

Министерство образования Республики Беларусь

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Кафедра производственной и экологической безопасности

А.И. Навоша А.И. Машкович

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ ПРОМЫШЛЕННОГО
ОБЪЕКТА В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Методическое пособие

для практических занятий по дисциплине

«Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных
ситуациях. Радиационная безопасность»

для студентов всех специальностей

Минск 2000

УДК 628.889 (075.8)

ББК 51.26 Я 73

Навоша А.И., Машкович А.И.

Н 37. Оценка устойчивости работы промышленного объекта в чрезвычайных ситуациях: Метод. пособие для практических занятий по дисциплине «Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность» — Мн.: БГУИР, 2000. 28 с.: ил.

ISBN 985-444-189-X

Методическое пособие содержит инженерную методику оценки устойчивости работы промышленного объекта. Приведены примеры решения задач с использованием изложенных методик и варианты задач для самостоятельной работы студентов. В приложениях приведены все необходимые для решения задач справочные материалы. Пособие используется на практических занятиях по дисциплине «Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность» для студентов всех специальностей.

УДК 628.889 (075.8)

ББК 51.26 Я 73

ISBN 985-444-189-X

© А.И. Навоша,

А.И. Машкович, 2000

1. Понятие об устойчивости работы промышленного объекта

В современных условиях, когда научно–технический прогресс привел к созданию современных средств поражения, роль и значение экономики в особый период возросли еще больше. Чтобы обеспечить нормальное функционирование производства, уменьшить вероятность материальных потерь, следует еще в мирное время разработать и осуществить комплекс различных мероприятий. Эти мероприятия должны быть направлены на повышение устойчивости работы промышленных объектов в особый период.

Под устойчивостью работы промышленного объекта понимают способность его в условиях особого (военного) времени выпускать продукцию в запланированном объеме и номенклатуре, а при получении слабых и средних разрушений—восстанавливать производство в минимальные сроки.

По каким же направлениям ведется работа на промышленных объектах в целях повышения их устойчивости в особое время? Такими направлениями являются:

- обеспечение надежной защиты рабочих и служащих;
- защита основных производственных фондов от поражающих факторов современных средств поражения;
- обеспечение устойчивого снабжения объектов всем необходимым для выпуска продукции;
- подготовка к восстановлению разрушенного производства;
- повышение надежности и оперативности управления производством.

Повышение устойчивости работы объекта достигается заблаговременным проведением комплекса инженерно–технических, технологических и организационных мероприятий. С целью выявления уязвимых мест в работе объекта и выработки наиболее эффективных рекомендаций, направленных на повышение его устойчивости, проводится исследование. В дальнейшем эти рекомендации включаются в план мероприятий по повышению устойчивости работы объекта, который и реализуется. Наиболее трудоемкие работы выполняются заблаговременно. Это строительство защитных сооружений, подземная прокладка коммуникаций и другие. Мероприятия, не требующие длительного времени на их реализацию или выполнение которых в мирное время нецелесообразно, проводятся в период угрозы нападения противника. Организатором и руководителем исследования является руководитель предприятия.

Оценка устойчивости работы промышленного объекта в особый период может быть выполнена при помощи моделирования уязвимости (характер разрушений, пожаров, поражений рабочих и служащих) объекта при воздействии поражающих факторов ядерного взрыва на основе использования результатов расчетных данных.

При этом учитываются следующие положения:

1. Основными поражающими факторами ядерного взрыва являются: ударная волна, световое излучение, проникающая радиация (ПР), радиоактивное заражение (РЗ) и электромагнитный импульс. Поэтому оценивать устойчивость объекта нужно по отношению к каждому из поражающих факторов.

2. При взрыве могут возникнуть вторичные поражающие факторы: пожары, взрывы, заражения сильнодействующими ядовитыми веществами и другие. Они также должны учитываться при оценке устойчивости работы объекта.

3. Ядерные взрывы можно рассматривать как случайные события. Поэтому объективная оценка последствий ядерных взрывов может быть проведена на основании законов теории вероятностей. Так, при определении максимальных значений параметров поражающих факторов ядерного взрыва необходимо исходить из того, что попадание ядерных боеприпасов в цель подчиняется закону рассеяния. Согласно этому закону центры ядерных взрывов отклоняются, рассеиваются от точки прицеливания.

4. Промышленный объект состоит из зданий, сооружений, коммуникаций и других элементов. Элементы объекта обычно не являются равнопрочными. Их сопротивляемость воздействию поражающих факторов ядерного взрыва различна: одни разрушаются больше, другие — меньше или остаются неповрежденными. Кроме того, элементы различаются по эксплуатационным свойствам. Таким образом, устойчивость объекта в целом определяется устойчивостью каждого элемента в отдельности.

5. На каждом объекте имеются главные, второстепенные и вспомогательные элементы. В обеспечении функционирования объектов второстепенные и вспомогательные элементы могут играть немаловажную роль. Поэтому анализ уязвимости объекта предполагает обязательную оценку роли и значения каждого элемента, от которого в той или иной мере зависит функционирование предприятия.

6. Решая вопросы защиты и повышения устойчивости объекта, необходимо соблюдать принцип равной устойчивости ко всем поражающим факторам ядерного взрыва. Принцип равной устойчивости заключается в необходимости доведения защиты зданий, сооружений и оборудования объекта до такого целесообразного уровня, при котором выход из строя от поражающих факторов может возникнуть на одинаковом расстоянии от центра или эпицентра взрыва. Нецелесообразно, например, повышать устойчивость здания к воздействию светового излучения, если здание находится на таком расстоянии от эпицентра взрыва, на котором под действием ударной волны происходит его сильное разрушение.

Рассмотрим методику оценки устойчивости работы объекта к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного излучения. Другие факторы учитывать не будем из-за ограниченности времени.

Ударная волна поражает людей, разрушает или повреждает здания, сооружения, оборудование, технику и имущество. При воздействии ударной волны на людей она вызывает травмы различной степени. Причиной поражения является избыточное давление или косвенное поражение людей предметами, перемещающи-

мися под воздействием скоростного напора.

При воздействии ударной волны здания, оборудование, коммунально-энергетические сети объекта могут быть разрушены в различной степени. Разрушения принято делить на слабые, средние и сильные.

В качестве количественного показателя устойчивости объекта к воздействию ударной волны принимается значение избыточного давления (ΔP_{ϕ}), при котором здания, сооружения и оборудование объекта сохраняются или получают слабые или средние разрушения. Это значение избыточного давления принято считать пределом устойчивости объекта к ударной волне ($\Delta P_{\phi \text{ lim}}$). Оценка устойчивости объекта к воздействию ударной волны сводится к определению $\Delta P_{\phi \text{ lim}}$. Для оценки необходимы следующие исходные данные: местоположение точки прицеливания; удаление объекта от точки прицеливания (R_{Γ}); ожидаемая мощность боеприпаса (q); вероятное максимальное отклонение центра взрыва от точки прицеливания ($R_{\text{отк}}$); характеристика объекта и его элементов.

Оценка производится в следующей последовательности:

1. Определяется максимальное значение избыточного давления ударной волны ($\Delta P_{\phi \text{ max}}$), ожидаемое на объекте при ядерном взрыве. Если известно удаление объекта от точки прицеливания (R_{Γ}), то расстояние от объекта до ближайшего вероятного центра взрыва R_x можно вычислить по формуле

$$R_x = R_{\Gamma} - R_{\text{отк}} \quad (1)$$

По прил. 1 находится избыточное давление для боеприпаса мощностью q на расстоянии R_x до центра взрыва при заданном виде взрыва. Найденное значение и будет максимальным ($\Delta P_{\phi \text{ max}}$), поскольку оно соответствует случаю, когда центр взрыва окажется на минимальном удалении от объекта.

2. Выделяются основные элементы на объекте, от которых зависит функционирование объекта и выпуск необходимой продукции. Для этого надо знать специфику производства, объем и характер задач военного времени, особенности технологического процесса, структуру производственных связей. На основе анализа выявляются основные цехи, участки производства, системы объекта, которые могут быть не только среди главных, но и среди второстепенных и вспомогательных элементов. Результаты оценки заносятся в табл. 2.1.

3. Определяется предел устойчивости к ударной волне каждого элемента — избыточное давление, приводящее к такой степени разрушения элемента, при которой возможно его восстановление силами объекта. Обычно это может быть в случае, если элемент цеха получит среднюю степень разрушения. Причем если элемент может получить данную степень разрушения в определенном диапазоне избыточных давлений, то за предел устойчивости берется нижняя граница диапазона. Например, если здание цеха может получить средние разрушения при избы-

точных давлениях $0,2 - 0,3 \text{ кгс/см}^2$, то за предел устойчивости берется $\Delta P_{\phi \text{ lim}} = 0,2 \text{ кгс/см}^2$. При этом избыточном давлении элемент в любом случае получит не более чем средние разрушения. Определение предела устойчивости объекта к воздействию ударной волны производится по минимальному пределу устойчивости входящих в его состав основных цехов, участков производства и систем.

4. Заключение об устойчивости объекта к ударной волне производится путем сравнения найденного предела устойчивости объекта $\Delta P_{\phi \text{ lim}}$ с ожидаемым максимальным значением избыточного давления. Если окажется, что $\Delta P_{\phi \text{ lim}} \geq \Delta P_{\phi \text{ max}}$, то объект устойчив к ударной волне, если же $\Delta P_{\phi \text{ lim}} < \Delta P_{\phi \text{ max}}$ — неустойчив.

5. На основе анализа результатов оценки устойчивости делаются выводы и предложения по каждому цеху, участку и объекту в целом; разрабатываются предложения по повышению предела устойчивости объекта. Целесообразным пределом повышения устойчивости может считаться значение избыточного давления (ΔP_{ϕ}), вызывающее такую степень и характер разрушений на объекте, при которых восстановление его будет реальным. Предел устойчивости объекта необходимо повышать до $\Delta P_{\phi \text{ max}}$. Однако если придется при этом повышать пределы устойчивости многих элементов, что потребует значительных экономических затрат, то целесообразный предел необходимо уменьшить.

Поражающее действие светового излучения определяется поглощенной частью светового импульса. Световое излучение, воздействуя на незащищенных людей, вызывает ожоги открытых участков тела и поражает глаза. Воздействие светового излучения на здания и сооружения объекта проявляется в возникновении пожаров. На предприятиях могут образовываться отдельные и сплошные пожары, а также горения и тления в завалах. В качестве показателя устойчивости объекта к воздействию светового излучения принимается минимальное значение светового импульса, при котором может произойти воспламенение материалов или конструкций зданий и сооружений, в результате чего возникнут пожары на объекте. Это значение принято считать пределом устойчивости объекта к воздействию светового излучения $U_{\text{св. lim}}$.

Оценка уязвимости объекта при воздействии светового излучения начинается с определения максимального значения светового импульса ($U_{\text{св. max}}$) и значения максимального избыточного давления $\Delta P_{\phi \text{ max}}$, ожидаемых на объекте. Для оценки необходимы следующие исходные данные: характеристика зданий и сооружений; вид производства и используемые в технологическом процессе горючие вещества и материалы; вид готовой продукции; ожидаемая степень разрушения зданий и сооружений от воздействия ударной волны.

Оценка производится в следующей последовательности:

1. Определяется максимальное значение светового импульса ($U_{\text{св. max}}$) по прил. 6. Найденное значение необходимо для установления предела повышения противопожарной устойчивости объекта.

2. Определяется степень огнестойкости зданий и сооружений объекта. С этой целью изучается каждое здание и сооружение объекта и определяется, из каких материалов выполнены основные конструкции (части) здания, а также устанавливается предел огнестойкости этих конструкций. Степень огнестойкости определяется по прил. 7. Характеристики здания, результаты оценки заносятся в табл. 2.2.

3. Выявляется категория производства по пожарной опасности. Для этого изучаются характер технологического процесса в здании и виды используемых в производстве материалов и веществ, а также вид готовой продукции. На основании этого по прил. 8 определяется категория производства по пожарной опасности.

4. Выявляются сгораемые материалы. С этой целью изучается каждое здание, производственные установки и выявляется наличие в конструкциях элементов, которые выполнены из сгораемых материалов. Затем по прил. 9 определяется величина светового импульса, при которой воспламеняются сгораемые материалы.

На основании полученных данных определяется предел устойчивости объекта к световому излучению. Объект считается устойчивым, если при ожидаемом максимальном световом импульсе не загораются какие-либо элементы или материалы, т. е. при условии, что $U_{\text{св. lim}} \geq U_{\text{св. max}}$.

5. На основании анализа результатов оценки делаются выводы и предложения в целом; разрабатываются предложения по повышению предела устойчивости объекта к световому излучению. Повышение устойчивости объекта сводится в конечном итоге к замене легковоспламеняющихся материалов конструкций зданий материалами, воспламеняющимися при более высоком световом импульсе.

Воздействие проникающей радиации на производственную деятельность предприятия проявляется главным образом через ее действие на людей. Поражение людей проникающей радиацией зависит от дозы облучения. В зависимости от полученной организмом человека дозы облучения различают четыре степени лучевой болезни. Такое же воздействие на производственную деятельность предприятия оказывает и радиоактивное заражение. Однако в отличие от проникающей радиации, действующей в течение нескольких секунд, гамма-излучение на местности, зараженной радиоактивными веществами, действует на организм более продолжительное время. Практически не приводят к существенному снижению трудоспособности следующие дозы излучения: при однократном облучении (в течение 4 суток) — 50 Р, при многократном облучении (за месяц) — 100 Р, (за 3 месяца) — 200 Р, (за год) — 300 Р.

За критерий устойчивости промышленного объекта в условиях воздействия проникающей радиации и радиоактивного заражения принимается допустимая

(установленная) доза облучения, которую могут получить люди за время работы смены в конкретных условиях. Это значение принято считать пределом устойчивости объекта в условиях радиоактивного заражения $P1_{lim}$.

Оценка устойчивости объекта к воздействию проникающей радиации и радиоактивного заражения начинается с определения максимального уровня радиации, ожидаемого на объекте. Для оценки необходимы следующие данные: максимальная доза проникающей радиации $D_{пр. max}$ и максимальный уровень радиации на 1 ч после взрыва $P1_{max}$; характеристика производственных участков (конструкция здания, этажность, месторасположение); характеристика убежищ (тип, материал, толщина каждого защитного слоя перекрытия).

Оценка производится в следующей последовательности:

1. Определяется максимальное значение уровня радиации, ожидаемого на объекте, находящемся на заданном расстоянии R_x от точки прицеливания. По прил. 2 при заданной скорости ветра V_v и R_x находится ожидаемое значение уровня радиации на 1 ч после взрыва $P1_{max}$. По прил. 3 для заданных q и R_x находится доза проникающей радиации $D_{пр. max}$.

2. Определяется степень защищенности рабочих и служащих зданием и убежищем, в которых будет работать или укрываться производственный персонал. Значения коэффициентов ослабления для основных типов зданий и сооружений приведены в прил. 10, при этом отдельно от радиоактивного заражения ($K_{осл.зд.рз}$) и проникающей радиации ($K_{осл.зд.пр}$).

Коэффициент ослабления убежища зависит от его типа (встроенное или отдельно стоящее), толщины материала перекрытия, места расположения и рассчитывается по формуле

$$K_{осл} = K_p \cdot \prod_{i=1}^n 2^{\frac{h_i}{d_i}}, \quad (2)$$

где K_p — коэффициент, учитывающий расположение объекта, определяется по прил. 4;

n — число защитных слоев материалов перекрытия защитного сооружения;

h_i — толщина i -го защитного слоя;

d_i — толщина слоя половинного ослабления, определяется по прил. 5, см.

Данные расчетов заносятся в табл. 2.3.

3. Определяются дозы излучения, которые может получить производственный персонал при воздействии проникающей радиации и радиоактивного заражения. Доза облучения, которую могут получить рабочие и служащие объекта, определяется с учетом ослабления радиации конструкциями здания по формуле

$$D = \frac{D_{\text{откр}}}{K_{\text{осл}}}, \quad (3)$$

где $D_{\text{откр}}$ — доза облучения, которую могут получить люди на открытой местности.

Доза проникающей радиации на открытой местности $D_{\text{откр.пр}}$ определяется по прил. 3.

Доза облучения при воздействии радиоактивного заражения на открытой местности определяется по формуле

$$D_{\text{откр.рз}} = 5 \cdot (P_{\text{н}} \cdot t_{\text{н}} - P_{\text{к}} \cdot t_{\text{к}}), \quad (4)$$

где $P_{\text{н}}$ и $P_{\text{к}}$ — уровни радиации в начале и в конце пребывания на зараженной местности, Р/ч;

$t_{\text{н}}$ и $t_{\text{к}}$ — время начала и окончания облучения относительно момента взрыва, ч

Уровень радиации в конце пребывания на зараженной местности определяется из соотношения

$$P_{\text{к}} = \frac{P_{1\text{max}}}{K}, \quad (5)$$

где K — коэффициент пересчета уровней радиации, определяемый по прил. 11.

Время окончания облучения ($t_{\text{к}}$) равно сумме времени начала и продолжительности работы ($t_{\text{р}}$), т. е.

$$t_{\text{к}} = t_{\text{н}} + t_{\text{р}}.$$

4. Определяется предел устойчивости объекта в условиях радиоактивного заражения ($P_{1\text{lim}}$), т. е. предельное значение уровня радиации, при котором возможна производственная деятельность в обычном режиме и персонал не получит дозу облучения, более установленной:

$$P_{1\text{lim}} = \frac{D_{\text{уст}} \cdot K_{\text{осл}}}{5 \cdot (t_{\text{н}}^{-0,2} - t_{\text{к}}^{-0,2})}, \quad (6)$$

где $D_{\text{уст}}$ — допустимая (установленная) доза излучения для работающей смены.

Если $P_{1\text{lim}} < P_{1\text{max}}$, то объект неустойчив к радиоактивному заражению, и наоборот.

5. На основании полученных данных делаются выводы и предложения по повышению устойчивости (герметизация производственных помещений, повышение защитных свойств убежищ и укрытий и другие).

2. Примеры решения задач по оценке устойчивости промышленного объекта

Задача 1.

Оценить устойчивость сборочного цеха машиностроительного завода к воздействию ударной волны ядерного взрыва. Завод расположен на расстоянии 5,5 км от вероятной точки прицеливания, ожидаемая мощность ядерного боеприпаса $q = 0,5 \text{ Мт}$; взрыв наземный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{\text{отк}} = 1,1 \text{ км}$. Характеристика цеха: здание одноэтажное, кирпичное; перекрытия из железобетонных плит; технологическое оборудование включает мостовые краны и крановое оборудование, тяжелые станки; коммунально-энергетическая сеть (КЭС) состоит из системы подачи воздуха для пневмоинструмента (трубопроводы на металлических эстакадах) и кабельной наземной электросети.

Решение.

1. Определяем максимальное значение избыточного давления, ожидаемого на территории завода. Для этого находим минимальное расстояние до возможного центра взрыва по формуле (1)

$$R_x = R_r - R_{\text{отк}} = 5,5 - 1,1 = 4,4 \text{ км}.$$

2. По прил. 1 находим избыточное давление $\Delta P_{\text{ф max}}$ на расстоянии 4,4 км для боеприпаса мощностью $q = 0,5 \text{ Мт}$ при наземном взрыве. Оно составляет $\Delta P_{\text{ф max}} = 0,3 \text{ кгс/см}^2$.

3. Выделяем основные элементы цеха и определяем их характеристики. Характеристики берем из задания и записываем в сводную табл. 2.1.

4. По прил. 12 находим для каждого элемента цеха $\Delta P_{\text{ф}}$, вызывающие слабые, средние и сильные разрушения. Эти данные отражаем в табл. 2.1 условными знаками.

5. Находим предел устойчивости каждого элемента цеха, т. е. избыточное давление, вызывающее средние разрушения. Так, здание имеет предел устойчивости к ударной волне $0,2 \text{ кгс/см}^2$, станки тяжелые — $0,4 \text{ кгс/см}^2$ и т. д.

6. Определяем предел устойчивости цеха в целом по минимальному пределу устойчивости входящих в его состав элементов. Сопоставляя пределы устойчивости всех элементов цеха, находим, что предел устойчивости сборочного цеха $\Delta P_{\text{ф lim}} = 0,2 \text{ кгс/см}^2$.

7. Анализируем результаты оценки и делаем выводы и предложения по повышению устойчивости цеха к ударной волне.

Таблица 2.1

Результаты оценки устойчивости цеха к воздействию ударной волны

Элементы цеха и краткая характеристика	Степень разрушения при ΔP_{ϕ} , кгс/см ²									Предел устойчив., кгс/см ²
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
Здание: одноэтажное, кирпичное; перекрытия из железобетонных плит										0,2
Внутреннее оборудование: мостовые краны, крановое оборудование; тяжелые станки										0,3
										0,4
КЭС: воздуховоды на металлических эстакадах, кабельная наземная электросеть										0,3
										0,3

Примечания: 1. Предел устойчивости цеха 0,2 кгс/см².

2. Условные обозначения:  — слабые разрушения;
 — средние разрушения;  — сильные разрушения.



Выводы.

1. На территории цеха вероятное максимальное избыточное давление может составлять $\Delta P_{\text{ф max}} = 0,3 \text{ кгс/см}^2$, а предел устойчивости цеха к ударной волне — $0,2 \text{ кгс/см}^2$, что меньше $\Delta P_{\text{ф max}}$, и, следовательно, цех неустойчив к ударной волне; наиболее слабый элемент — здание цеха.

2. Так как ожидаемое максимальное избыточное давление ударной волны $0,3 \text{ кгс/см}^2$, а предел устойчивости большинства элементов цеха более $0,3 \text{ кгс/см}^2$, то целесообразно повысить предел устойчивости цеха до $0,3 \text{ кгс/см}^2$.

3. Для повышения устойчивости цеха к ударной волне необходимо: повысить устойчивость здания цеха устройством подкосов, дополнительных рамных конструкций, обваловкой здания.

Задача 2. Определить устойчивость механического цеха машиностроительного завода к воздействию светового излучения ядерного взрыва. Завод располагается на расстоянии 6 км от центра города, по которому вероятен ядерной воздушный удар; ожидаемая мощность ядерного боеприпаса $q = 0,5 \text{ Мт}$, вероятное максимальное отклонение эпицентра взрыва от точки прицеливания $R_{\text{отк}} = 0,8 \text{ км}$. Здание цеха: одноэтажное, кирпичное, предел огнестойкости стен 2,5 ч; чердачное перекрытие из железобетонных плит с пределом огнестойкости 1 ч; кровля мягкая (только по деревянной обрешетке); двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет; в цехе ведется обточка и фрезеровка деталей машин.

Решение. 1. Определяем максимальные значения избыточного давления ударной волны ($\Delta P_{\text{ф max}}$) и светового импульса ($U_{\text{св. max}}$). Для этого находим вероятное минимальное расстояние до возможного центра взрыва по формуле

$$R_x = R_r - R_{\text{отк}} = 6 - 0,8 = 5,2 \text{ км}.$$

2. По прил. 1 находим максимальное избыточное давление $\Delta P_{\text{ф max}} = 0,25 \text{ кгс/см}^2$, а по прил. 6 — максимальный световой импульс $U_{\text{св. max}} = 30 \text{ кал/см}^2$.

3. Определяем степень огнестойкости здания цеха. Для этого изучаем его характеристику из условий примера; выбираем данные о материалах, из которых выполнены основные конструкции здания, и определяем предел их огнестойкости. По прил. 7 находим, что по указанным в условиях примера параметрам здание цеха относится ко II степени огнестойкости. Результаты оценки, а также характеристики здания и его элементов заносим в табл. 2.2.

Результаты оценки устойчивости цеха к воздействию
светового излучения

I	II	III	IV	V	VI	VII
Здание одноэтажное, кирпичное; перекрытия из ж/б плит; предел огнестойк. несущих стен 2,5 ч, перекрытий — 1 ч	II	Д	Двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет. Кровля толевая по деревянной обрешетке.	7,5 15,5	7,5	Средние

Примечание: I — элемент объекта; II — степень огнестойкости здания; III — категория пожарной опасности производства; IV — возгораемые элементы (материалы) в здании и их характеристика; V — величина светового импульса, вызывающая воспламенение сгораемых элементов, $\text{кал}/\text{см}^2$; VI — предел устойчивости здания к световому излучению, $\text{кал}/\text{см}^2$; VII — разрушения зданий при $\Delta P_{\text{ф max}}$.

4. Определяем категорию пожарной опасности производства. В цехе производство связано с обработкой металлов в холодном состоянии. Горючие материалы не применяются, поэтому в соответствии с прил. 8 механический цех завода относится к категории Д.

5. Выявляем в конструкциях здания элементы, выполненные из сгораемых материалов, и изучаем их характеристики. Такими элементами являются: двери и оконные рамы, выполненные из дерева и окрашенные в темный цвет; кровля толевая по деревянной обрешетке.

По прил. 9 деревянные двери и оконные рамы воспламеняются от светового импульса $U_{\text{св}} = 7,5 \text{ кал}/\text{см}^2$, толевая кровля — $15,5 \text{ кал}/\text{см}^2$.

6. Определяем предел устойчивости цеха к световому излучению по минимальному световому импульсу. Пределом устойчивости цеха к световому излучению является $U_{\text{св.lim}} = 7,5 \text{ кал}/\text{см}^2$. Так как $U_{\text{св.lim}} < U_{\text{св.max}}$, то цех неустойчив к световому излучению.

7. Определяем степень разрушения здания цеха от ударной волны при ожидаемом максимальном избыточном давлении по прил. 12. При $\Delta P_{\text{ф max}} = 0,25 \text{ кгс}/\text{см}^2$ здание цеха (одноэтажное, кирпичное) получит средние разрушения.

Выводы. 1. На объекте ожидается максимальный световой импульс $30 \text{ кал}/\text{см}^2$, что вызовет сложную пожарную обстановку. Цех завода окажется в зоне сплошного пожара.

2. Цех завода неустойчив к световому излучению. Предел устойчивости цеха $7,5 \text{ кал/см}^2$.

3. Пожарную опасность для цеха представляют двери, оконные рамы и переплеты, выполненные из дерева и окрашенные в темный цвет, а также толевая кровля по деревянной обрешетке.

4. Целесообразно повысить предел устойчивости механического цеха, проводя следующие мероприятия: заменить деревянные оконные рамы и переплеты металлическими; обить двери кровельной сталью; заменить кровлю здания цеха асбоцементной; провести в цехе профилактические противопожарные меры (увеличить количество средств пожаротушения, своевременно убирать производственный мусор в здании цеха и на его территории).

Задача 3. Оценить устойчивость работы сборочного цеха машиностроительного завода к воздействию проникающей радиации и радиоактивного заражения наземного ядерного взрыва. Завод расположен на окраине города; удаление объекта от точки прицеливания 9 км , ожидаемая мощность ядерного боеприпаса $q = 0,5 \text{ Мт}$; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{\text{отк}} = 1 \text{ км}$. Скорость ветра $V_{\text{в}} = 50 \text{ км/ч}$. Направление — в сторону объекта. Здание цеха одноэтажное, кирпичное, расположено в районе застройки; убежище для укрытия рабочих цеха встроенное (в здании цеха); перекрытие из железобетона толщиной 40 см и грунтовая подушка 25 см ; максимальная продолжительность рабочей смены 12 ч ; установленная доза облучения ($D_{\text{уст}}$) 25 Р .

Решение. 1. Определяем максимальное значение уровня радиоактивного заражения и дозы проникающей радиации, ожидаемых на территории завода, для чего:

а) рассчитываем возможное минимальное расстояние от объекта эпицентра взрыва по формуле (1):

$$R_x = R_r - R_{\text{отк}} = 9 - 1 = 8 \text{ км};$$

б) по прил. 2 при $q = 0,5 \text{ Мт}$, $R_x = 8 \text{ км}$ находим ожидаемое значение уровня радиации на объекте на 1 ч после взрыва $P_{1\text{max}} = 6900 \text{ Р/ч}$;

в) по прил. 3 определяем максимальную дозу проникающей радиации $D_{\text{пр}}$, ожидаемую на объекте: $D_{\text{пр}} = 0$.

Таким образом, на территории цеха максимальный уровень радиации радиоактивного заражения составит 6900 Р/ч . Действия проникающей радиации в районе цеха не ожидается.

2. Определяем коэффициенты ослабления дозы излучения зданием и убежищем, для чего:

а) по прил. 10 находим коэффициенты ослабления для здания цеха от радиоактивного заражения и проникающей радиации по данным характеристикам зда-

ния цеха. Для производственного одноэтажного здания $K_{\text{осл.зд.рз}} = 7$, а $K_{\text{осл.зд.пр}} = 5$;

б) рассчитываем коэффициенты ослабления дозы облучения убежищем отдельно для радиоактивного заражения и проникающей радиации по следующим исходным данным: перекрытие убежища состоит из слоя бетона $h_1 = 40$ см и слоя грунта $h_2 = 25$ см; слои половинного ослабления материалов от радиоактивного заражения находим по прил. 5. Они составляют: от радиоактивного заражения для бетона — $d_1 = 5,7$ см, для грунта $d_2 = 8,1$ см;

в) по прил. 4 находим коэффициент K_p , учитывающий условия расположения убежища ($K_p = 8$ для убежища, встроенного в районе застройки).

Рассчитываем коэффициент ослабления дозы облучения убежищем для РЗ по формуле (2):

$$K_{\text{осл.уб.рз}} = K_p \cdot \prod_{i=1}^n 2^{\frac{h_i}{d_i}} = 8 \cdot 2^{40/5,7} \cdot 2^{25/8,1} = 8719$$

Коэффициент ослабления проникающей радиации рассчитываем по тем же данным, что и для РЗ, за исключением слоев половинного ослабления, которые составляют для бетона $d_1 = 10$ см, для грунта $d_2 = 14,4$ см:

$$K_{\text{осл.уб.пр}} = K_p \cdot \prod_{i=1}^n 2^{\frac{h_i}{d_i}} = 8 \cdot 2^{40/10} \cdot 2^{25/14,4} = 426$$

Данные расчета заносим в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Результаты оценки устойчивости цеха к воздействию проникающей радиации и радиоактивного заражения

Элемент цеха	Характеристика	K _{осл.}		Доза облучения, Р	
		от ПР	от РЗ	от ПР	от РЗ
1	2	3	4	5	6
Здание цеха	Одноэтажное, кирпичное в районе застройки	5	7	—	1920
Убежище	Встроенное в здание цеха. Перекрытие: бетон толщиной 40 см, грунт слоем 25 см	426	8719	—	1,5

3. Определяем дозу облучения, которую могут получить рабочие, находясь в здании и убежище, за рабочую смену ($t_p = 12$ ч).

Доза облучения в условиях РЗ в здании цеха рассчитывается по формулам (3 – 5):

$$D_{\text{зд.рз}} = \frac{D_{\text{откр}}}{K_{\text{осл.зд.рз}}} = \frac{5 \cdot (P_n \cdot t_n - P_k \cdot t_k)}{K_{\text{осл.зд.рз}}} = \frac{5 \cdot 6900 \cdot 1 - 5 \cdot 324 \cdot 13}{7} = 1920 \text{ Р},$$

так как $P_k = \frac{P_1}{K} = \frac{6900}{21,71} = 324 \text{ Р/ч}$,

(коэффициент K находим по прил. 11), $t_k = t_n + t_p = 1 + 12 = 13$ ч.

Так как для убежища коэффициент ослабления радиации от РЗ равен 8719, то доза облучения в убежище составит

$$D_{\text{зд.рз}} = \frac{D_{\text{откр}}}{K_{\text{осл.уб.рз}}} = \frac{5 \cdot (P_n \cdot t_n - P_k \cdot t_k)}{K_{\text{осл.уб.рз}}} = \frac{5 \cdot 6900 \cdot 1 - 5 \cdot 324 \cdot 13}{8719} = 1,5 \text{ Р}.$$

Доза облучения от проникающей радиации на объекте равна 0 (см. п. 1).

4. Определяем предел устойчивости работы объекта в условиях РЗ по формуле (6):

$$P_{1\text{lim}} = \frac{D_{\text{уст}} \cdot K_{\text{осл}}}{5 \cdot (t_n^{-0,2} - t_k^{-0,2})} = \frac{25 \cdot 7}{5 \cdot (1^{-0,2} - 13^{-0,2})} = \frac{175}{5 \cdot (1 - 0,6)} = 87 \text{ Р/ч}.$$

Так как $P_{1\text{lim}} < P_{1\text{max}}$, то объект неустойчив к радиоактивному заражению.

Выводы. 1. На территории объекта максимальный уровень радиации может составлять 6900 Р/ч на 1 ч после взрыва. Действие проникающей радиации маловероятно.

2. Сборочный цех неустойчив к воздействию РЗ. Защитные свойства здания цеха не обеспечивают непрерывности работы в течение 12 ч. В условиях максимального уровня радиации рабочие получают дозу 1920 Р, что значительно больше допустимой однократной дозы облучения (50 Р).

3. Убежище цеха обеспечивает надежную защиту, доза облучения в нем составит 1,5 Р.

4. Для повышения устойчивости работы цеха в условиях РЗ необходимо провести следующие мероприятия:

а) повысить степень герметизации здания цеха, для чего: обеспечить плотное закрытие окон и дверей; подготовить щиты для закрытия оконных проемов при разрушении остекления; предусмотреть закладку кирпичом одной трети оконных проемов;

б) разработать режимы радиационной защиты людей и оборудования цеха в

условиях РЗ местности.

3. Варианты задач для самостоятельной работы

Задача 1. Оценить устойчивость узла связи к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядерного взрыва. Узел связи расположен на расстоянии (R_r) 4,8 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность боеприпаса $q = 0,3 \text{ Мт}$; взрыв наземный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{\text{отк}} = 1,2 \text{ км}$. Здание узла связи одноэтажное кирпичное; предел огнестойкости несущих стен из негорючих материалов 2,5 ч, перекрытие из железобетонных плит с пределом стойкости 1 ч; кровля мягкая (рубероид по деревянной обрешетке); двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет.

Внутреннее оборудование: воздушные линии телефонно–телеграфной связи и кабельные наземные линии связи. Коммунально–энергетические системы: кабельная наземная электросеть; водо– и газопроводы заглубленные. На узле связи ведется проверка и ремонт радиоаппаратуры.

Рабочих и служащих узла связи предполагается укрывать в отдельно стоящем убежище в районе застройки, перекрытие которого из железобетона толщиной 30 см и грунтовой подушки 20 см, максимальная продолжительность рабочей смены 10 ч; допустимая доза облучения 25 Р; скорость ветра 50 км/ч, направление — в сторону узла связи.

Задача 2. Оценить устойчивость цеха к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядерного взрыва. Цех расположен на расстоянии (R_r) 4,7 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность боеприпаса $q = 0,5 \text{ Мт}$; взрыв воздушный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{\text{отк}} = 0,5 \text{ км}$. Здание цеха с легким металлическим каркасом; предел огнестойкости несущих стен из негорючих материалов 2 ч, перекрытие сгораемое; кровля — черепица красная; двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет.

Внутреннее оборудование: магнитные пускатели и ленточный конвейер в галерее на железобетонной эстакаде. Коммунально–энергетические системы: трансформаторная подстанция закрытого типа и трубопроводы на металлических эстакадах. В цехе ведется сборка и настройка радиоаппаратуры.

Рабочих и служащих цеха предполагается укрывать во встроенном внутри цеха убежище, перекрытие которого состоит из кирпича толщиной 60 см и грунтовой подушки 30 см; максимальная продолжительность рабочей смены 12 ч; допустимая доза облучения 20 Р; скорость ветра 25 км/ч, направление — в сторону

цеха.

Задача 3. Оценить устойчивость цеха к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядерного взрыва. Цех расположен на расстоянии (R_r) 4,2 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность ядерного боеприпаса $q = 0,2$ Мт; взрыв наземный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 1,2$ км. Здание цеха из сборного железобетона; предел огнестойкости несущих стен из негорючих материалов 3 ч; перекрытие из железобетонных плит с пределом огнестойкости 1 ч; кровля мягкая (только по деревянной обрешетке); двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет.

Внутреннее оборудование: контрольно-измерительная аппаратура; подъемно-транспортное оборудование. Коммунально-энергетические системы: сооружения коммунального хозяйства без ограждающих конструкций и трубопроводы, заглубленные на 20 см. В цехе ведется сборка электродвигателей и проверка их работоспособности.

Рабочих и служащих предполагается укрывать во встроенном отдельно стоящем убежище, перекрытие которого состоит из кирпичной кладки толщиной 50 см и грунтовой подушки 40 см; максимальная продолжительность рабочей смены 11 ч; допустимая доза облучения 30 Р; скорость ветра 50 км/ч, направление — в сторону цеха.

Задача 4. Оценить устойчивость цеха к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядерного взрыва. Цех расположен на расстоянии (R_r) 6 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность ядерного боеприпаса $q = 0,5$ Мт; взрыв наземный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 0,5$ км. Здание цеха с металлическим каркасом и бетонным заполнением; предел огнестойкости несущих стен 3 ч; перекрытие из железобетонных плит с пределом огнестойкости 1 ч; кровля — черепица красная; двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в белый цвет.

Внутреннее оборудование: контрольно-измерительная аппаратура и ленточные конвейеры в галерее на железобетонной эстакаде. Коммунально-энергетические системы: трансформаторная подстанция закрытого типа и кабельные наземные линии. В цехе ведется сборка ЭВМ и их настройка.

Рабочих и служащих предполагается укрывать во встроенном внутри здания убежище, перекрытие которого состоит из слоя бетона толщиной 30 см и грунтовой подушки — 40 см; максимальная продолжительность рабочей смены 9 ч; допустимая доза облучения 25 Р; скорость ветра 25 км/ч, направление — в сторону завода.

Задача 5. Оценить устойчивость цеха к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядерного

взрыва. Цех расположен на расстоянии (R_r) 3,8 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность ядерного боеприпаса $q = 0,2$ Мт; взрыв наземный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 0,8$ км. Здание цеха кирпичное двухэтажное; предел огнестойкости несущих стен 2,5 ч; чердачные перекрытия из сгораемых материалов; кровля — черепица красная; двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет.

Внутреннее оборудование: станки тяжелые, краны и крановое оборудование. Коммунально-энергетические системы: трубопроводы, заглубленные на 20 см и трансформаторная подстанция закрытого типа. В цехе ведется сборка и настройка тяжелых станков.

Рабочих и служащих предполагается укрывать во встроенном внутри здания убежище, перекрытие которого состоит из слоя бетона толщиной 39,9 см и грунтовой подушки — 24,3 см; максимальная продолжительность рабочей смены 10 ч; допустимая доза облучения 30 Р; скорость ветра 25 км/ч, направление — в сторону цеха.

Задача 6. Оценить устойчивость цеха к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядерного взрыва. Цех расположен на расстоянии (R_r) 8,4 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность боеприпаса $q = 1$ Мт; взрыв воздушный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 0,9$ км. Здание цеха одноэтажное с легким металлическим каркасом и стеновым бетонным заполнением; предел огнестойкости несущих стен из негорючих материалов 2,5 ч, перекрытия из трудносгораемых материалов с пределом стойкости 0,25 ч; кровля мягкая (рубероид по деревянной обрешетке); двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет.

Внутреннее оборудование: трансформаторы от 100 до 1000 кВ и магнитные пускатели. Коммунально-энергетические системы: кабельные наземные линии и контрольно-измерительная аппаратура. В цехе ведется сборка электродвигателей.

Рабочих и служащих цеха предполагается укрывать в отдельно стоящем в районе застройки убежище, перекрытие которого состоит из кирпича толщиной 40,5 см и грунтовой подушки — 56,7 см, максимальная продолжительность рабочей смены 12 ч; допустимая доза облучения 35 Р; скорость ветра 50 км/ч, направление — в сторону цеха.

Задача 7. Оценить устойчивость цеха к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядерного взрыва. Цех расположен на расстоянии (R_r) 5 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность боеприпаса $q = 0,5$ Мт; взрыв наземный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 0,6$ км. Здание цеха одноэтажное кирпичное; предел огнестойкости несущих

стен из трудносгораемых материалов 0,5 ч; чердачные перекрытия из сгораемых материалов; кровля — черепица красная; двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет.

Внутреннее оборудование: электродвигатели мощностью от 2 до 10 кВт и подъемно-транспортное оборудование. Коммунально-энергетические системы: кабельные наземные линии и сети коммунального хозяйства (водопровод, газопровод) заглубленные. В цехе ведется сборка электродвигателей мощностью до 10 кВт.

Рабочих и служащих цеха предполагается укрывать во встроенном внутри производственного комплекса убежище, перекрытие которого состоит из кирпичной кладки толщиной 26,1 см и грунтовой подушки — 48,6 см, максимальная продолжительность рабочей смены 11 ч; допустимая доза облучения 30 Р; скорость ветра 25 км/ч, направление — в сторону цеха.

Задача 8. Оценить устойчивость цеха к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядерного взрыва. Цех расположен на расстоянии (R_r) 5 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность боеприпаса $q = 0,3$ Мт; взрыв наземный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 1$ км. Здание цеха с легким металлическим каркасом; предел огнестойкости несущих стен из несгораемых материалов 3 ч; перекрытия из несгораемых материалов — 1 ч; кровля мягкая (только по деревянное обрешетке); двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет.

Внутреннее оборудование: станки средние и ленточный конвейер в галерее на железобетонной эстакаде. Коммунально-энергетические системы: трубопроводы на железобетонных эстакадах и сооружения коммунального хозяйства без ограничивающих конструкций. В цехе ведется сборка и настройка средних станков.

Рабочих и служащих цеха предполагается укрывать во встроенном убежище в отдельно стоящем здании; перекрытие убежища состоит из кладки бутовой толщиной 27 см и грунтовой подушки — 32,4 см, максимальная продолжительность рабочей смены 10 ч; допустимая доза облучения 35 Р; скорость ветра 50 км/ч, направление — в сторону цеха.

Задача 9. Оценить устойчивость узла связи к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядерного взрыва. Узел связи расположен на расстоянии (R_r) 4,2 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность боеприпаса $q = 0,3$ Мт; взрыв наземный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 0,6$ км. Здание узла связи с легким металлическим каркасом; предел огнестойкости несущих стен 2,5 ч, перекрытие из несгораемых материалов с пределом стойкости 0,25 ч; кровля мягкая (рубероид по деревянной обрешетке); двери и

оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет.

Внутреннее оборудование: магнитные пускатели и контрольно–измерительная аппаратура. Средства связи: радиостанции и воздушные линии телефонно–телеграфной связи.

Обслуживающий персонал предполагается укрывать в отдельно стоящем убежище вне района застройки; перекрытие убежища состоит из утрамбованной глины толщиной 25,2 см и грунтовой подушки — 40,5 см, максимальная продолжительность рабочей смены 12 ч; допустимая доза облучения 40 Р; скорость ветра 50 км/ч, направление — в сторону узла связи.

Задача 10. Оценить устойчивость цеха к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядерного взрыва. Цех расположен на расстоянии (R_r) 5 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность боеприпаса $q = 0,5$ Мт; взрыв воздушный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 0,8$ км. Здание цеха из сборного железобетона; предел огнестойкости несущих стен из трудносгораемых материалов 2,5 ч; перекрытия из трудносгораемых материалов — 0,25 ч; кровля — черепица красная; двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет.

Внутреннее оборудование: ленточный конвейер в галерее на железобетонной эстакаде. Средства связи: радиостанции и радиорелейные линии. В цехе проводится сборка и настройка средств радиосвязи.

Рабочих и служащих цеха предполагается укрывать в отдельно стоящем убежище в районе застройки, перекрытие которого состоит из кирпича толщиной 40,5 см и грунтовой подушки — 40,5 см, максимальная продолжительность рабочей смены 11 ч; допустимая доза облучения 30 Р; скорость ветра 25 км/ч, направление — в сторону цеха.

Задача 11. Оценить устойчивость цеха к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядерного взрыва. Цех расположен на расстоянии (R_r) 3,6 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность боеприпаса $q = 0,2$ Мт; взрыв воздушный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 0,7$ км. Здание цеха из сборного железобетона; предел огнестойкости несущих стен из несгораемых материалов 0,5 ч; перекрытия из сгораемых материалов; кровля мягкая (рубероид по деревянной обрешетке); двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет. В цехе ведется сборка ЭВМ.

Внутреннее оборудование: контрольно–измерительная аппаратура и подъемно–транспортное оборудование. Коммунально–энергетические системы: кабельные наземные линии и сети коммунального хозяйства (водопровод, канализация, газопровод) заглубленные.

Рабочих и служащих цеха предполагается укрывать в отдельно стоящем убежище в районе застройки, перекрытие которого состоит из бутовой кладки толщиной 27 см и грунтовой подушки — 32,4 см, максимальная продолжительность рабочей смены 11 ч; допустимая доза облучения 30 Р; скорость ветра 50 км/ч, направление — в сторону цеха.

Задача 12. Оценить устойчивость цеха к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения ядерного взрыва. Цех расположен на расстоянии (R_r) 3,8 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность боеприпаса $q = 0,1$ Мт; взрыв воздушный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 0,6$ км. Здание цеха одноэтажное с металлическим каркасом и стеновым заполнением из листового металла; предел огнестойкости несущих стен из негорючих материалов 0,5 ч; перекрытия из сгораемых материалов; кровля — черепица красная; двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет.

Внутреннее оборудование: магнитные пускатели и трансформаторы от 100 до 1000 кВ. Коммунально-энергетические системы: трубопроводы на металлических эстакадах и сооружения коммунального хозяйства без ограждающих конструкций. В цехе ведется сборка электродвигателей.

Рабочих и служащих цеха предполагается укрывать во встроенном убежище внутри производственного комплекса; перекрытие убежища состоит из бетона толщиной 22,8 см и грунтовой подушки — 24,3 см, максимальная продолжительность рабочей смены 13 ч; допустимая доза облучения 40 Р; скорость ветра 25 км/ч, направление — в сторону цеха.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под устойчивостью работы промышленного объекта?
2. Перечислить факторы, влияющие на повышение устойчивости работы промышленного объекта в особый период?
3. Дать определение очага ядерного поражения и перечислить его поражающие факторы.
4. Пояснить, к чему приводит воздействие ударной волны на организм человека.
5. Рассказать о воздействии ударной волны на промышленные здания и сооружения.
6. Пояснить, к чему приводит воздействие светового излучения на организм человека.
7. Рассказать о способах защиты человека от ударной волны и светового излучения.
8. Пояснить, к чему приводит воздействие проникающей радиации и радиоактивного заражения на организм человека.

9. Рассказать о способах защиты человека от проникающей радиации и радиоактивного заражения.

10. Пояснить, к чему приводит воздействие проникающей радиации и радиоактивного заражения в больших и малых дозах на промышленные здания и сооружения.

Приложение 1

Избыточное давление ударной волны (ΔP_{ϕ}) при различных мощностях боеприпаса и расстояниях до центра взрыва, кгс/см²

Q, кТ	Избыточное давление ΔP_{ϕ} , кгс/см ²							
	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,15	0,1
	Расстояние до эпицентра взрыва, км							
100	1,40	1,60	1,70	2,10	2,60	3,80	4,40	6,50
	1,50	1,70	1,90	2,20	2,50	3,20	3,90	5,20
200	1,60	1,80	1,90	2,50	2,90	4,40	5,50	7,90
	1,80	2,00	2,20	2,60	3,00	3,80	4,90	6,40
300	1,85	2,07	2,27	2,80	3,35	4,95	6,35	9,10
	2,10	2,30	2,55	2,93	3,60	4,40	5,65	7,30
500	2,30	2,60	3,00	3,40	4,20	6,00	7,55	11,50
	2,60	2,80	3,20	3,60	4,40	5,50	6,70	9,00
1000	3,00	3,30	3,60	4,30	5,00	7,50	9,50	14,30
	3,50	3,60	4,00	4,50	5,40	7,00	8,40	11,20

Примечание: Верхнее число — для воздушного взрыва, нижнее — для наземного.

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

R _x , км	Мощность боеприпаса, кг						
	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
	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

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

Коэффициент условий расположения убежища (K_p)

Условия расположения	K_p
Отдельно стоящее убежище вне застройки	1
Отдельно стоящее убежище в районе застройки	2
Встроенное в отдельно стоящем здании убежище:	
для выступающих из земли стен	2
для перекрытий	4
Встроенное внутри производственного комплекса или жилого квартала убежище:	
для выступающих из земли стен	4
для перекрытий	8

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
Кладка бутовая	5,4	9,6
Глина утрамбованная	6,3	11

Световые импульсы при различных мощностях
ядерного боеприпаса и расстояниях до центра взрыва

Q, кТ	Световые импульсы, кал/см ²										
	72,5	42,5	30	25	20	18	16	15	14	12	10
	Расстояние от центра (эпицентра) взрыва, км										
100	1,7	2,3	2,7	2,8	3,1	3,3	3,6	3,7	3,9	4,2	4,6
	1,0	1,3	1,5	1,6	1,9	2,0	2,1	2,15	2,2	2,4	2,7
200	2,1	2,7	3,2	3,4	3,7	4,0	4,3	4,5	4,7	5,8	6,9
	1,2	1,5	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,2
300	2,5	3,3	3,9	4,2	4,5	4,9	5,2	5,4	5,6	6,4	7,7
	1,4	1,8	2,2	2,4	2,6	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5	3,7
500	3,3	4,4	5,2	5,5	5,9	6,3	6,6	6,8	7,0	8,0	9,0
	1,8	2,4	2,8	3,0	3,2	3,6	3,8	3,9	4,1	4,4	4,8
1000	5,0	6,4	7,7	8,6	8,8	9,0	10,0	10,6	11,2	13,6	14,8
	3,1	4,0	4,8	4,9	5,1	5,6	6,2	6,6	6,8	7,2	7,8

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

Характеристика огнестойкости зданий и сооружений

Степень огнестойкости зданий	Несущие и самонесущие стены, стены лестничных клеток	Заполнение между стенами	Совмещенные перекрытия	Перегородки (несущие)
I	Несгораемые 3 ч	Несгораемые 3 ч	Несгораемые 1 ч	Несгораемые 1 ч
II	То же 2,5 ч	То же 0,25 ч	То же 0,25 ч	То же 0,25 ч
III	То же 2 ч	То же 0,25 ч	Сгораемые	Трудногораем. 0,25 ч
IV	Трудногораемые 0,5 ч	Трудногораем. 0,25 ч	То же	То же 0,25 ч
V	Сгораемые	Сгораемые	То же	Сгораемые

Категории производств по пожарной опасности

Категория производства	Характеристика пожарной опасности технологического процесса	Наименование производства
1	2	3
А	Применение веществ, воспламенение или взрыв которых может последовать в результате воздействия: воды или кислорода воздуха; жидкостей с температурой вспышки паров 28°C и ниже, горючих газов, которые взрываются при их содержании в воздухе 10% и менее к объему воздуха	Цехи обработки и применения металлического натрия или калия; водородные станции; химические цехи фабрик шелка; цехи дистилляции и газофракционирования производства искусственного жидкого топлива с температурой вспышки паров 28°C и ниже; склады баллонов для горючих газов, бензина; помещения стационарных кислотных и щелочных аккумуляторных установок; насосные станции по перекачке жидкостей с температурой вспышки паров 28°C и ниже
Б	Применение жидкостей с температурой вспышки паров от 28 до 120°C; горючих газов, нижний предел взрываемости которых более 10% к объему воздуха; применение этих газов и жидкостей в количествах, которые могут	Цехи приготовления угольной пыли и древесной муки; промывочно—пропарочные станции тары от мазута и других жидкостей с температурой вспышки паров от 28 до 120°C; размольные отделения мельниц; цехи обработки каучука; цехи изготовления сахарной пудры; мазутное хозяйство электростанций; насосные станции по перекачке жидкостей

1	2	3
	образовать с воздухом взрывоопасные смеси	с установок; насосные станции по перекачке жидкостей с температурой вспышки паров от 28 до 120°С и т.п.
В	Обработка и применение твердых сгораемых веществ и материалов, а также жидкостей с температурой вспышки паров выше 120°С	Лесопильные, деревообрабатывающие, столярные и лесотарные цехи; трикотажные и швейные фабрики; цехи текстильной и бумажной промышленности с сухими процессами производства; льнозаводы; зерноочистительные отделения мельниц и зерновые элеваторы; склады топливно–смазочных материалов; трансформаторные мастерские; закрытые склады угля и торфа; насосные станции по перекачке жидкостей с температурой вспышки паров выше 120°С; помещения для хранения автомобилей
Г	Обработка несгораемых веществ и материалов в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии и при выделении лучистого тепла, систематическом выделении искр и пламени, а также сжигание твердого, жидкого и газообразного топлива	Литейные и плавильные цехи металлов; кузницы; сварочные цехи; цехи прокатки металлов; мотороиспытательные станции; депо мотовозные и паровозные; помещения двигателей внутреннего сгорания; высоковольтные лаборатории; котельные и другие

1	2	3
Д	Обработка негоряемых веществ и материалов в холодном состоянии	Механические цехи холодной обработки материалов; депо электровозов; инструментальные цехи; цехи холодной штамповки и холодного проката металлов; добыча и холодная обработка минералов, руд, асбеста, солей и других негорючих материалов; цехи переработки мясных, рыбных и молочных продуктов и другие

Приложение 9

Световые импульсы, кал/см², вызывающие воспламенение некоторых материалов при различных мощностях ядерного боеприпаса

Материалы	Мощность боеприпаса, кт			
	20	100	1000	10000
Доски сосновые (еловые) после распила	41,75	44	47	52,5
Доски, окрашенные в белый цвет	40	41,75	44	47
Доски, окрашенные в темный цвет	5,25	6,25	8,25	15
Кровля мягкая (толь, рубероид)	13,5	14,75	19,25	21
Черепица красная	21	26,25	31,5	41,75

Коэффициенты ослабления доз радиации зданиями и сооружениями ($K_{\text{осл.зд.рз}}$ и $K_{\text{осл.зд.пр}}$)

Здания и сооружения	От радиоактивного заражения	От проникающей радиации
Производственные кирпичные одноэтажные здания (цехи)	7	5
Здания из сборного железобетона	8	6
Здания с легким металлическим каркасом	5	4
Здания с металлическим каркасом и бетонным заполнением	12	8
Кирпичное одноэтажное здание	10	6
Одноэтажное здание с металлическим каркасом и стеновым заполнением из листового железа	7	5

Коэффициент пересчета уровней радиации на заданное время t , прошедшее после взрыва (K_2)

t , ч	K_2								
0,25	0,19	2,00	2,30	4,00	5,28	8,00	12,13	14,00	23,73
0,30	0,24	2,25	2,65	4,50	6,08	8,50	13,04	15,00	25,73
0,50	0,43	2,50	3,00	5,00	6,90	9,00	13,96	16,00	27,86
0,75	0,71	2,75	3,37	5,50	7,73	9,50	14,90	17,00	29,95
1,00	1,00	3,00	3,74	6,00	8,59	10,00	15,85	18,00	32,08
1,25	1,31	3,25	4,11	6,50	9,45	11,00	17,77	19,00	34,21
1,50	1,63	3,50	4,50	7,00	10,33	12,00	19,72	20,00	36,44
1,75	1,66	3,75	4,88	7,50	11,22	13,00	21,71		

Степени разрушения элементов объекта при различных
избыточных давлениях, кгс/см²

Элемент объекта	Разрушение		
	слабое	среднее	сильное
1	2	3	4
1. Производственные здания и сооружения			
1. Здания с легким металлическим каркасом	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 0,5
2. Здания с металлическим каркасом и бетонным заполнением с площадью остекления около 30 %	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 0,4
3. Здания из сборного железобетона	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 0,6
4. Одноэтажные здания с металлическим каркасом и стеновым заполнением из листового металла	0,05 – 0,07	0,07 – 0,1	0,1 – 0,15
5. Кирпичные бескаркасные здания с перекрытием из железобетонных сборных элементов одно- и многоэтажные	0,1 – 0,2	0,2 – 0,35	0,35 – 0,45
6. Кирпичные малоэтажные здания (один-два этажа)	0,08 – 0,15	0,15 – 0,25	0,25 – 0,35
2. Некоторые виды оборудования			
1. Станки тяжелые	0,25 – 0,4	0,4 – 0,6	0,6 – 0,7
2. Станки средние	0,15 – 0,25	0,25 – 0,35	0,35 – 0,45
3. Краны и крановое оборудование	0,2 – 0,3	0,3 – 0,5	0,5 – 0,7
4. Подъемно-транспортное оборудование	0,2 – 0,5	0,5 – 0,6	0,6 – 0,8

Окончание прил.12

1	2	3	4
5. Ленточные конвейеры в галерее на железобетонной эстакаде	0,05 – 0,06	0,06 – 0,1	0,1 – 0,2
6. Трансформаторы от 100 до 1000 кВт	0,2 – 0,3	0,3 – 0,5	0,5 – 0,6
7. Контрольно–измерительная аппаратура	0,05 – 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3
8. Магнитные пускатели	0,2 – 0,3	0,3 – 0,4	0,4 – 0,6
3. Коммунально–энергетические сооружения и сети			
1. Трансформаторные подстанции закрытого типа	0,3 – 0,4	0,4 – 0,6	0,6 – 0,7
2. Кабельные наземные линии	0,1 – 0,3	0,3 – 0,5	0,5 – 0,6
3. Трубопроводы, заглубленные на 20 см	1,5 – 2,0	2,0 – 3,5	3,5 – 5,0
4. Трубопроводы на металлических или железобетонных эстакадах	0,2 – 0,3	0,3 – 0,4	0,4 – 0,6
5. Сети коммунального хозяйства (водопровод, канализация, газопровод) заглубленные	1 – 2	2 – 10	10 – 15
6. Сооружения коммунального хозяйства без ограждающих конструкций	0,5 – 15	15 – 25	25 – 30
4. Средства связи			
1. Воздушные линии телефонно–телеграфной связи	0,2 – 0,4	0,4 – 0,6	0,6 – 1,0
2. Кабельные наземные линии связи	0,1 – 0,3	0,3 – 0,5	0,5 – 0,6
3. Радиостанции	0,4 – 0,6	0,6 – 0,7	0,7 – 1,1
4. Радиорелейные линии и стационарные воздушные линии связи	0,3 – 0,5	0,5 – 0,7	0,7 – 1,2

Литература

1. Демиденко Г.П. и др. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения: Справочник. — Киев, 1989.
2. Асаенок И.С. и др. Защита населения и хозяйственных объектов народного хозяйства в чрезвычайных ситуациях. Уч. пособие. — Мн., 2000.

Библиотека БГУИР

Учебное издание

Навоша Адам Имполитович

Машкович Александр Иванович

Оценка устойчивости работы промышленного объекта в
чрезвычайных ситуациях

Методическое пособие

для практических занятий по дисциплине

«Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных
ситуациях. Радиационная безопасность»

для студентов всех специальностей

Редактор Е. Н. Батурчик

Подписано в печать

Формат 60×84 1/16

Бумага

Печать офсетная

Усл. печ. л.

Уч.-изд. л.

Тираж 200 экз.

Заказ

Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Отпечатано в БГУИР. Лицензия ЛП №156.220013, Минск, П.Бровки,