

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра экологии

И. С. Асаенок, А. И. Навоша, Е. Н. Зацепин

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»

Минск 2007

УДК 621.039 (075.8)
ББК 68.69 я 73
А 90

Асаенок, И. С.

А 90 Оценка устойчивости работы промышленного объекта в чрезвычайных ситуациях : метод. пособие для практич. занятий по дисц. «Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность» / И. С. Асаенок, А. И. Навоша, Е. Н. Зацепин. – Минск : БГУИР, 2007. – 42 с.

ISBN 978-985-488-162-3

Содержится инженерная методика оценки устойчивости работы промышленного объекта в чрезвычайных ситуациях. Приведены примеры решения задач с использованием ряда изложенных методик и предложены варианты задач для самостоятельной работы студентов. В приложениях приводятся необходимые для решения этих задач справочные материалы. Издание предназначено для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР.

УДК 621.039 (075.8)
ББК 68.69 я 73

ISBN 978-985-488-162-3

© Асаенок И. С., Навоша А. И.,
Зацепин Е. Н., 2007

© УО «Белорусский государственный
университет информатики
и радиоэлектроники», 2007

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 возрастают. Чтобы обеспечить нормальное функционирование производства и 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? *Таковыми 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 нарушенного 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 устойчивости работы, проводится исследование. В дальнейшем эти рекомендации включаются в план мероприятий по повышению устойчивости работы объ-

екта. Наиболее трудоемкие работы выполняются заблаговременно. Это строительство защитных сооружений, подземная прокладка коммуникаций и другие. Мероприятия, не требующие длительного времени на их реализацию или же выполнение которых в мирное время нецелесообразно, проводятся в угрожающий период. Организатором и руководителем исследования является руководитель предприятия – начальник гражданской обороны объекта.

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

При этом учитываются следующие положения:

а) 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;

б) при взрыве могут возникнуть вторичные поражающие факторы: пожары, взрывы, заражение сильнодействующими ядовитыми веществами и другие. Они также должны учитываться при оценке устойчивости работы объекта;

в) 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;

г) промышленный объект состоит из зданий, сооружений, коммуникаций и других элементов. Элементы объекта обычно не являются равнопрочными. Их сопротивляемость воздействию поражающих факторов ядерного взрыва раз-

лична: 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;

д) 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;

е) 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 целесообразного уровня. Нецелесообразно, например, повышать устойчивость здания к воздействию светового излучения, если здание находится на близком расстоянии от предполагаемого эпицентра взрыва и под действием ударной волны произойдет его сильное разрушение.

Рассмотрим методику оценки устойчивости работы объекта к воздействию ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного излучения.

1.1. Методика оценки устойчивости работы объекта к воздействию ударной волны

Воздействие ударной волны на человека приводит к травмам и контузиям. В зависимости от величины избыточного давления во фронте ударной волны ($\Delta P_{\text{ф}}$) травмы и контузии подразделяются на *легкие, средние и тяжелые*. При воздействии ударной волны на здания и сооружения имеют место разрушения, которые подразделяют 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 воздействию ударной волны ($\Delta P_{\phi \text{ lim}}$).

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_r); 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_r), то расстояние от объекта до ближайшего вероятного центра взрыва R_x можно вычислить по формуле

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

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

2. На объекте выделяются основные элементы, от которых зависят 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. 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 избыточных давлениях $0,2 - 0,3 \text{ кгс/см}^2$, то за предел устойчивости берется $\Delta P_{\text{ф lim}} = 0,2 \text{ кгс/см}^2$. 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 $\Delta P_{\text{ф lim}}$ с ожидаемым максимальным значением избыточного давления. Если окажется, что $\Delta P_{\text{ф lim}} \geq \Delta P_{\text{ф max}}$, то объект устойчив к ударной волне, если же $\Delta P_{\text{ф lim}} \leq \Delta P_{\text{ф max}}$ – 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 ($\Delta P_{\text{ф}}$), вызывающее такую степень и характер разрушений на объекте, при которых восстановление его будет реальным. Предел устойчивости объекта необходимо повышать до $\Delta P_{\text{ф max}}$. Однако если придется при этом повышать пределы устойчивости многих элементов, что потребует значительных экономических затрат, то целесообразный предел необходимо уменьшить.

1.2. Методика оценки устойчивости работы объекта к воздействию светового излучения

Поражающее действие светового излучения определяется величиной энергии светового импульса ($U_{\text{св}}$). Световое излучение, воздействуя на организм человека, вызывает ожоги открытых участков тела и поражает органы зрения. В зависимости от величины энергии светового импульса у человека могут возникать ожоги трех степеней тяжести: *первой (легкой), второй (средней) и третьей (тяжелой)*. Поражения глаз делятся на три вида: временное ослепление – до 5 минут днем и 30 минут – ночью, ожоги глазного дна, ожоги роговицы и век.

Воздействие светового излучения на здания и сооружения приводит к пожарам. 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 ($\Delta P_{\text{ф max}}$), 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. 2*. 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. 3*. Характеристики здания, результаты оценки заносятся в *табл. 2*.

3. Определяется категория производства по пожарной опасности (*прил. 4*). Для этого изучаются характер технологического процесса в здании и виды используемых в производстве материалов и веществ, а также вид готовой продукции.

4. Выявляются сгораемые материалы. С этой целью изучаются каждое здание, производственные установки и выявляется наличие в конструкциях элементов, выполненных из сгораемых материалов. Затем по *прил. 5* 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.

1.3. Методика оценки устойчивости работы объекта к воздействию проникающей радиации и радиоактивного заражения

Воздействие проникающей радиации и радиоактивного заражения на производственную деятельность предприятия проявляется главным образом через их действие на людей. Поражение людей проникающей радиацией и радиоактивным заражением зависит от величины дозы облучения. В зависимости от полученной организмом человека дозы облучения различают три степени лучевой болезни: *первая степень (легкая), вторая (средняя) и третья (тяжелая)*. Практически не приводят к существенному снижению трудоспособности следующие дозы облучения: при однократном облучении (в течение 4 суток) – 50 Р; при многократном облучении: за месяц – 100 Р, за три месяца – 200 Р, за год – 300 Р.

При воздействии больших доз проникающей радиации и радиоактивного заражения на промышленные здания и сооружения материал, из которого построено здание, становится источником ионизирующих излучений, т.е. вторичным источником излучения. При малых дозах облучения зданий снижается производительность труда, так как производственный персонал вынужден работать в средствах индивидуальной защиты.

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 P_{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 $P_{l\ max}$; 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. 6* при заданной скорости ветра V_B и R_x определяется ожидаемое значение уровня радиации на 1 ч после взрыва Pl_{max} . По *прил. 7* 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. 8* (раздельно 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, который определяется по *прил. 9*;

n – число защитных слоев материалов перекрытия защитного сооружения;

h_i – толщина i -го защитного слоя;

d_i – толщина слоя половинного ослабления, которая определяется по *прил. 10*.

Данные расчетов заносятся в *табл. 3*.

3. Определяются дозы облучения, 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. 7*.

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

$$P_{\text{к}} = \frac{P_{\text{лmax}}}{K_2}, \quad (5)$$

где K_2 — 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 ($P_{\text{лим}}$), т.е. предельное значение уровня радиации, при котором возможна производственная деятельность в обычном режиме и персонал не получит дозу облучения выше установленной:

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

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

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

5. На основании полученных данных делаются выводы и предложения по повышению устойчивости объекта (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 $q = 0,5$ Мт; взрыв наземный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 1,1$ 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):

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

Таблица 1

Результаты оценки устойчивости цеха к воздействию ударной волны

Элементы цеха и краткая характеристика	Степень разрушения при $\Delta P_{\text{ф}}$, кгс/см ²									Предел устойчивости, 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										0,25
Внутреннее оборудование: мостовые краны, крановое оборудование; тяжелые станки										0,5
										0,6
КЭС: воздухопроводы на металлических эстакадах, кабельная наземная электросеть										0,4
										0,5

Примечания. 1. Предел устойчивости цеха – 0,25 кгс/см².

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

2. По *прил. 1* находим избыточное давление $\Delta P_{\text{ф max}}$ на расстоянии 4,4 км для боеприпаса мощностью $q = 0,5$ Мт при наземном взрыве:

$$\Delta P_{\text{ф max}} = 0,3 \text{ кгс/см}^2.$$

3. Выделяем основные элементы цеха и определяем их характеристики, которые берем из задания и записываем в *табл. 1*.

4. По *прил. 12* устанавливаем для каждого элемента цеха значение избыточного давления $\Delta P_{\text{ф}}$, вызывающее слабые, средние и сильные разрушения. Эти данные отражаем в *табл. 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 0,25 кгс/см², тяжелые станки – 0,5 кгс/см² 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 предел устойчивости сборочного цеха: $\Delta P_{ф \max} = 0,25 \text{ кгс/см}^2$.

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

Выводы.

1. На территории цеха вероятное максимальное избыточное давление может составлять $\Delta P_{ф \max} = 0,3 \text{ кгс/см}^2$, а предел устойчивости цеха к ударной волне – $0,25 \text{ кгс/см}^2$, что меньше $\Delta P_{ф \max}$. Следовательно, цех неустойчив к ударной волне и наиболее слабый элемент – здание цеха.

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

3. Для повышения устойчивости цеха к ударной волне необходимо повысить устойчивость здания цеха за счет устройства подкосов, дополнительных рамных конструкций, обваловки 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 ядерный воздушный удар, ожидаемая мощность ядерного боеприпаса $q = 0,5 \text{ Мт}$, вероятное максимальное отклонение эпицентра взрыва от точки прицеливания $R_{отк} = 0,8 \text{ км}$. *Здание цеха:* одноэтажное, кирпичное, предел огнестойкости стен – 2,5 ч; чердачное перекрытие – из железобетонных плит с пределом огнестойкости 1 ч; кровля мягкая (толь по деревянной обрешетке); двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет; в цехе ведутся 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. 2* – максимальный световой импульс $U_{\text{св max}} = 30 \text{ кал/см}^2$.

3. Определяем степень огнестойкости здания цеха. Для этого изучаем его характеристику, взятую из условий примера, выбираем данные о материалах, из которых выполнены основные конструкции здания, и определяем предел их огнестойкости. По *прил. 3* находим, что по указанным в условиях примера параметрам здание цеха относится ко 2-й степени огнестойкости. Результаты оценки, а также характеристики здания и его элементов заносим в *табл.2*.

Таблица 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 огнестойкости несущих стен – 2,5 ч, перекрытий – 1 ч	II	D	Двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет Кровля толевая по деревянной обрешетке	7,0 16,5	7,0	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, кал/см²; VI – предел устойчивости здания к световому излучению, кал/см²; 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. 4* 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. 5* деревянные двери и оконные рамы воспламеняются от светового импульса $U_{св} = 7,0 \text{ кал/см}^2$, а толевая кровля – $16,5 \text{ кал/см}^2$.

6. Определяем предел устойчивости цеха к световому излучению по минимальному световому импульсу. Пределом устойчивости цеха к световому излучению является $U_{св \text{ lim}} = 7,0 \text{ кал/см}^2$. Так как $U_{св \text{ lim}} < U_{св \text{ max}}$, то цех неустойчив к световому излучению.

7. Определяем степень разрушения здания цеха от ударной волны при ожидаемом максимальном избыточном давлении по *прил. 1*. При $\Delta P_{ф \text{ max}} = 0,25 \text{ кгс/см}^2$ здание цеха (одноэтажное, кирпичное) получит средние разрушения.

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

2. Цех завода неустойчив к световому излучению. Предел устойчивости цеха – $7,0 \text{ кал/см}^2$.

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 перепле-

ты металлическими; обить двери кровельной сталью; заменить кровлю здания цеха асбоцементной; провести в цехе профилактические противопожарные меры (увеличить количество средств пожаротушения, своевременно убрать 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 $q = 0,5$ Мт; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 1$ км. Скорость ветра $V_v = 50$ км/ч. Направление ветра – 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 $D_{уст} = 25$ Р.

Решение.

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

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

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

б) по *прил. 6* при $q = 0,5$ Мт, $R_x = 8$ км находим ожидаемое значение уровня радиации на объекте на 1 ч после взрыва $P_1 = 6\,900$ Р/ч;

в) по *прил. 7* определяем максимальную дозу проникающей радиации $D_{пр}$, ожидаемую на объекте: $D_{пр} = 0$.

Таким образом, на территории цеха максимальный уровень радиации ра-

диоактивного заражения составит 6 900 Р/ч. Действия проникающей радиации в районе цеха не ожидается.

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

а) по *прил. 8* находим коэффициенты ослабления для здания цеха от радиоактивного заражения и проникающей радиации по данным характеристикам здания 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. 10*. Они составляют: для бетона $d_1 = 5,7$ см, для грунта $d_2 = 8,1$ см;

в) по *прил. 9* находим коэффициент K_p , учитывающий условия расположения убежища ($K_p = 8$ для убежища в районе застройки).

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

$$K_{\text{осл. уб. рз}} = K_p \cdot \prod_{i=1}^n 2^{\frac{h_i}{d_i}} = 8 \cdot 2^{40/5,7} \cdot 2^{25/8,1} = 8\,719.$$

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. 3*.

Таблица 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
Здание цеха	Одноэтажное, кирпичное в районе застройки	5	7	—	1 920
Убежище	Встроенное в здание цеха. Перекрытие: бетон толщиной 40 см, грунт слоем 25 см	426	8 719	—	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 радиоактивного заражения (РЗ) в здании цеха рассчитывается по формулам (3–5):

$$D_{\text{зд. рз}} = \frac{D_{\text{откр}}}{K_{\text{осл. зд. рз}}} = \frac{5 \cdot (P_H \cdot t_H - P_K \cdot t_K)}{K_{\text{осл. зд. рз}}} = \frac{5 \cdot 6900 \cdot 1 - 5 \cdot 324 \cdot 13}{7} = 1\,920 \text{ Р},$$

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

(коэффициент К находим по *прил. 11*), $t_K = t_H + t_p = 1 + 12 = 13$ ч.

Поскольку для убежища коэффициент ослабления радиации от РЗ равен 8 719, то доза облучения в убежище составит

$$D_{зд. рз} = \frac{D_{откр}}{K_{осл. уб. рз}} = \frac{5 \cdot (P_H \cdot t_H - P_K \cdot t_K)}{K_{осл. уб. рз}} = \frac{5 \cdot 6900 \cdot 1 - 5 \cdot 324 \cdot 13}{8719} = 1,5 \text{ Р}.$$

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

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

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

Так как $Pl_{lim} < PL_{max}$, то объект неустойчив к радиоактивному заражению.

Выводы. 1. На территории объекта максимальный уровень радиации может составлять 6 900 Р/ч на 1 ч после взрыва. Действие проникающей радиации маловероятно.

2. Сборочный цех неустойчив к воздействию радиоактивного заражения. Защитные свойства здания цеха не обеспечивают непрерывности работы в течение 12 ч. В условиях максимального уровня радиации рабочие получают дозу 1 920 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 $q = 0,3$ Мт; взрыв наземный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 1,2$ 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 ведутся 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 $q = 0,5$ Мт; взрыв воздушный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 0,5$ 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 ведутся 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 несгораемых материалов – 3 ч; перекрытие – из железобетонных плит с пределом огнестойкости 1 ч; кровля мягкая (толь 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 ведутся 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_f) 6 км от вероятной точки прицеливания; ожидаемая мощность ядерного боеприпаса $q = 0,5$ Мт; взрыв воздушный; 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 ведутся 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_f) 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 ведутся 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 труднотгораемых материалов с пределом огнестойкости 0,25 ч; кровля мягкая (рубероид по деревянной обрешетке); двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет.

Внутреннее оборудование: трансформаторы от 100 до 1 000 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 ядер-

ного 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 воздушный; вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания $R_{отк} = 1$ км. Здание цеха – с легким металлическим каркасом; предел огнестойкости несущих стен из негорючих материалов – 3 ч; предел огнестойкости перекрытия из негорючих материалов – 1 ч; кровля мягкая (только по деревянной 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 ведутся 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 негорючих 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 ядер-

ного 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 проводятся 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 негорючих 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 1 000 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. Понятие об устойчивости работы промышленного объекта.
2. Факторы, влияющие на повышение устойчивости работы промышленного объекта в особый период.
3. Дать определение очага ядерного поражения и перечислить его поражающие факторы.
4. Воздействие ударной волны на организм человека.
5. Воздействие ударной волны на промышленные здания и сооружения.
6. Воздействие светового излучения на организм человека.
7. Способы защиты человека от ударной волны и светового излучения.
8. Воздействие проникающей радиации и радиоактивного заражения на организм человека.
9. Способы защиты человека от проникающей радиации и радиоактивного заражения.
10. Воздействие проникающей радиации и радиоактивного заражения в больших дозах на промышленные здания и сооружения.
11. Воздействие проникающей радиации и радиоактивного заражения в малых дозах на промышленные здания и сооружения.

П Р И Л О Ж Е Н И Я

Приложение 1

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

q, кг	Избыточное давление $\Delta P_{\text{ф}}$, 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
1 000	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 приведено для воздушного взрыва, нижнее – для наземного.

Приложение 2

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

q, кг	Световые импульсы, кгс/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
1 000	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 приведено 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	Трудногораемые. 0,25 ч
IV	Трудногораемые 0,5 ч	Трудногораемые. 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
A	Применение веществ, воспламенение или взрыв которых может последовать в результате воздействия: воды или кислорода воздуха; жидкостей с температурой вспышки	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

1	2	3
	паров 28°C и ниже, горючих газов, которые взрываются при их содержании в воздухе 10 % и менее к объему воздуха	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 образовать с воздухом взрывоопасные смеси	Цехи приготовления угольной пыли и древесной муки; станции промывки и пропарки 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 с установок; насосные станции по перекачке жидкостей с температурой вспышки паров от 28 до 120°C и т.п.
В	Обработка и применение твердых сгораемых веществ и материалов, а также жидкостей с температурой вспышки паров выше 120°C	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;

1	2	3
		закрытые склады угля и торфа; насосные станции по перекачке жидкостей с температурой вспышки паров выше 120°C; 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 другое
Д	Обработка несгораемых 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 другое

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

Материалы	Мощность боеприпаса, кт				
	100	200	300	500	1 000
Доски сосновые (еловые) после распила	44,0	44,5	45,0	45,5	47,0
Доски, окрашенные в белый цвет	41,75	42,0	42,3	42,5	44,0
Доски, окрашенные в темный цвет	6,25	6,5	6,7	7,0	8,25
Кровля мягкая (толь, рубероид)	14,75	15,1	15,5	16,5	19,25
Черепица красная	26,25	26,5	27,0	27,5	31,5

Уровни радиации на 1 ч после взрыва, Р/ч

R _x , км	Мощность боеприпаса, кт						
	50	100	200	300	500	1 000	2 000
	Скорость ветра 25 км/ч						
2	8 500	14 000	25 000	35 700	57 000	100 000	195 000
4	3 200	5 700	10 000	14 300	23 000	44 000	64 800
6	2 000	3 600	6 800	9 200	14 000	28 000	52 800
8	1 200	2 400	4 700	6 800	11 000	19 000	34 900
10	830	1 500	3 200	4 800	8 000	15 000	27 300
12	620	1 200	2 500	3 600	5 600	11 000	21 600
	Скорость ветра 50 км/ч						
	2	5 000	9 350	17 100	26 800	38 100	69 200
	4	2 200	4 000	7 500	10 700	17 000	31 000
	6	1 400	2 610	4 750	6 700	10 500	20 800
	8	910	1 740	3 010	4 800	6 900	13 000
	10	730	1 260	2 400	3 500	5 300	9 900
	12	560	1 030	1 900	2 880	4 300	8 800

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

Мощность боеприпаса, кт	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
1 000	3,8	3,65	3,45	3,25	3,1	3,0	2,8	2,65
2 000	4,2	4,0	3,8	3,6	3,45	3,25	3,15	2,95

**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 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 стоящее здание убежище: – для выступающих из земли стен – для перекрытий	2 4
Встроенное внутри производственного комплекса или жилого квартала убежище: – для выступающих из земли стен – для перекрытий	4 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

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

t , ч	K_2	t , ч	K_2	t , ч	K_2	t , ч	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
<i>1. Производственные здания и сооружения</i>			
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 (площадь 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

1	2	3	4
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
<i>2. Некоторые виды оборудования</i>			
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
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 1 000 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
9. Электродвигатели (от 2 до 10 кВт)	0,2–0,4	0,4–0,5	0,5–0,8
<i>3. Коммунально-энергетические сооружения и сети</i>			
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

1	2	3	4
6. Сооружения коммунального хозяйства без ограждающих конструкций	0,5–15	15–25	25–30
<i>4. Средства связи</i>			
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. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения : справочник / Г. П. Демиденко [и др.]. – Киев, 1989.
2. Асаенок, И. С. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях : учеб. пособие / И. С. Асаенок [и др.]. – Минск, 2000.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Понятие об устойчивости работы промышленного объекта.....	3
1.1. Методика оценки устойчивости работы объекта к воздействию ударной волны	5
1.2. Методика оценки устойчивости работы объекта к воздействию светового излучения	8
1.3. Методика оценки устойчивости работы объекта к воздействию проникающей радиации и радиоактивного заражения.....	10
2. Примеры решения задач по оценке устойчивости промышленного объекта.....	13
3. Варианты задач для самостоятельной работы.....	22
4. Контрольные вопросы	30
5. Приложения.....	31
6. Литература.....	40

Учебное издание

Асаенок Иван Степанович
Навоша Адам Имполитович
Зацепин Евгений Николаевич

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»

Редактор С. Б. Саченко
Корректор М. В. Тезина

Подписано в печать 22.01.2007.
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 1,6.

Формат 60x84 1/16.
Печать ризографическая.
Тираж 250 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 2,67.
Заказ 700.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0056964 от 01.04.2004. ЛП №02330/0131666 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6.