,35	2,20	3,10	4,00	4,40
0,25					1,05	1,30	2,10	3,00	3,40	4,20
0,20					1,00	1,20	2,00	2,40	3,20	4,00

**Задание на расчетно-графическую работу по теме:
«Оценка радиационной обстановки»**

Студент _____
Уч. группа _____
Вариант _____

Результаты проверки:

Задача 1

Наземные взрывы двух ядерных боеприпасов в _____ ч _____ мин.
Сводная команда ГОЧС (СвК) получила задачу совершить марш на автомобилях из загородной зоны на объект для проведения аварийно-спасательных работ с преодолением на маршруте участка радиоактивного заражения (РЗ) под углом 90° к оси следа.
Длина пути по РЗ участку _____ км
Уровни радиации в _____ ч _____ мин.
— на маршруте движения в точке пересечения с осью следа _____ Р/ч
— на объекте (в очаге поражения) _____ Р/ч
Скорость движения автоколонны на зараженном участке _____ км/ч
Время пересечения оси радиоактивного следа _____ ч _____ мин.
Начало спасательных работ на объекте в _____ ч _____ мин.
Продолжительность их ведения _____ ч

Определить:

1. В какой зоне радиоактивного заражения оказался объект.
2. Суммарную дозу облучения личного состава СвК за время выполнения задачи (на марше и при ведении аварийно-спасательных работ).

Решение

Таблица 11

Варианты заданий для оценки радиационной обстановки

N п/п	Наименование данных задачи	Варианты данных для условия задачи																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Время ядерного взрыва, ч	8	9	11	10	12	6	13	13	5	6	7	9	8	10	6	7	9	8	10	14	13	11	9	8
2	Длина пути по участку заражения на маршруте, км	30	25	20	20	30	35	25	20	20	20	35	25	20	30	25	20	25	20	20	25	25	30	25	20
3	Время замера уровня радиации на маршруте и на объекте, ч	10	10,5	12	13	14	8,5	14,5	14	8	7	9	10	11	12	7,5	9,5	10,5	11,5	12,5	18	16,5	12	11	12
4	Уровни радиации (Р/ч) на маршруте	100	150	240	80	100	90	150	240	80	270	95	230	92	98	142	86	144	70	88	66	82	260	90	60
	на объекте	40	30	50	17	40	30	30	50	17	42	40	52	20	38	34	30	25	15	28	10	20	45	40	16
5	Скорость движения на маршруте, км/ч	40	50	40	40	40	40	50	40	40	40	40	50	40	50	50	40	50	40	40	50	50	50	50	40
6	Время пересечения оси следа радиоактивного облака, ч	11	12	14	15,5	15	10	16	16	10,5	9	10	11	13	13	9	10,5	12	13	14,5	20	19	14	12	14,5
7	Время начала спасательных работ, ч	12	13,5	15	16,5	16	11	17,5	17	11,5	10,5	11	12	14	14	10,5	12	13	14	16	22	20	16	13	16
8	Продолжительность спасательных работ, ч	4	5,0	3,0	2,5	4,0	3,5	5,0	3,0	2,5	3,0	2,0	2,0	4,0	3,0	4,0	4,0	3,0	2,0	4,0	2,0	5,0	7,0	3,0	2,0

ОТВЕТЫ
решения задач вариантов расчетно–графической работы
«Оценка радиационной обстановки»

№ варианта	Уровень радиации на местности (Р/ч); зона РЗ	Доза излучения на марше $D_{м}, P$	Доза излучения на объекте $D_{об}, P$	Суммарная доза излучения D, P
1	6,4;”Б”	5,72	48	53,72
2	3,3;”А”	4,13	11,25	15,4
3	3,5;”А”	4,05	15	19,05
4	4,25;”А”	2,45	14,02	16,47
5	6,4;”Б”	5,71	48	53,71
6	6,0;”Б”	5,61	24	29,61
7	3,3;”А”	4,13	11,25	15,38
8	3,5;”А”	4,05	15	19,05
9	4,25;”А”	2,46	14,03	16,5
10	2,94;”А”	4,56	18,9	23,46
11	6,4;”Б”	6,34	28,4	34,3
12	3,64;”А”	6,32	28,6	34,92
13	5,0;”А” (Внешняя граница “Б”)	3,11	14	17,11
14	6,08;”Б”	4,48	41,8	46,28
15	3,75;”А”	3,91	18,7	22,6
16	6,0;”Б”	3,71	33	36,71
17	2,75;”А”	3,96	11,25	15,21
18	4,5;”А”	2,84	12	14,84
19	5,6;”Б”	2,81	14	16,81
20	3,6;”А”	2,5	8	10,5
21	5,0;”А” (Внешняя граница “Б”)	2,26	31	33,26
22	3,15;”А”	5,27	22,5	27,7
23	6,4;”Б”	3,43	44	47,43
24	5,76;”Б”	1,95	12,8	14,75

Нижегородский государственный технический университет

**Задание на расчетно-графическую работу по теме:
«Оценка радиационной обстановки»**

Студент _____
Уч. группа _____
Вариант _____

Результаты проверки:

Задача 2

Радиационная авария (РА) на АЭС произошла в $t_{\text{АВ}}$ ч ____ мин.
и в зоне радиоактивного заражения (РЗ) оказался промышленный объект.

Сводная команда (СвК) по ГОЧС получила задачу совершить марш на автомобилях ($K_{\text{ОСЛ}}=2$) из загородной зоны на промышленный объект ($K_{\text{ОСЛ}}=1$) для проведения АС и ДНР.

Длина пути по РЗ участку	S _____ км
Скорость движения автоколонны на зараженном участке	V _____ км/ч
Уровень радиации в на маршруте движения к объекту	$t_{\text{ИЗМ}}$ ч ____ мин. $P_{\text{М}}$ _____ Р/ч
Уровень радиации в на промышленном объекте	$t_{\text{ИЗ ОБ}}$ ч ____ мин. $P_{\text{ОБ}}$ _____ Р/ч
Суммарная поглощенная доза излучения, установленная на марше и за время работ	$D_{\text{СУМ}}$ _____ Р

Определить

Допустимую продолжительность работ личного состава (л/с) СвК на объекте

Решение

Таблица А

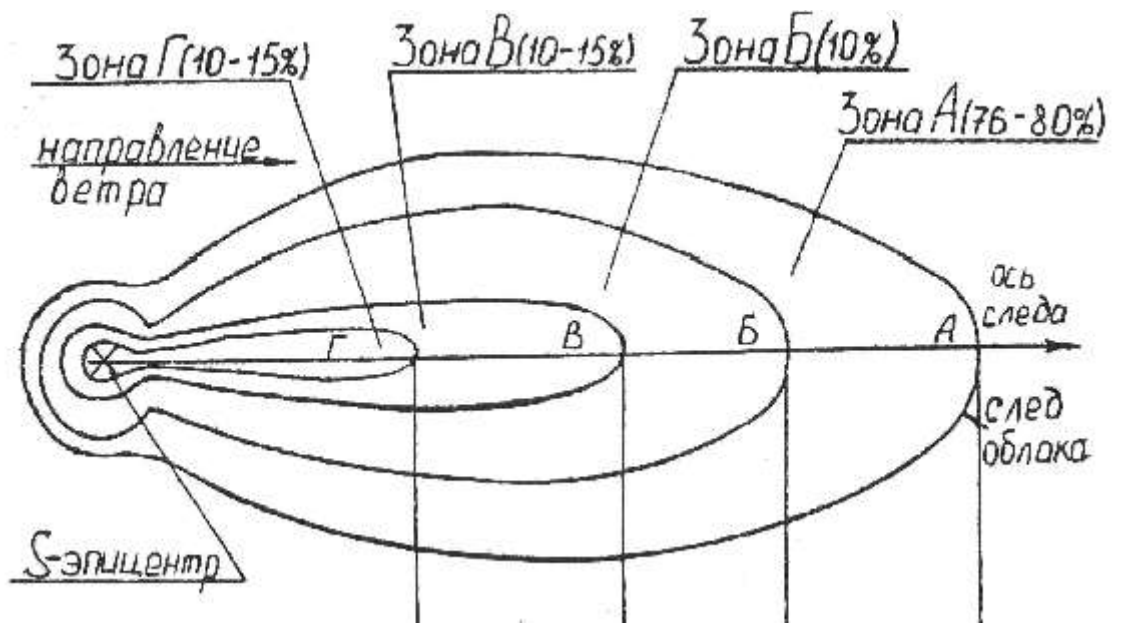
Коэффициенты пересчета уровней радиации, $K_{пер} = (t_{изм}/t_{пер})^{0.4}$

Время после аварии, на которое пересчитываются уровни радиации $t_{пер}$, ч	Время измерения уровней радиации, исчисляемое с момента аварии $t_{изм}$, ч, мин.						
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
0,5	1,32	1,55	1,74	1,88	2,05	2,16	2,30
1	1,00	1,18	1,32	1,43	1,55	1,64	1,74
1,5	0,85	1,00	1,12	1,21	1,32	1,39	1,48
2	0,76	0,89	1,00	1,09	1,18	1,25	1,32
2,5	0,70	0,82	0,92	1,00	1,08	1,15	1,22
3	0,64	0,76	0,85	0,92	1,00	1,06	1,12
3,5	0,61	0,72	0,80	0,87	0,95	1,00	1,06
4	0,57	0,68	0,76	0,82	0,89	0,94	1,00
4,5	0,54	0,64	0,72	0,78	0,84	0,89	0,95
5	0,52	0,62	0,69	0,75	0,81	0,86	0,91
6	0,49	0,58	0,64	0,70	0,76	0,80	0,85
7	0,46	0,55	0,61	0,66	0,72	0,76	0,81
8	0,43	0,51	0,57	0,62	0,67	0,71	0,75
9	0,42	0,49	0,55	0,60	0,65	0,68	0,73
10	0,40	0,47	0,53	0,57	0,62	0,66	0,70
12	0,37	0,44	0,49	0,53	0,57	0,61	0,64

Таблица Б

Допустимая продолжительность пребывания людей на РЗ местности при аварии (разрушении) АЭС $t_{доп}$, ч, мин.

$P_1/D_{зад}K_{осл}$	Время, прошедшее с момента аварии до начала облучения t_k , ч						
	1	2	3	4	6	8	12
0,2	7,30	8,35	10,00	11,30	12,30	14,00	16,00
0,3	4,50	5,35	6,30	7,10	8,00	9,00	10,30
0,4	3,30	4,00	4,35	5,10	5,50	6,30	7,30
0,5	2,45	3,05	3,35	4,05	4,30	5,00	6,00
0,6	2,15	2,35	3,00	3,20	3,45	4,10	4,50
0,7	1,50	2,10	2,30	2,40	3,10	3,30	4,00
0,8	1,35	1,50	2,10	2,25	2,45	3,00	3,30
0,9	1,25	1,35	1,55	2,05	2,25	2,40	3,05
1,0	1,25	1,30	1,40	1,55	2,10	2,20	2,45



Закономерность	Ax100	Ax30	Ax10	A
Параметры	-	-	-	-
Доза облучения D_{∞} , Р	400	1200	400	40
Уровень радиации через 1 ч, P_1 , Р/ч	800	240	80	8
Уровень радиации через 10 ч, P_{10} , Р/ч	50	15	5	0,5

Рис.3. Схема РЗ местности в районе ЯВ и по следу движения облака