

Министерство образования Республики Беларусь

Белорусский государственный университет
Информатики и радиоэлектроники

Кафедра производственной и экологической безопасности

Е.Н.Зацепин, Л.П.Лубашев, Навоша А.И.

Оценка надёжности защиты производственного персонала
в чрезвычайных ситуациях

Методическое пособие
для практических занятий по дисциплине
“Защита населения и объектов народного хозяйства в чрезвычайных ситуациях;
радиационная безопасность” для студентов всех специальностей

Минск 1999

1. Последовательность оценки надёжности защиты производственного персонала объекта

Необходимость защиты рабочих и служащих объекта народного хозяйства (ОНХ) возникает в чрезвычайных ситуациях (ЧС) мирного и военного времени. Причиной ЧС может быть крупная авария или катастрофа, стихийное бедствие или поражающие факторы современных средств нападения.

Конкретным проявлением ЧС могут быть взрывы и пожары, химическое заражение воздуха и территории объекта вследствие выбросов сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ), радиоактивное заражение при аварии на атомном предприятии, разрушение и затопление на объектах и т. п.

Наиболее тяжёлые последствия ЧС могут проявиться при взрыве ядерного боеприпаса со всеми его поражающими факторами – ударной волной, световым излучением, проникающей радиацией, радиоактивным заражением местности и электромагнитным импульсом (ЭМИ).

Во всех случаях людям будут нанесены такие поражения, которые могут стать причиной потери работоспособности на длительное время или даже смерти.

Для того чтобы избежать подобных последствий, требуется заблаговременно подготовить и обеспечить надёжную защиту производственного персонала в ЧС. Наиболее эффективным способом защиты рабочих и служащих является их укрытие в защитных сооружениях (ЗС) при соблюдении следующих условий: общая вместимость ЗС позволяет укрыть всех рабочих и служащих; ЗС удовлетворяет требованиям защиты от всех поражающих факторов оружия массового поражения (ОМП); ЗС оборудованы системой жизнеобеспечения на необходимую продолжительность пребывания в них; размещение ЗС относительно рабочих мест позволяет своевременно укрыться по сигналам оповещения гражданской обороны (ГО); рабочие и служащие своевременно оповещаются и обучены способам защиты и правилам действия по сигналам оповещения; ЗС своевременно приоткрыты к приёму людей.

В качестве показателя надёжности защиты рабочих и служащих объекта с использованием ЗС можно принять коэффициент надёжности защиты (Кн.з.). Он показывает, какая часть производственного персонала обеспечивается надёжной защитой при ожидаемых максимальных параметрах поражающих факторов ядерного взрыва.

Определение надёжности защиты производственного персонала производится в следующей последовательности.

1. Оценивается инженерная защита рабочих и служащих объекта. Показателем инженерной защиты является коэффициент Кинж.з. Он показывает, какая часть производственного персонала работающей смены может укрыться своевременно в ЗС объекта с требуемыми защитными

свойствами и системами жизнеобеспечения, позволяющим укрывать людей в течение установленного срока:

$$\text{Кинж.з.} = \text{Нинж.з.}/N,$$

где Нинж.з. – суммарное количество укрываемых людей в установленные сроки в ЗС с требуемыми защитными свойствами и системами жизнеобеспечения; N – общая численность рабочих и служащих, подлежащих укрытию.

2. Оценивается возможность своевременного доведения сигналов оповещения ГО до рабочих и служащих. Показателем надёжности защиты производственного персонала с учётом оповещения является коэффициент Коп.:

$$\text{Коп.} = \text{Ноп.}/N,$$

где Ноп – количество рабочих и служащих, своевременно оповещаемых из числа своевременно укрываемых в убежище с требуемыми защитными свойствами и системами жизнеобеспечения.

3. Оценивается обученность производственного персонала способам защиты в ЧС и правилам действия по сигналам оповещения ГО. В качестве показателя, характеризующего подготовленность объекта к защите производственного персонала в зависимости от обученности людей, принимается коэффициент Кобуч.:

$$\text{Кобуч.} = \text{Нобуч.}/N,$$

где Нобуч. – количество рабочих и служащих, обученных способам защиты и правилам действия по сигналам оповещения ГО, из числа своевременно укрываемых в убежищах с требуемыми защитными свойствами и системами жизнеобеспечения.

4. Определяется готовность убежищ к приёму укрываемых. Для этого определяется время, в течение которого убежища, используемые в обычное время в народнохозяйственных целях, могут быть подготовлены к приёму укрываемых (освобождены от постороннего имущества, проверены на герметичность и функционирование всех систем жизнеобеспечения и т.д.).

Сравнение фактического времени подготовки убежища Тг.факт. с требуемым Тг.треб. определяет готовность убежища к приёму укрываемых. Для оценки надёжности защиты в расчёт принимаются только те ЗС, для которых выполняется условие:

$$\text{Тг.факт.}/\text{Тг.треб.} \leq 1.$$

Показателем, характеризующим надёжность защиты персонала в зависимости от готовности ЗС, является коэффициент $K_{\text{гот.}}$:

$$K_{\text{гот.}} = M_{\text{гот.}}/N,$$

где $M_{\text{гот.}}$ – количество мест в убежищах с требуемыми защитными свойствами и системами жизнеобеспечения, время готовности которых не превышает установленного.

5. Результаты оценки надёжности по всем четырём частным показателям анализируются. На этой основе определяется коэффициент надёжности защиты рабочих и служащих объекта $K_{\text{н.з.}}$ по минимальному значению из частных показателей – $K_{\text{инж.з.}}$, $K_{\text{оп.}}$, $K_{\text{обуч.}}$, $K_{\text{гот.}}$. Затем определяются слабые места в подготовке объекта для успешного решения задачи защиты производственного персонала и предусматриваются возможные пути повышения надёжности защиты.

Из анализа частных показателей $K_{\text{оп.}}$, $K_{\text{обуч.}}$, $K_{\text{гот.}}$ следует, что их значения во многом зависят от состава и уровня организационных мероприятий руководящего состава и штаба ГО объекта. Выбор путей их повышения является скорее организационной и тактической задачей, нежели инженерной. В частности, низкое значение $K_{\text{оп.}}$ обусловлено несовершенством системы оповещения рабочих и служащих, $K_{\text{обуч.}}$ – неподготовленностью персонала, $K_{\text{гот.}}$ – неорганизованностью подготовки убежищ к приёму укрываемых. Эти коэффициенты могут быть рассчитаны только на базе сведений по реальному объекту. Поэтому при решении задач по оценке $K_{\text{н.з.}}$ целесообразно в дальнейшем считать коэффициенты $K_{\text{оп.}}$, $K_{\text{обуч.}}$, $K_{\text{гот.}}$ заданными и рассмотреть только методику оценки инженерной защиты производственного персонала, т.е. методику определения $K_{\text{инж.з.}}$.

2. Методика оценки инженерной защиты производственного персонала объекта

Оценка инженерной защиты рабочих и служащих на объекте заключается в определении показателей, характеризующих способность ЗС обеспечить надёжную защиту людей. Это возможно при выполнении следующих основных условий: общая вместимость ЗС на объекте позволяет укрывать работающий персонал; защитные свойства ЗС соответствуют требуемым, т.е. обеспечивают защиту людей от избыточного давления ударной волны и ионизирующих излучений, ожидаемых на объекте при ядерном взрыве; системы жизне-обеспечения ЗС обеспечивают жизнедеятельность укрываемых в течение установленного срока; размещение ЗС относительно мест работы позволяет людям укрыться по сигналам оповещения ГО в установленные сроки. На основании оценки намечаются меры по повышению

надёжности защиты производственного персонала. Для оценки защиты рабочих и служащих объекта необходимо иметь следующие исходные данные:

1. Удаление объекта от вероятной точки прицеливания R_r , км.
 2. Ожидаемая мощность ядерного боеприпаса q , кт, и вид взрыва.
 3. Вероятное максимальное отклонение боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк}$, км.
 4. Данные о среднем ветре : $V_{с.в.}$ – скорость среднего ветра, преобладающего в районе расположения объекта, км/ч; направление среднего ветра (принимается самое неблагоприятное – в сторону объекта).
 5. Общее количество рабочих и служащих, подлежащих укрытию.
 6. Распределение рабочих и служащих по участкам работ и их удаление от ЗС.
 7. Характеристики ЗС : типы ЗС (убежище, ПРУ); избыточное давление, которое выдерживают конструкции сооружения (Рф.защ.); коэффициент ослабления радиации $K_{осл.}$ ограждающих конструкций сооружения или материала и толщина каждого защитного слоя перекрытия; основные и вспомогательные помещения и их размеры (площадь, высота); тип и состав элементов воздухообеспечения; объем резервных ёмкостей систем водоснабжения; система электроснабжения.
 8. Климатическая зона (I, II, III, IV) района расположения объекта.
- Последовательность оценки инженерной защиты рабочих и служащих объекта и содержание каждого этапа оценки излагаются ниже.

2.1. Оценка защитных сооружений по вместимости

Вместимость ЗС объекта определяется в соответствии с нормами объемно-планировочных решений. Помещения для укрываемых строятся из расчёта, чтобы на одного укрываемого приходилось $S_1 = 0.5 \text{ м}^2$ площади пола при двухъярусном и $S_1 = 0.4 \text{ м}^2$ при трёхъярусном расположении нар. Нижний ярус для сидения – из расчёта 0.45×0.45 м на человека и верхний для лежания – из расчёта 0.55×1.8 м на человека. При стандартной длине нар 180 см число мест для лежания составляет 20% вместимости убежища при двухъярусном расположении нар и 30% - при трёхъярусном. Мест для сидения в том и в другом случае – четыре, для лежания – соответственно одно и два на одном комплекте нар. Двухъярусные нары устанавливаются при высоте помещения от 2.15 до 2.9 м, трёхъярусные – при высоте более 2.9 м. Внутренний объём помещения должен быть не менее $V_1 = 1.5 \text{ м}^3$ на укрываемого. При определении объёма помещения на одного укрываемого учитывается объём всех помещений в зоне герметизации V_0 .

С учётом изложенного возможность укрытия наибольшей работающей смены оценивается в такой последовательности:

1. Рассчитывается количество мест для укрываемых M на имеющейся площади для укрываемых S_{Π} исходя из установленных норм на одного человека S_1 :

$$M = S_{\Pi}/S_1.$$

2. Проверяется соответствие объёма помещений в зоне герметизации на одного укрываемого. Для этого рассчитывается объём всех помещений в зоне герметизации V_0 по общей площади всех помещений в зоне S_0 и высоте помещения h :

$$V_0 = S_0 \cdot h.$$

Тогда объём помещений, приходящийся на одного укрываемого:

$$V_1 = V_0/M.$$

Если $V_1 \geq 1.5 \text{ м}^3 / \text{чел.}$, то расчётная вместимость M принимается за фактическую вместимость ЗС.

3. Определяется необходимое количество нар: при установке двухъярусных нар $N = M/5$ и при установке трёхъярусных нар $N = M/6$.

4. Определяется показатель, характеризующий защитное сооружение по вместимости:

$$K_{\text{вм.}} = M/N,$$

где N – численность персонала, подлежащего укрытию.

По результатам расчётов делается вывод о возможности укрытия рабочих и служащих объекта.

2.2. Оценка защитных сооружений по защитным свойствам

На этом этапе определяются защитные свойства ЗС и оценивается возможность надёжной защиты укрываемых людей от воздействия избыточного давления, ударной волны и ионизирующих излучений, ожидаемых на объекте.

Последовательность решения следующая.

1. Определяются требуемые защитные свойства ЗС $\Delta P_{\text{ф.треб.}}$ и Косл.треб.;

а) требуемая прочность ЗС по ударной волне $\Delta P_{\text{ф.треб.}}$ соответствует максимальному значению избыточного давления, ожидаемого на объекте, т.е. $\Delta P_{\text{ф.мах}} = \Delta P_{\text{ф.треб.}}$. Определяется опытным путём.

Для этого определяют минимальное расстояние от вероятного центра взрыва:

$$R_x = R_\Gamma - R_{\text{гот.}},$$

где R_Γ – удаление объекта от вероятной точки прицеливания, км;
 $R_{\text{гот}}$ – вероятное максимальное отклонение боеприпаса от точки прицеливания.

По прил. 1 находят $\Delta P_{\text{ф.}} = \Delta P_{\text{ф.макс.}} = \Delta P_{\text{ф.треб.}}$. Избыточное давление ударной волны можно выразить во внесистемных единицах кгс/см², имея в виду соотношение: 1 кгс/см² примерно равна 100 кПа;

б) требуемый коэффициент ослабления радиации от радиоактивного заражения определяют по формуле:

$$\text{Косл.рз.треб.} = \frac{D_{\text{рз.макс.}}}{D_{\text{доп.}}} = \frac{5 * P_{1\text{макс.}} * (t_n^{-0.2} - t_k^{-0.2})}{50},$$

где $D_{\text{рз.макс.}}$ – максимальная доза на открытой местности за 4 суток, т.е. за продолжительность по времени, соответствующую однократному облучению; $P_{1\text{макс.}}$ – максимальный уровень радиации на 1 час после взрыва, ожидаемый на объекте, определяемый по прил.2; $D_{\text{доп.}}$ – предельно допустимая доза однократного облучения (50 Р) за 4 суток (96 ч) с момента заражения местности радиоактивными веществами; t_n – время заражения относительно момента взрыва, ч,

$$t_n = R_x / V_{\text{с.в.}} + t_{\text{вып.}},$$

где $V_{\text{с.в.}}$ – скорость ветра; $t_{\text{вып.}}$ – время выпадения радиоактивных веществ (в среднем можно принять равным 1 ч); t_k – время окончания облучения, ч,

$$t_k = t_n + 96 \text{ ч.}$$

Если в районе расположения объекта ожидается действие проникающей радиации, то ее дозу необходимо также учитывать (прил. 2), суммируя с величиной $D_{\text{рз.макс.}}$.

2. Определяются защитные свойства от ударной волны – избыточное давление $\Delta P_{\text{ф.защ.}}$, на которое рассчитаны элементы конструкций ЗС. $\Delta P_{\text{ф.защ.}}$ берётся по характеристике ЗС.

3. Определяются защитные свойства от ионизирующих излучений – коэффициент ослабления радиации Косл.защ. . Этот коэффициент может быть приведён в характеристике ЗС или найден расчётным путём:

$$K_{\text{осл.защ.}} = K_p * \prod_{i=1}^n 2^{h_i/d_i},$$

где K_p – коэффициент, учитывающий расположение объекта, определяется по прил. 4; n – число защитных слоёв материалов перекрытия ЗС; h – толщина i -го защитного слоя; d – толщина слоя половинного ослабления, см, определяется по прил. 5.

4. Выбираются защитные сооружения, защитные свойства которых не ниже требуемых, и определяется показатель, характеризующий защитные свойства объекта:

$$K_{з.т.} = N_{з.т.}/N,$$

где $N_{з.т.}$ – количество укрываемых в защитных сооружениях с защитными свойствами не ниже требуемых.

В выводах указывается, в какой степени ЗС соответствует требованиям к защитным свойствам.

2.3. Оценка систем жизнеобеспечения защитных сооружений

Для обеспечения жизнедеятельности укрываемых ЗС оборудуются системами воздухообеспечения, водоснабжения, электроснабжения и связи.

1. Содержание оценки системы воздухообеспечения. Расчёт оборудования данной системы ведётся обычно для двух режимов работы: чистой вентиляции (режим I) и фильтровентиляции (режим II). При режиме I в убежище подаётся очищенный от радиационной пыли наружный воздух. При режиме II подаваемый в убежище наружный воздух очищается паров и аэрозолей, отравляющих веществ и бактериальных средств. На объектах, где возможны наземные пожары, сильная загазованность приземного воздуха вредными веществами и продуктами горения, должен предусматриваться режим регенерации внутреннего воздуха (режим III).

Количество наружного воздуха, которое должно подаваться в убежище, принимается: по режиму I – 8; 10; 11 и 13 м³ /ч на одного человека при температуре наружного воздуха соответственно до 20°С (I климатическая зона), 20..25°С (II зона), 25..30°С (III зона) и более 30°С (IV зона); по режиму II – 2 м³ /ч на одного укрываемого.

Для воздухообеспечения убежищ применяются фильтровентиляционные комплекты ФВК - 1 и ФВК - 2. ФВК - 1 обеспечивает I и II режимы вентиляции, ФВК - 2 – все три режима вентиляции: в режиме I – 1200 м³ /ч, в режиме II – 300 м³ /ч. При недостаточной подаче этих компонентов

предусматривается установка дополнительных электроручных вентиляторов ЭРВ-72-2 (расчётная подача $900 - 1300\text{м}^3/\text{ч}$) или ЭРВ-72-3 (подача $1300-1800\text{м}^3/\text{ч}$).

В зависимости от типа, состава и параметров системы воздухообеспечения рассчитывается количество подаваемого системой воздуха в режимах I и II. Затем определяется количество укрываемых, которое система может обеспечить очищенным воздухом, $No.\text{возд. I(II)}$, исходя из норм $WI(II)$ подачи воздуха на одного человека в час:

$$No.\text{возд. I(II)} = \frac{WoI(II)}{WI(II)},$$

где $WoI(II)$ – общая производительность системы в заданном режиме;
 $WI(II)$ – норма подачи воздуха на одного человека в час.

При необходимости система воздухообеспечения оценивается также по режиму III и делаются выводы о её возможностях.

2. Оценка системы водоснабжения. Определяется возможность системы по количеству укрываемых человек $No.\text{вод.}$, чел., обеспечиваемых водой в течение заданного срока C , сут., исходя из запаса $Wo.\text{вод.}$ и нормы (3 л) на одного укрываемого в сутки $W1.\text{вод.}$, л/чел.:

$$No.\text{вод.} = \frac{Wo.\text{вод.}}{W1.\text{вод.} * C}$$

По результатам расчёта делаются соответствующие выводы.

3. Система электроснабжения. Электроснабжение убежищ предусматривается от сети предприятия (города) и от защищённого источника – дизельная электростанция (ДЭС). В малых и средних убежищах, где ДЭС не устанавливаются, должны применяться переносные электрические фонари, аккумуляторные светильники и т. п. В зависимости от конкретных условий предусматривается решение по системе электроснабжения на случай штатного и аварийного режимов. По результатам расчётов оценивается возможность систем жизнеобеспечения по минимальному показателю одной из систем:

$$Kж.о. = Nж.о./N,$$

где $Nж.о.$ – наименьшее количество укрываемых людей.

2.4. Оценка защитных сооружений по своевременному укрытию людей

Оценка защитных сооружений по своевременному укрытию проводится в зависимости от их расположения относительно мест работы, средней скорости передвижения людей при условии их массового перехода. Учитывается также потребное время для занятия места в убежище. Средняя скорость

передвижения людей в этих условиях составит не более 50 м в минуту, время для занятия места в убежище – 2 мин.

Последовательность оценки:

1. Определяется число людей, которые смогут укрыться в ЗС в установленное время. Установленное время задаётся штабом ГО в зависимости от обстановки.

2. Определяется показатель, характеризующий инженерную защиту по своевременному укрытию рабочих и служащих объекта:

$$K_{свр.} = N_{свр.}/N,$$

где $N_{свр.}$ – число людей, которые в установленные сроки смогут укрыться в ЗС.

Общие выводы

На завершающем этапе оценки инженерной защиты рабочих и служащих объекта анализируются результаты и делаются выводы, в которых по минимальному значению из частных показателей $K_{вм.}$, $K_{з.т.}$, $K_{ж.о.}$, $K_{свр.}$ определяется коэффициент надёжности инженерной защиты $K_{инж.з.}$, выявляются также слабые места в инженерной защите производственного персонала.

На заключительном этапе работы определяется коэффициент надёжности защиты работающей смены объекта $K_{н.з.}$ по минимальному значению из найденного $K_{инж.з.}$ и заданных $K_{оп.}$, $R_{обуч.}$ и $R_{гот.}$. Затем намечаются пути и меры по повышению надёжности защиты рабочих и служащих объекта, главным образом за счёт совершенствования инженерной защиты с учётом её слабых мест, снижающих величину $K_{инж.з.}$.

3. Пример решения задачи по оценке надёжности защиты производственного персонала объекта

Определить коэффициент надёжности защиты ($K_{н.з.}$) рабочих и служащих работающей смены объекта и предложить меры по его повышению при следующих исходных данных:

1. Объект расположен во II климатической зоне и располагает встроенным убежищем со следующим основным оборудованием: система воздухооборудования включает три комплекта ФВК-1 и один комплект ЗРВ-72-2; водоснабжение – от общезаводской системы; система энергоснабжения – от сети объекта, аварийный источник – аккумуляторные батареи. На объекте не ожидается сильных пожаров и загазованности воздуха вредными веществами.

2. Другие характеристики убежища:

конструкция убежища рассчитана на динамические нагрузки, создаваемые избыточным давлением в $\Delta P_{ф.защ.} = 1 \text{ кгс/см}^2$;

перекрытия убежища состоят из двух слоёв – слоя бетона $h_1 = 40$ см и слоя грунта $h_2 = 25$ см;

площадь помещений убежища S_0 : помещения для укрываемых $S_n = 285 \text{ м}^2$; другие площади в зоне герметизации (тамбур – шлюз - 10 м^2 , санитарный пост - 2 м^2 , вспомогательные помещения – 68.5 м^2) $S_{доп.} = 80.5 \text{ м}^2$;

высота помещения $h = 2.4\text{м}$;

объем емкостей аварийного запаса воды 5400 л.

3. Общее количество рабочих и служащих на объекте $N = 710$ человек. Они распределены по двум участкам с удалением от убежища: участок 1 (200 чел.) – на расстояние 100м, участок 2 (510 чел.) – на расстояние 300м.

4. Время на заполнение убежища укрываемыми $t_{зап.} \leq 8$ мин.

5. Продолжительность непрерывного пребывания людей в убежище $T = 3$ сут.

6. Удаление объекта от вероятной точки прицеливания $R_r = 5.1\text{км}$.

7. Ожидаемая мощность ядерного боеприпаса $q = 1\text{Мт}$, взрыв наземный.

8. Вероятное максимальное отклонение боеприпаса от точки прицеливания $R_{откл.} = 1.1\text{км}$.

9. Скорость среднего ветра $V_{с.в.} = 50\text{км/ч}$, с направлением в сторону объекта.

10. Показатель, характеризующий своевременность оповещения рабочих и служащих по сигналам ГО, $K_{оп.} = 0.9$.

11. Показатель обученности рабочих и служащих правилам действий по сигналам оповещения ГО, $K_{обуч.} = 0.8$.

12. Показатель, характеризующий убежище по времени приведения в готовность к приёму укрываемых, $K_{гот.} = 1$.

Решение задачи

Оценку инженерной защиты рабочих и служащих объекта производим согласно методике, изложенной в разделе 1.2, используя исходные данные задачи на каждом этапе решения.

Оценка убежища по вместимости

Исходные данные:

1. Площадь и высота помещений убежища.
2. Численность рабочих и служащих объекта.

Определяем количество мест для размещения укрываемых. Поскольку высота помещений убежища в вариантах 1, 2, 3, 4 менее 2.9 м и позволяет установить двухъярусные нары, принимаем в качестве расчётной нормы площади на одного укрываемого $S_1 = 0.5 \text{ м}^2/\text{чел.}$ Тогда расчётное количество мест в убежище на площади для укрываемых $S_{\text{п}}$ составит:

$$M = S_{\text{п}}/S_1.$$

- 1) $M = 265 / 0.5 = 530;$
- 2) $M = 275 / 0.5 = 550;$
- 3) $M = 285 / 0.5 = 570;$
- 4) $M = 295 / 0.5 = 590;$

В вариантах 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 высота помещений убежища более 2.9 м и позволяет установить трехъярусные нары, поэтому принимаем $S_1 = 0.4 \text{ м}^2/\text{чел.}$ Соответственно количество мест в убежище:

- 5) $M = 300 / 0.4 = 750;$
- 6) $M = 310 / 0.4 = 775;$
- 7) $M = 320 / 0.4 = 800;$
- 8) $M = 330 / 0.4 = 825;$
- 9) $M = 340 / 0.4 = 850;$
- 10) $M = 350 / 0.4 = 875;$
- 11) $M = 360 / 0.4 = 900;$
- 12) $M = 370 / 0.4 = 925;$

Найденное число определяет вместимость убежища при условии, что объём помещений в зоне герметизации V_0 в расчёте на одного укрываемого не менее $1.5 \text{ м}^3/\text{чел.}$ Проверяем соответствие объёма нормам на одного укрываемого:

$$V_1 = V_0/M = S_0 \cdot h/M,$$

где S_0 — общая площадь помещений в зоне герметизации; h — высота помещений, м.

- 1) $V_1 = 365 \cdot 2.6 / 530 = 1.79 \text{ м}^3/\text{чел.};$
- 2) $V_2 = 370 \cdot 2.7 / 550 = 1.82 \text{ м}^3/\text{чел.};$
- 3) $V_3 = 375 \cdot 2.8 / 570 = 1.84 \text{ м}^3/\text{чел.};$
- 4) $V_4 = 380 \cdot 2.9 / 590 = 1.87 \text{ м}^3/\text{чел.};$
- 5) $V_5 = 380 \cdot 3.0 / 750 = 1.52 \text{ м}^3/\text{чел.};$
- 6) $V_6 = 385 \cdot 3.1 / 775 = 1.54 \text{ м}^3/\text{чел.};$
- 7) $V_7 = 390 \cdot 3.2 / 800 = 1.56 \text{ м}^3/\text{чел.};$

- 8) $V_8 = 395 \cdot 3.3 / 825 = 1.58 \text{ м}^3/\text{чел.};$
- 9) $V_9 = 400 \cdot 3.4 / 850 = 1.60 \text{ м}^3/\text{чел.};$
- 10) $V_{10} = 405 \cdot 3.5 / 875 = 1.62 \text{ м}^3/\text{чел.};$
- 11) $V_{11} = 410 \cdot 3.6 / 900 = 1.64 \text{ м}^3/\text{чел.};$
- 12) $V_{12} = 415 \cdot 3.7 / 925 = 1.66 \text{ м}^3/\text{чел.};$

Таким образом, вместимость убежища соответствует расчётному количеству мест во всех 12 вариантах.

Определяем необходимое количество нар для размещения укрываемых. Двухъярусные нары при длине 180см позволяют разместить 5 человек, поэтому необходимо установить:

- 1) $H = 530 / 5 = 106;$
- 2) $H = 550 / 5 = 110;$
- 3) $H = 570 / 5 = 114;$
- 4) $H = 590 / 5 = 118;$
- 5) $H = 750 / 6 = 125;$
- 6) $H = 775 / 6 = 129;$
- 7) $H = 800 / 6 = 133;$
- 8) $H = 825 / 6 = 137;$
- 9) $H = 850 / 6 = 141;$
- 10) $H = 875 / 6 = 145;$
- 11) $H = 900 / 6 = 150;$
- 12) $H = 925 / 6 = 154;$

Определяем коэффициент вместимости $K_{вм.}$, характеризующий возможность убежища по укрытию рабочих и служащих объекта:

$$K_{вм.} = M/N.$$

- 1) $K_{вм} = 530 / 690 = 0.77$
- 2) $K_{вм} = 550 / 700 = 0.78$
- 3) $K_{вм} = 570 / 710 = 0.80$
- 4) $K_{вм} = 590 / 720 = 0.82$
- 5) $K_{вм} = 750 / 730 = 1.03$
- 6) $K_{вм} = 775 / 740 = 1.05$
- 7) $K_{вм} = 800 / 750 = 1.07;$
- 8) $K_{вм} = 825 / 760 = 1.09;$
- 9) $K_{вм} = 850 / 770 = 1.1;$
- 10) $K_{вм} = 875 / 780 = 1.12;$
- 11) $K_{вм} = 900 / 790 = 1.14;$
- 12) $K_{вм} = 925 / 800 = 1.156;$
- 13)

Выводы:

1. Убежище позволяет принять в 1, 2, 3, 4 вариантах только около 80% рабочих и служащих, в 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 вариантах вмещают весь персонал.

2. Для размещения укрываемых в убежищах (1-4 вариантах) необходимо установить 106 - 118 двухъярусных нар, обеспечивающих 20% мест для лежания и 80% - для сидения, в 5 - 12 вариантах - 125 - 154 трехъярусных нар, обеспечивающих 30% мест для лежания, 70% - для сидения.

Оценка убежища по защитным свойствам

Исходные данные:

1. Удаление объекта от точки прицеливания и вероятное отклонение от неё боеприпаса.
2. Ожидаемая мощность ядерного боеприпаса и вид взрыва.
3. Скорость среднего ветра.
4. Динамические нагрузки, выдерживаемые конструкциями убежища ($\Delta P_{ф.заш.}$), и характеристики перекрытия (виды материалов и толщина слоёв).

Определяем требуемые защитные свойства:

а) по ударной волне - рассчитываем максимальное избыточное давление ударной волны, ожидаемое на объекте при ядерном взрыве ($\Delta P_{ф.треб.}$). Для этого находим минимальное расстояние до вероятного центра взрыва:

$$R_x = R_r - R_{отк.}$$

- 1) $R_x = 4.9 - 0.9 = 4$ км
- 2) $R_x = 5.0 - 1.0 = 4$ км
- 3) $R_x = 5.1 - 1.1 = 4$ км
- 4) $R_x = 5.2 - 1.2 = 4$ км
- 5) $R_x = 5.3 - 1.3 = 4$ км
- 6) $R_x = 5.4 - 1.4 = 4$ км
- 7) $R_x = 5.5 - 1.5 = 4$ км
- 8) $R_x = 5.6 - 1.6 = 4$ км
- 9) $R_x = 5.7 - 1.7 = 4$ км
- 10) $R_x = 5.8 - 1.8 = 4$ км
- 11) $R_x = 5.9 - 1.9 = 4$ км
- 12) $R_x = 6.0 - 2.0 = 4$ км

По прил. 1 при $R_x = 4$ км и $q = 100$ кт, 200 кт, 300 кт для наземного взрыва $\Delta P_{ф.мах} = \Delta P_{ф.треб.}$ в первых вариантах 1-3 и 7-9 составят:

$$\Delta P_{\text{ф.мах}} = \Delta P_{\text{ф.треб}};$$

- 1) $P_{\text{ф.мах}} = P_{\text{ф.треб}} = 0.15 \text{ кгс/см}^2$;
- 2) $P_{\text{ф.мах}} = P_{\text{ф.треб}} = 0.20 \text{ кгс/см}^2$;
- 3) $P_{\text{ф.мах}} = P_{\text{ф.треб}} = 0.25 \text{ кгс/см}^2$;
- 7) $P_{\text{ф.мах}} = P_{\text{ф.треб}} = 0.15 \text{ кгс/см}^2$;
- 8) $P_{\text{ф.мах}} = P_{\text{ф.треб}} = 0.20 \text{ кгс/см}^2$;
- 9) $P_{\text{ф.мах}} = P_{\text{ф.треб}} = 0.25 \text{ кгс/см}^2$;

В остальных вариантах, для $R_x = 4 \text{ км}$ и $q = 500 \text{ кт}$, 1000 кт , при воздушном взрыве эти величины равны:

- 4) $P_{\text{ф.мах}} = P_{\text{ф.треб}} = 0.35 \text{ кгс/см}^2$;
- 5) $P_{\text{ф.мах}} = P_{\text{ф.треб}} = 0.5 \text{ кгс/см}^2$;
- 6) $P_{\text{ф.мах}} = P_{\text{ф.треб}} = 0.5 \text{ кгс/см}^2$;
- 10) $P_{\text{ф.мах}} = P_{\text{ф.треб}} = 0.35 \text{ кгс/см}^2$;
- 11) $P_{\text{ф.мах}} = P_{\text{ф.треб}} = 0.5 \text{ кгс/см}^2$;
- 12) $P_{\text{ф.мах}} = P_{\text{ф.треб}} = 0.5 \text{ кгс/см}^2$;

б) по ионизирующим излучениям – определяем требуемый коэффициент ослабления радиации по формуле:

$$K_{\text{осл.рз.треб}} = \frac{D_{\text{рз.мах}}}{50} = \frac{5 * P_{1\text{мах}} * (t_{\text{н}}^{-0.2} - t_{\text{к}}^{-0.2})}{50},$$

где $P_{1\text{мах}}$ – максимальный уровень радиации, ожидаемый на объекте, определяемый по прил.3, при $R_x=4\text{км}$, $V_{\text{с.в.}} = 25\text{км/ч}$ и $q_1 = 100 \text{ кт}$, 200 кт , 300 кт если объект окажется на оси следа:

- 1) $P_{1\text{мах}} = 5700 \text{ Р/ч}$;
- 2) $P_{1\text{мах}} = 10000 \text{ Р/ч}$;
- 3) $P_{1\text{мах}} = 14300 \text{ Р/ч}$.

В вариантах 4-6 и 10-12, при $R_x = 4\text{км}$, $V_{\text{с.в.}} = 50 \text{ км/ч}$ и соответствующих $q = 500 \text{ кт}$, 1000 кт :

- 4) $P_{1\text{мах}} = 17000 \text{ Р/ч}$;
- 5) $P_{1\text{мах}} = 31000 \text{ Р/ч}$;

Величина $t_{\text{н}} = R_x/V_{\text{с.в.}} + t_{\text{вып.}} = 4 / 25 (50) + 1 = 0.16 (0.08) + 1 = 1 \text{ч}$ во всех вариантах, где $t_{\text{вып.}}$ – время выпадения радиоактивных веществ, равное в среднем 1 час. Следовательно, также во всех вариантах $t_{\text{к}} = t_{\text{н}} + 96 = 97 \text{ч}$. Здесь 96 - период однократного облучения (4 суток), выраженный в часах.

Тогда $K_{\text{осл.рз.треб}}$:

- 1) $K_{\text{осл.рз.треб}} = 5 * 5700 * (1^{-0.2} - 97^{-0.2}) / 50 = 5 * 5700 * 0.6 / 50 = 342$;
- 2) $K_{\text{осл.рз.треб}} = 5 * 1000 * (1^{-0.2} - 97^{-0.2}) / 50 = 5 * 1000 * 0.6 / 50 = 600$;

- 3) $K_{\text{осл.РЗтр.}} = 5 * 14300 * (1^{-0.2} - 97^{-0.2}) / 50 = 5 * 5700 * 0.6 / 50 = 858;$
- 4) $K_{\text{осл.РЗтр.}} = 5 * 17000 * (1^{-0.2} - 97^{-0.2}) / 50 = 5 * 5700 * 0.6 / 50 = 1020;$
- 5) $K_{\text{осл.РЗтр.}} = 5 * 31000 * (1^{-0.2} - 97^{-0.2}) / 50 = 5 * 5700 * 0.6 / 50 = 1860;$
- 6) $K_{\text{осл.РЗтр.}} = 5 * 31000 * (1^{-0.2} - 97^{-0.2}) / 50 = 5 * 5700 * 0.6 / 50 = 1860;$
- 7) $K_{\text{осл.РЗтр.}} = 5 * 5700 * (1^{-0.2} - 97^{-0.2}) / 50 = 5 * 5700 * 0.6 / 50 = 342;$
- 8) $K_{\text{осл.РЗтр.}} = 5 * 1000 * (1^{-0.2} - 97^{-0.2}) / 50 = 5 * 5700 * 0.6 / 50 = 600;$
- 9) $K_{\text{осл.РЗтр.}} = 5 * 14300 * (1^{-0.2} - 97^{-0.2}) / 50 = 5 * 5700 * 0.6 / 50 = 858;$
- 10) $K_{\text{осл.РЗтр.}} = 5 * 17000 * (1^{-0.2} - 97^{-0.2}) / 50 = 5 * 5700 * 0.6 / 50 = 1020;$
- 11) $K_{\text{осл.РЗтр.}} = 5 * 31000 * (1^{-0.2} - 97^{-0.2}) / 50 = 5 * 5700 * 0.6 / 50 = 1860;$
- 12) $K_{\text{осл.РЗтр.}} = 5 * 31000 * (1^{-0.2} - 97^{-0.2}) / 50 = 5 * 5700 * 0.6 / 50 = 1860.$

Действие проникающей радиации на объекте при $R_x = 4\text{км}$ не ожидается (см. прил. 3).

Определяем защитные свойства убежища:

а) от ударной волны: согласно исходным данным

$$P_{\text{ф.защ.}} = 1, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5$$

б) от радиоактивного заражения: коэффициент ослабления радиации убежищем не задан, поэтому определяем расчётным путём по формуле

$$K_{\text{осл.защ.}} = K_p * \prod_{i=1}^n 2^{h_i/d_i}$$

По исходным данным перекрытие убежища состоит из двух слоёв ($n=2$): слоя бетона h_1 и слоя грунта h_2 . Слои половинного ослабления материалов от радиоактивного заражения (см. прил. 5), составляют для бетона $d_1 = 5.7\text{см}$, для грунта $d_2 = 8.1\text{см}$. Коэффициент K_p , учитывающий расположение убежища, находим по прил. 4. Для встроенного убежища, расположенного в районе застройки, $K_p = 8$.

Тогда $K_{\text{осл.РЗзащ.}}$:

- 1) $K_{\text{осл.РЗзащ.}} = 8 * 2^{35/5.7} * 2^{20/8.1} = 3080;$
- 2) $K_{\text{осл.РЗзащ.}} = 8 * 2^{40/5.7} * 2^{25/8.1} = 8200;$
- 3) $K_{\text{осл.РЗзащ.}} = 8 * 2^{45/5.7} * 2^{30/8.1} = 24\ 649;$
- 4) $K_{\text{осл.РЗзащ.}} = 8 * 2^{50/5.7} * 2^{35/8.1} = 69\ 490;$
- 5) $K_{\text{осл.РЗзащ.}} = 8 * 2^{55/5.7} * 2^{40/8.1} = 194\ 535;$
- 6) $K_{\text{осл.РЗзащ.}} = 8 * 2^{60/5.7} * 2^{45/8.1} = 549\ 731;$
- 7) $K_{\text{осл.РЗзащ.}} = 8 * 2^{65/5.7} * 2^{50/8.1} = 1\ 556\ 635;$
- 8) $K_{\text{осл.РЗзащ.}} = 8 * 2^{70/5.7} * 2^{55/8.1} = 4\ 495\ 343;$
- 9) $K_{\text{осл.РЗзащ.}} = 8 * 2^{75/5.7} * 2^{60/8.1} = 16\ 777\ 216;$
- 10) $K_{\text{осл.РЗзащ.}} = 8 * 2^{80/5.7} * 2^{65/8.1} = 33\ 554\ 432;$
- 11) $K_{\text{осл.РЗзащ.}} = 8 * 2^{85/5.7} * 2^{70/8.1} = 97\ 574\ 443;$

$$12) K_{\text{осл.РЗзащ.}} = 8 * 2^{90/5.7} * 2^{75/8.1} = 259\,291\,558;$$

Сравниваем защитные свойства убежища с требуемыми. Сравнивая $\Delta P_{\text{ф.защ.}} = 1 - 6.5 \text{ кгс/см}^2$ и $\Delta P_{\text{ф.треб.}} = 0.15 - 0.5 \text{ кгс/см}^2$, $K_{\text{осл.защ.}} = 3080 - 259291558$ и $K_{\text{осл.треб.}} = 600 - 1860$, находим, что во всех вариантах $\Delta P_{\text{ф.защ.}} > \Delta P_{\text{ф.треб.}}$ и $K_{\text{осл.защ.}} > K_{\text{осл.треб.}}$, т.е. по защитным свойствам убежище обеспечивает защиту людей при вероятных значениях параметров поражающих факторов ядерного взрыва. Определяем показатель, характеризующий инженерную защиту рабочих и служащих объекта по защитным свойствам:

$$K_{\text{з.т.}} = N_{\text{з.т.}}/N,$$

где $N_{\text{з.т.}}$ – количество укрываемых в защитных сооружениях с требуемыми защитными свойствами.

Вывод: защитные свойства убежища обеспечивают защиту 80% рабочей смены в 1-4 вариантах, и 100% во всех остальных.

Оценка систем жизнеобеспечения убежища

А. Система воздухообеспечения.

Исходные данные:

1. Система воздухообеспечения включает три комплекта ФВК-1, один – ЭРВ-72-2.

2. Объекты расположены в 1, 2 и 3 климатических зонах (температура наружного воздуха до 20°C , $20...25^{\circ}\text{C}$ и $25...30^{\circ}\text{C}$ соответственно) Определяем возможности системы в режиме I (чистой вентиляции). Исходя из того, что подача одного комплекта ФВК-1 в режиме I составляет $1200 \text{ м}^3/\text{ч}$, а одного ЭРВ-72-2 - $900 \text{ м}^3/\text{ч}$, подача системы в режиме I:

$$W_{o1} = 3 * 1200 + 900 = 4500 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Исходя из нормы подачи воздуха на одного укрываемого в режиме I для 1 - 3 климатических зон $W_1 = 8, 10, 11 \text{ м}^3/\text{ч}$, система может обеспечить воздухом:

$$N_{o.\text{возд.1}} = W_{o1}/W_1.$$

- 1) $N_{o.\text{возд.1}} = 4500 / 8 = 562 \text{ чел.}$
- 2) $N_{o.\text{возд.1}} = 4500 / 10 = 450 \text{ чел.}$
- 3) $N_{o.\text{возд.1}} = 4500 / 11 = 409 \text{ чел.}$
- 4) $N_{o.\text{возд.1}} = 4500 / 8 = 562 \text{ чел.}$
- 5) $N_{o.\text{возд.1}} = 4500 / 10 = 450 \text{ чел.}$
- 6) $N_{o.\text{возд.1}} = 4500 / 11 = 409 \text{ чел.}$
- 7) $N_{o.\text{возд.1}} = 4500 / 8 = 562 \text{ чел.}$
- 8) $N_{o.\text{возд.1}} = 4500 / 10 = 450 \text{ чел.}$

$$9) N_{o..возд.1} = 4500 / 11 = 409 \text{ чел.}$$

$$10) N_{o..возд.1} = 4500 / 8 = 562 \text{ чел.}$$

$$11) N_{o..возд.1} = 4500 / 10 = 450 \text{ чел.}$$

$$12) N_{o..возд.1} = 4500 / 11 = 409 \text{ чел.}$$

Полученные величины во всех вариантах, кроме первого, меньше числа укрываемых, т.е. система воздухообеспечения не обеспечивает требуемых норм во 2-12 вариантах.

Определяем возможности системы в режиме II (фильтровентиляции). Исходя из того, что подача одного комплекта ФВК-1 в режиме II составляет $300 \text{ м}^3/\text{ч}$, общая подача системы в режиме II:

$$W_{o11} = 3 * 300 = 900 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Исходя из нормы подачи воздуха на одного укрываемого в режиме фильтровентиляции $W_{11} = 2 \text{ м}^3/\text{ч}$, система может обеспечить воздухом:

$$N_{o.возд.11} = W_{o11}/W_{11} = 900/2 = 450 \text{ чел.}, \text{ что меньше числа укрываемых во всех 12 вариантах.}$$

Определяем возможности системы в режиме III (регенерации). В комплекте ФВК-1 не имеется регенеративной установки РУ-150/6, поэтому режим III системой не обеспечивается. По условию обстановки не ожидается сильной загазованности атмосферы. Поэтому можно обойтись без режима III.

Вывод: система воздухообеспечения не может обеспечить в требуемых режимах (I и II) всех укрываемых, т.е. по расчетной вместимости убежища, за исключением 1 режима в 1 варианте.

Б. Система водоснабжения.

Исходные данные:

1. Водоснабжение укрываемых в убежище обеспечивается от обще-заводской системы.

2. Аварийный запас имеется в проточных емкостях вместимостью 5400 л .

3. Продолжительность укрытия 3 суток.

Исходя из норм на одного укрываемого 3 л в сутки, находим, что система способна обеспечить:

$$N_{o.вод.} = W_{o.вод.}/(3 * 3) = 5400/9 = 600 \text{ чел.}$$

Вывод: водой могут быть обеспечены укрываемые на расчетную вместимость убежища только в 1 - 4 вариантах.

В. Система электроснабжения.

Исходные данные:

1. Электроснабжение убежища обеспечивается от сети объекта.
2. Аварийный источник – аккумуляторные батареи.
3. Работа систем воздухообмена в режиме регенерации не предусматривается.

Из анализа возможных ситуаций следует, что в случае отключения сети объекта работу системы воздухообмена можно обеспечить вручную, так как комплект ФВК-1 включает электроручной вентилятор. Аварийный источник электроснабжения от аккумуляторных батарей будет использован только для освещения убежища.

Вывод: система электроснабжения в аварийном режиме обеспечивает только освещение убежища, а работа системы воздухообмена обеспечивается ручным приводом.

На основании частных оценок систем жизнеобеспечения (воздухообмена, водоснабжения, электроснабжения) определяем общую оценку по минимальному показателю одной из систем.

В нашей задаче наименьшее количество укрываемых может обеспечить система воздухообмена - 409 - 562 человека (3,6,9,12 в. – 409 чел. , 2,5,8,11в. - 450 чел. , 1,4,7,10в. – 562 чел.) в 1 режиме и 450 чел. во втором режиме.

Поэтому показатель, характеризующий возможности инженерной защиты объекта по жизнеобеспечению:

$$K_{ж. о.} = N_{ж. о.} / N$$

- 1) $K_{ж. о.} = 562 / 690 = 0.81$ в 1 режиме
 $K_{ж. о.} = 450 / 690 = 0.65$ в 2 режиме
- 2) $K_{ж. о.} = 450 / 700 = 0.64$
- 3) $K_{ж. о.} = 409 / 710 = 0.57$
- 4) $K_{ж. о.} = 562 / 720 = 0.78$ в 1 режиме
 $K_{ж. о.} = 450 / 720 = 0.62$ в 2 режиме
- 5) $K_{ж. о.} = 450 / 730 = 0.61$
- 6) $K_{ж. о.} = 409 / 740 = 0.55$
- 7) $K_{ж. о.} = 562 / 750 = 0.75$ в 1 режиме
 $K_{ж. о.} = 450 / 750 = 0.60$ в 1 режиме
- 8) $K_{ж. о.} = 450 / 760 = 0.59$
- 9) $K_{ж. о.} = 409 / 770 = 0.53$
- 10) $K_{ж. о.} = 562 / 780 = 0.59$ в 1 режиме
 $K_{ж. о.} = 450 / 780 = 0.57$ в 2 режиме
- 11) $K_{ж. о.} = 450 / 790 = 0.56$
- 12) $K_{ж. о.} = 409 / 800 = 0.51$

Выводы:

1. Системы жизнеобеспечения не позволяют обеспечить жизнедеятельность как работающей смены, так и укрываемых в полном объеме норм в течение установленной продолжительности (3 суток).

2. Возможности по жизнеобеспечению снижает система воздухообеспечения от 55% до 65% в отдельных вариантах.

Оценка защитных сооружений по своевременному укрытию

Исходные данные:

1. Расположение рабочих - участки 1 и 2 – на расстоянии 50 ÷ 300 м от убежища. (по вариантам)

2. Время на укрытие людей - не более 8 мин.

Определяем время, необходимое рабочим, чтобы дойти до убежища и занять в нём место. Расстояние 100 м человек при массовом движении проходит в среднем за 2 мин. На то, чтобы зайти в убежище и занять место, требуется 2 мин.

Тогда для рабочих участка 1 требуется максимум $t_{з.макс} = 13 \text{ мин} + 2 \text{ мин} = 15 \text{ мин}$ (12 вариант); для рабочих участка 2 - $t_{з.макс} = 6 \text{ мин} + 2 \text{ мин} = 8 \text{ мин}$ (1 вариант).

Сравниваем необходимое время для укрытия людей с заданным и убеждаемся, что условия расположения убежища обеспечивает своевременное укрытие рабочих 2 участка во всех вариантах, а рабочих 1 участка только в 1-6 вариантах, в 7–12 для укрытия требуется больше 8 минут.

Определяем показатель, характеризующий инженерную защиту объекта по своевременному укрытию персонала:

$$K_{свр} = N_{свр} / N.$$

Для рабочих 1 участка $K_{свр} = N_{свр} / N = 1$ в 1-6 вариантах, во всех остальных $K_{свр} < 1$. Для рабочих 2 участка $K_{свр} = 1$ во всех вариантах.

Вывод: Расположение убежища позволяет своевременно укрыть всех рабочих 1-го участка в 1-6 вариантах и рабочих 2 участка во всех вариантах.

Общие выводы и определение коэффициента надёжности защиты

В ходе расчетов получены следующие показатели, характеризующие инженерную защиту рабочих и служащих объекта (в порядке вариантов):

по вместимости

$K_{вм} = 0.77, 0.78, 0.80, 0.82, 1.03, 1.05, 1.07, 1.09, 1.1, 1.12, 1.14, 1.156;$

по защитным свойствам

$K_{з.т.} = 0.77, 0.78, 0.80, 0.82, 1.03, 1.05, 1.07, 1.09, 1.1, 1.12, 1.14, 1.156;$

по жизнеобеспечению укрываемых

$K_{ж.о.} = 0.65, 0.64, 0.57, 0.62, 0.61, 0.55, 0.60, 0.59, 0.53, 0.57, 0.56, 0.51;$

по своевременному укрытию людей

$K_{свр} < 1; K_{свр} = 1;$

Возможности инженерной защиты в целом характеризуются минимальным из трёх показателей, т.е. $K_{инж.з.}$ составляет:

- 1) $K_{ж.о.} = 0.65$
- 2) $K_{ж.о.} = 0.64$
- 3) $K_{ж.о.} = 0.57$
- 4) $K_{ж.о.} = 0.62$
- 5) $K_{ж.о.} = 0.61$
- 6) $K_{ж.о.} = 0.55$
- 7) $K_{ж.о.} = 0.60$
- 8) $K_{ж.о.} = 0.59$
- 9) $K_{ж.о.} = 0.53$
- 10) $K_{ж.о.} = 0.57$
- 11) $K_{ж.о.} = 0.56$
- 13) $K_{ж.о.} = 0.51$

Далее определяем коэффициент надёжности защиты работающей смены объекта ($K_{н.з.}$) по минимальному значению из найденного $K_{инж.з.}$ и заданных $K_{оп.}$, $K_{обуч.}$, $K_{гот.}$. В данном случае он определяется найденным $K_{инж.з.}$ и составляет вышеприведенные значения, т.е. :

- 1) $K_{ж.о.} = 0.65$
- 2) $K_{ж.о.} = 0.64$
- 3) $K_{ж.о.} = 0.57$
- 4) $K_{ж.о.} = 0.62$
- 5) $K_{ж.о.} = 0.61$
- 6) $K_{ж.о.} = 0.55$
- 7) $K_{ж.о.} = 0.60$
- 8) $K_{ж.о.} = 0.59$
- 9) $K_{ж.о.} = 0.53$
- 10) $K_{ж.о.} = 0.57$
- 11) $K_{ж.о.} = 0.56$
- 12) $K_{ж.о.} = 0.51$

Предложение по повышению надёжности защиты рабочих и служащих

1. Поскольку коэффициент надёжности защиты существенно снижен возможностями инженерной защиты по жизнеобеспечению укрываемых, а именно, ограниченной подачей системы воздухообмена, то необходимо дооборудовать эту систему одним комплектом ФВК-1 в зависимости от потребностей в каждом из вариантов. Возможности системы в режиме 1 при таком дополнении составят:

$$W_{o1} = 4 \cdot 1200 + 900 = 5700 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Система может обеспечить:

- 1) $N_{o..возд.1} = 5700 / 8 = 712$ чел.
- 2) $N_{o..возд.1} = 5700 / 10 = 570$ чел.
- 3) $N_{o..возд.1} = 5700 / 11 = 518$ чел.
- 4) $N_{o..возд.1} = 5700 / 8 = 712$ чел.
- 5) $N_{o..возд.1} = 5700 / 10 = 570$ чел.
- 6) $N_{o..возд.1} = 5700 / 11 = 518$ чел.
- 7) $N_{o..возд.1} = 5700 / 8 = 712$ чел.
- 8) $N_{o..возд.1} = 5700 / 10 = 570$ чел.
- 9) $N_{o..возд.1} = 5700 / 11 = 518$ чел.
- 10) $N_{o..возд.1} = 5700 / 8 = 712$ чел.
- 11) $N_{o..возд.1} = 5700 / 10 = 570$ чел.
- 12) $N_{o..возд.1} = 5700 / 11 = 518$ чел.

Возможности системы в режиме 11 составят:

$$W_{o11} = 4 \cdot 300 = 1200 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Система может обеспечить:

$$N_{o.возд.11} = W'_{o11} / W_{11} = 1200 / 2 = 600 \text{ чел}.$$

Для вариантов 1, 2, 4 этого будет достаточно, а для всех остальных вариантов необходимо 2 комплекта.

Следовательно, повышение подачи системы после дооборудования одним комплектом ФВК-1 позволит увеличить численность защищаемых до полной вместимости убежища в 1, 2, 4 вариантах.

Соответственно показатель защиты объекта по жизнеобеспечению повысится до

$$1) K_{ж..о.} = 712 / 690 = 1.03 \text{ в 1 режиме}$$

$$K_{ж..о.} = 600 / 690 = 0.86 \text{ во 2 режиме}$$

$$2) K_{ж..о.} = 570 / 700 = 0.82 \text{ в 1 режиме}$$

$$K_{ж..о.} = 600 / 700 = 0.85 \text{ во 2 режиме}$$

$$4) K_{ж..о.} = 712 / 720 = 0.98 \text{ в 1 режиме}$$

$$K_{ж..о.} = 600 / 720 = 0.83 \text{ во 2 режиме}$$

Возможности инженерной защиты в целом, определяемые минимальным показателем из $K_{вм.}$, $K_{к.т.}$, $K_{ж..о.}$, $K_{свр.}$, теперь характеризуются единой величиной, соответственно по 1, 2, 4 варианту :

$$K_{вм} = K_{з.т.} = 0.77, 0.78 \text{ и } 0.82 .$$

Вывод: Предложенное дооборудование системы воздухообеспечения одним или двумя комплектами ФВК-1 повышает возможности инженерной защиты до полной обеспеченности всех укываемых в убежище.

2. Для обеспечения инженерной защиты всего состава работающей смены требуется построить дополнительно одно убежище недостающей вместимости с такими же или лучшими показателями.

После реализации данных предложений коэффициент надежности защиты будет зависеть только от показателя обученности $K_{обуч.}$ и своевременности оповещения – $K_{оп.}$.

Последние в свою очередь могут быть повышены совершенствованием системы оповещения ГО и обучения рабочих и служащих действиям по сигналам ГО.

4. Варианты задач для самостоятельной работы

Определить коэффициент надёжности защиты (Кн.з.) рабочих и служащих работающей смены объекта и предложить меры по его повышению (табл.1).

Таблица 1

Исходные данные для определения Кн.з.

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7
Тип и размещение ЗС	Убежище встроенное					

Основное оборудование убежища		Воздухоснабжение-3 комплекта ФВК-1; 1 комплект ЭВР-72-2. Водоснабжение -от общезаводской системы; аварийный запас воды-5400л. Электроснабжение - от сети объекта; аварийный источник питания - аккумуляторные батареи					
Другие характеристики убежища: Расчётные нагрузки $\Delta P_{ф.защ.}$, кгс/см ²		1	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
Перекрытие	слой бетона h1,см	35	40	45	50	55	60
	слой грунта h2,см	20	25	30	35	40	45
Площади помещений	Sp., м ²	265	275	285	295	300	310
	Sдоп.,м ²	100	95	90	85	80	75
Высота помещений, м		2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1
Персонал объекта N, чел.		690	693	696	699	862	870
Удаление от убежища	Участок 1,м	50	100	150	200	250	300
	Участок 2,м	300	250	200	150	100	50
Время на укрытие, тзап., мин.		8	9	10	9	8	8

Продолжение таблицы 1.

Исходные данные для определения Кн.з.

1	2	3	4	5	6	7	
Продолжительность пребывания T, сут.	2	3	2	3	2	3	
Удаление объекта от в. т. п. Rг, км.	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	
Мощность боеприпаса q, кт.	100	200	300	500	1000	1000	
Вид взрыва	наземный			воздушный			
Вероятное отклонение Rотк., км.	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	
Скорость ср.ветра Vc.в., км/ч	25	25	25	50	50	50	
Климатическая зона	1	2	3	1	2	3	
Частные показатели	К оп.	0.9	0.9	0.9	0.95	0.95	0.95
	К обуч.	0.8	0.8	0.8	0.85	0.85	0.85

ли	К гот.	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
----	--------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Таблица 2

Исходные данные для определения Кн.з.

Параметр	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7
Тип и размещение ЗС	Убежище встроенное					
Основное оборудование убежища	Воздухоснабжение - 3 комплекта ФВК - 1; 1 комплект ЭВР-72-2. Водоснабжение - от общезаводской системы; аварийный запас воды - 5400л. Электроснабжение - от сети объекта; аварийный источник питания - аккумуляторные батареи					
Другие характеристики убежища: Расчётные нагрузки $\Delta P_{ф.защ.}$, кгс/см ²	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5

Продолжение таблицы 2.

Исходные данные для определения Кн.з.

1		2	3	4	5	6	7
Перекрытие	слой бетона h1, см	65	70	75	80	85	90
	слой грунта h2, см	50	55	60	65	70	75
Площади помещений	Sп., м ²	325	330	340	350	360	370
	Sдоп., м ²	70	65	60	55	50	45
Высота помещений, м		3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7
Персонал объекта N, чел.		879	887	894	902	909	925
Удаление от убежища	Участок 1, м	350	400	450	500	550	600
	Участок 2, м	50	50	50	50	50	50

Время на укрытие, тзап., мин.	9	10	9	8	8	8	
Продолжительность пребывания Т, сут.	2	3	2	3	2	3	
Удаление объекта от в. т. п. Rr, км.	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	
Мощность боеприпаса q, кт.	100	200	300	500	1000	1000	
Вид взрыва	Наземный			воздушный			
Вероятное отклонение Rотк., км.	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	
Скорость ср.ветра Vс.в., км/ч.	25	25	25	50	50	50	
Климатическая зона	1	2	3	1	2	3	
Частные показатели	К оп.	0.9	0.9	0.9	0.95	0.95	0.95
	К обуч.	0.8	0.8	0.8	0.85	0.85	0.85
	К гот.	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Примечание: на объекте не ожидается сильных пожаров и загазованности воздуха вредными веществами.

Контрольные вопросы

1. Поясните физический смысл коэффициента надёжности защиты и его частных показателей.
2. Назовите исходные данные для оценки инженерной защиты производственного персонала объекта.
3. Какова последовательность оценки инженерной защиты производственного персонала объекта?
4. Какими показателями оцениваются защитные свойства убежищ? Их физический смысл.
5. Какими системами оборудуются защитные сооружения для обеспечения жизнедеятельности укрываемых?
6. Какими путями обеспечивается необходимый коэффициент ослабления радиации? Запишите расчётную формулу и поясните физический смысл входящих величин.
7. На какой показатель убежища влияет климатическая зона расположения объекта?
8. В каких случаях требуется режим III (регенерации воздуха) в работе системы воздухообмена убежища?

9. Поясните разницу в режимах I и II системы воздухообеспечения убежища.

10. Каковы нормы площади и объема убежища на одного укрываемого?

Приложения

Приложение 1.

Избыточное давление ударной волны ($\Delta P_{ф}$) при различных мощностях боеприпаса и расстояниях до центра взрыва, кгс/см².

Q, кг	$\Delta P_{ф}$, кгс/см ² .											
	5.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3
Расстояние до центра (эпицентра) взрыва, км (R)												
100	0.4	0.59	0.68	0.77	1.00	1.20	1.30	1.40	1.60	1.70	2.10	2.50
	0.62	0.83	0.92	1.05	1.20	1.30	1.40	1.50	1.70	1.90	2.20	2.60
200	0.51	0.74	0.86	0.97	1.20	1.40	1.50	1.60	1.80	1.90	2.50	2.90
	0.79	1.05	1.15	1.35	1.50	1.60	1.70	1.80	2.00	2.20	2.60	3.00
300	0.58	0.85	0.98	1.10	1.37	1.57	1.67	1.85	2.07	2.27	2.80	3.35
	0.9	1.20	1.35	1.50	1.70	1.83	1.93	2.10	2.30	2.55	2.93	3.60
500	0.69	1.00	1.15	1.30	1.70	1.90	2.00	2.30	2.60	3.00	3.40	4.20
	1.05	1.45	1.60	1.80	2.10	2.30	2.40	2.60	2.80	3.20	3.60	4.40

Продолжение приложения 1.

q, кг	$\Delta P_{ф}$, кгс/см ² .											
	5.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3
Расстояние до центра (эпицентра) взрыва, км (R)												
1000	0.9	1.30	1.50	1.70	2.20	2.40	2.70	3.00	3.30	3.60	4.30	5.00
	1.35	1.80	2.00	2.30	2.90	3.00	3.40	3.50	3.60	4.00	4.50	5.40

Примечание. Верхнее число – для воздушного взрыва, нижнее – для наземного.

Приложение 2.

Доза проникающей радиации при различных мощностях боеприпаса и расстояниях до центра взрыва.

Мощность боеприпаса кг.	Доза проникающей радиации, Р							
	0	5	10	20	30	50	100	200
	Расстояние до центра взрыва, км							
50	2.7	2.6	2.5	2.3	2.2	2.05	1.8	1.7

100	2.9	2.8	2.7	2.5	2.4	2.25	2.1	1.9
200	3.2	3.1	3.0	2.7	2.6	2.5	2.3	2.1
300	3.3	3.2	3.1	2.8	2.7	2.6	2.5	2.3
500	3.5	3.4	3.2	3.0	2.9	2.75	2.6	2.4
1000	3.8	3.65	3.45	3.25	3.1	3.0	2.8	2.65
2000	4.2	4.0	3.8	3.6	3.45	3.25	3.15	2.95

Приложение 3.

Уровни радиации на оси наземного взрыва на 1 час, Р/ч.

R _x , км.	Мощность боеприпаса, кт.						
	50	100	200	300	500	1000	2000
	Скорость ветра 25 км/ч						
2	8500	14000	25000	35700	57000	100000	195000
4	3200	5700	10000	14300	23000	44000	64800
6	2000	3600	6800	9200	14000	28000	52800
8	1200	2400	4700	6800	11000	19000	34900
10	830	1500	3200	4800	8000	15000	27300
12	620	1200	2500	3600	5600	11000	21600

Продолжение приложения 3.

R _x , км.	Мощность боеприпаса, кт.						
	50	100	200	300	500	1000	2000
	Скорость ветра 50 км/ч						
2	5000	9350	17100	26800	38100	69200	125500
4	2200	4000	7500	10700	17000	31000	59800
6	1400	2610	4750	6700	10500	20800	36800
8	910	1740	3010	4800	6900	13000	24600
10	730	1260	2400	3500	5300	9900	18000
12	560	1030	1900	2880	4300	8800	16000

Приложение 4.

Коэффициент условий расположения убежищ (Кр.)

Условие расположения	Кр.
Отдельно стоящее убежище вне застройки	1

Отдельно стоящее убежище в районе застройки	2
Встроенное в отдельно стоящем здании убежище : для выступающих из поверхности земли стен для перекрытий	2 4
Встроенное внутри производственного комплекса или жилого квартала убежище : для выступающих из поверхности земли стен для перекрытий	4 8

Приложение 5.

Толщина слоя половинного ослабления радиации для различных материалов (d), см

Материал	Толщина слоя, см	
	Гамма-излучение радиоактивного заражения	Гамма-излучение проникающей радиации
Вода	13	23
Древесина	18.5	33
Грунт	8.1	14.4
Кирпич	8.1	14.4
Бетон	5.7	10
Кладка кирпичная	8.7	15

Продолжение приложения 5.

Материал	Толщина слоя, см	
	Гамма-излучение радиоактивного заражения	Гамма-излучение проникающей радиации
Кладка бутовая	5.4	9.6
Глина утрамбованная	6.3	11

ЛИТЕРАТУРА

1. Атаманюк В. Г. и др. Гражданская оборона: учебник для вузов. – М., 1986.
2. Демиденко Г. П. И др. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения: Справочник. – Киев, 1989.

Учебное издание
Зацепин Евгений Николаевич
Лубашев Леонтий Павлович
Навоша Адам Ипполитович

Оценка надёжности защиты производственного персонала
в чрезвычайных ситуациях

Методическое пособие
для практических занятий по дисциплине
“Защита населения и объектов народного хозяйства в чрезвычайных ситуациях;
радиационная безопасность” для студентов всех специальностей

Редактор Т.Н. Крюкова

Подписано в печать
Бумага
Уч. – изд.л. 1,6.

Печать офсетная
Тираж 120 экз.

Формат 60x84 1/16
Усл.печ.л.
Заказ

Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

Отпечатано в БГУИР. Лицензия ЛП №156. 220027, Минск, П.Бровки, 6