

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

Кафедра экологии

***ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ  
СИСТЕМ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ***

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

для практических занятий по дисциплине

«Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях.

Радиационная безопасность»

Минск 2008

УДК 621.039 (075.8)  
ББК 68.69 я73  
О–93

А в т о р ы :

А. И. Навоша, Е. Н. Зацепин, Е. В. Гончарик, А. С. Рылов, Д. А. Мельниченко

О–93 **Оценка** устойчивости работы электронных систем при воздействии ионизирующих излучений: метод. пособие для практич. занятий по дисц. «Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность» / А. И. Навоша [и др.]. – Минск : БГУИР, 2008. – 18 с.

ISBN 978-985-488-304-5

Содержится инженерная методика оценки устойчивости работы электронных систем при воздействии ионизирующих излучений. Приведены примеры решения задач и варианты для самостоятельной работы студентов. В приложениях приводятся необходимые справочные материалы.

Издание предназначено для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР.

**УДК 621.039 (075.8)**  
**ББК 68.69 я73**

ISBN 978-985-488-304-5

© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2008

## **1. Понятие об устойчивости работы радиоэлектронных систем**

В современных условиях, когда научно-технический прогресс привел к созданию оружия массового поражения, роль и значение экономики как важнейшего фактора подготовки и ведения войны возросли ещё больше. Чтобы обеспечить нормальное функционирование производства, уменьшить вероятность поражения объекта, следует ещё в мирное время разработать и осуществить комплекс различных мероприятий, направленных на повышение устойчивости работы хозяйственных объектов в особый период. Главная производительная сила – это трудящиеся массы, и поэтому устойчивость экономики определяется прежде всего способностью защитить и сохранить эту силу.

Современное ракетно-ядерное оружие обладает огромной разрушительной и поражающей силой. Оно способно вызывать большие человеческие жертвы и причинять огромный материальный ущерб.

Решение проблемы защиты населения и обеспечения надежности функционирования предприятий и организаций актуально также в интересах повседневной деятельности мирного времени в связи с тем, что на объектах хозяйств имеется большое количество химически опасных веществ, веществ атомной энергетики, аварии на которых могут создать крайне опасную обстановку для экологии и населения на значительной территории.

Поражающими факторами ядерного оружия являются ударная волна, световое излучение, проникающая радиация, радиоактивное заражение и электромагнитный импульс. В зависимости от типа ядерного заряда и характера происходящих взрывных реакций различают два основных вида ядерных боеприпасов: атомные (ядерные) и термоядерные.

В атомных боеприпасах энергия взрыва образуется в результате цепной реакции деления тяжелых ядер атомов вещества нейтронами. При определенной массе заряда (большей его критического значения) протекает цепная ядерная реакция деления атомных ядер в миллионные доли секунд. При этом имеет место выделение огромного количества энергии.

В термоядерных боеприпасах используются ядерные реакции синтеза (соединения) атомных ядер легких элементов дейтерия и трития.

Протекание реакции может возникнуть при температуре в десятки миллионов градусов. Такую температуру удалось получить пока лишь в зоне цепной ядерной реакции; в качестве запального устройства в термоядерных боеприпасах используются ядерные заряды деления. В термоядерном боеприпасе вслед за взрывной реакцией деления, которая вызывает нагрев термоядерного горючего, происходит интенсивная реакция соединения ядер атомов дейтерия и трития, сопровождающаяся выделением огромного количества энергии.

Ядерные заряды, в которых кроме реакции деления происходит реакция синтеза атомных ядер легких элементов, называются термоядерными зарядами. В таких зарядах, кроме плутония-239, урана-235 или урана-233, ядерным горючим веществом является смесь дейтерия и трития или соединение дейтерия с литием (дейтерид лития). При использовании дейтерида лития образование трития происходит в процессе самой реакции.

Термоядерная реакция сопровождается выделением быстрых нейтронов, обуславливающих деление ядер урана-238.

Поражающими факторами взрыва нейтронного боеприпаса являются: ударная волна, световое излучение, проникающая радиация и радиоактивное заражение. Однако распределение энергии по поражающим факторам в нейтронном боеприпасе отличается от ядерного боеприпаса реакции деления и зависит от соотношения энергии основного и иницирующего зарядов. В прил. 1 приведено распределение энергии взрыва по поражающим факторам для нейтронного боеприпаса с соотношением энергий основного и иницирующего зарядов 50:50. При идеальной реакции синтеза до 80 % энергии может выделяться в виде нейтронов и лишь 20 % – в виде ударной волны, теплового и светового излучения.

Нейтронные боеприпасы предназначены прежде всего для поражения людей. Поражающее действие проникающей радиации взрыва нейтронного бо-

е припаса на человека определяется воздействием на организм нейтронов и сопутствующего гамма-излучения, в результате чего развивается лучевая болезнь, тяжесть которой определяется дозой облучения. По поражающему действию проникающей радиации на людей взрыв нейтронного боеприпаса в 1 кт эквивалентен взрыву атомного боеприпаса мощностью 10–12 кт.

Радиус поражения людей нейтронным потоком превышает радиус поражающего действия ударной волны и светового излучения почти в 4 раза.

В зависимости от полученной организмом человека дозы облучения различают четыре степени лучевой болезни.

Защитой от проникающей радиации служат преграды и укрытия из различных материалов, ослабляющих поток гамма-квантов и нейтронов. Степень ослабления зависит от свойств материалов и толщины защитного слоя.

Действие проникающей радиации на материалы и оборудование зависит в основном от вида излучения, дозы облучения, природы облучаемого вещества и условий окружающей среды. Наиболее подвержено действию проникающей радиации электронное оборудование, в том числе электронные вычислительные машины, оптические приборы и др.

В материалах и элементах электронной техники при кратковременном воздействии проникающей радиации возникают временные (обратимые) и остаточные (необратимые) изменения электрических параметров. Гамма-кванты вызывают обычно временные изменения, а нейтроны – остаточные.

Проходя через элементы радиоэлектронной аппаратуры, поток гамма-квантов создает в них свободные носители электрических зарядов – электроны и ионы. В результате этого повышается проводимость материалов, увеличивается утечка тока и снижается сопротивление, в газоразрядных приборах уменьшается напряжение зажигания. Эти изменения существуют несколько секунд, вызывая временный отказ в работе аппаратуры. Но в ряде случаев они могут надолго вывести аппаратуру из строя (короткое замыкание, пробой, и др.).

При облучении потоком нейтронов в радиодеталях происходят необратимые процессы и аппаратура выходит из строя.

Наиболее подвержены действию проникающей радиации полупроводниковые приборы, причем особенно опасно для них нейтронное излучение. Нейтроны способны проникать в глубь кристаллической решетки полупроводников и создавать примеси. Нарушение кристаллической структуры приводит к необратимым изменениям свойств полупроводников, в частности в транзисторах изменяются обратный ток и коэффициент усиления.

Наиболее чувствительны к облучению электролитические и бумажные конденсаторы. При облучении в диэлектриках понижаются напряжения пробоя и сопротивление утечки, а также изменяются проводимость и внутренний нагрев.

Электрорадиационные приборы чувствительны также к воздействию радиации, особенно телевизионные передающие трубки и фотоэлементы.

Среди резисторов наименее стойкие – композиционные угольные и переменные сопротивления, а наиболее стойкие – проволочные.

Под действием гамма-излучения ухудшаются также диэлектрические свойства изоляционных материалов, возникают токи утечки.

Максимально допустимые значения гамма-нейтронного излучения на элементы радиоаппаратуры приведены в прил. 2.

Для повышения надежности работы электронного оборудования в условиях воздействия проникающей радиации необходимо применять защитные экраны, использовать специальные схемы, в которых предусматривается блокировка возникающих избыточных токов и напряжений или выключение схемы в момент действия импульса радиации.

Критерием устойчивости работы электронных и электронно-оптических систем и приборов при воздействии проникающей радиации и радиоактивности заражения являются максимально допустимый поток нейтронов  $\Phi_n$ , экспозиционная доза  $C_y$  и мощность экспозиционной дозы  $P_x$  гамма-излучений, при

которых начинаются изменения параметров элементов, но работа систем (приборов) ещё не нарушается, прил. 2.

Нейтронное излучение представляет собой поток нейтронов, скорость которых может достигать 20 000 км/с. Так как нейтроны не имеют электрического заряда, они легко проникают в ядра атомов и захватываются ими. Нейтронное излучение оказывает сильное поражающее действие при внешнем облучении.

Сущность ионизации заключается в том, что под воздействием радиоактивных излучений электрически нейтральные в нормальных условиях атомы вещества распадаются на положительные и отрицательные ионы. Ионизация вещества сопровождается изменением его основных физико-химических свойств, а в биологической ткани – нарушением её жизнедеятельности.

Экспозиционная доза характеризует ионизационную способность гамма- и рентгеновского излучения в воздухе. Экспозиционная доза  $C_y$  – это отношение суммарного заряда  $dQ$  всех ионов одного знака, образовавшихся в элементарном объеме воздуха при облучении его ионизирующим излучением, к массе воздуха  $dm$  в этом объеме:

$$X = \frac{dQ}{dm}.$$

Единица измерения экспозиционной дозы в системе СИ – кулон на килограмм (Кл/кг). Внесистемная единица – рентген (Р).

Важной характеристикой ионизирующих излучений является мощность экспозиционной дозы облучения  $P_x$ . Она показывает скорость изменения дозы облучения во времени, т.е.

$$P_x = \frac{dX}{dt}.$$

Мощность экспозиционной дозы облучения измеряется так: в системе СИ – кулон, деленный на килограмм и умноженный на час; внесистемная единица – рентген, деленный на час.

Параметры проникающей радиации, ожидаемые на объекте, можно рассчитать по следующим приближенным формулам:

поток нейтронов  $\Phi_n$ , н/м<sup>2</sup> (н – количество нейтронов):

$$\Phi_n = \frac{7,5 \cdot 10^{22}}{R^2} \cdot q \cdot \exp\left(-\frac{Rr_b}{170r_{bo}}\right),$$

где  $R$  – расстояние от эпицентра взрыва, м;

$q$  – мощность ядерного взрыва, кт;

$r_b / r_{bo}$  – отношение плотности воздуха на высоте взрыва к плотности воздуха у земли, определяемое по прил. 3.

Мощность дозы гамма-излучений, Р/с:

$$P_x = \frac{1,0 \cdot 10^{15}}{R^2} \cdot q \cdot \exp\left(-\frac{Rr_b}{250r_{bo}}\right).$$

Доза гамма-излучения  $X_\gamma$  является суммой мгновенного  $X_{мгн}$ , осколочно-го  $X_{оск}$  и захватного  $X_{захв}$  гамма-излучений, т.е.

$$X_\gamma = X_{мгн} + X_{оск} + X_{захв}.$$

Мгновенное гамма-излучение  $X_{мгн}$  происходит за десятые доли микросекунды от момента ядерного взрыва. Проходя через оболочку заряда, оно существенно ослабляется. Поэтому роль мгновенного гамма-излучения в поражающем действии проникающей радиации незначительна.

Осколочное гамма-излучение  $X_{оск}$  создается осколками деления ядерного горючего. Время действия его на наземные объекты зависит от мощности взрыва.

Захватное гамма-излучение  $X_{захв}$  образуется вследствие захвата нейтронов продуктами взрыва и воздухом. Оно является основным источником гамма-излучения при наземных и воздушных ядерных взрывах.



Величины доз облучения, указанные выше, можно рассчитать по приближенным формулам:

$$X_{мгн} = \frac{1,0 \cdot 10^8}{R^2} \cdot q \cdot \exp\left(-\frac{Rr_b}{250r_{bo}}\right);$$

$$X_{оск} = \frac{1,4 \cdot 10^9 (1 + 0,2q^{0,65})}{R^2} \cdot q \cdot \exp\left(-\frac{Rr_b}{300r_{bo}}\right);$$

$$X_{захв} = \frac{5,0 \cdot 10^8}{R^2} \cdot q \cdot \exp\left(-\frac{Rr_b}{410r_{bo}}\right).$$

## 2. Пример решения задачи по оценке устойчивости оборудования объекта

### Задача

Оценить устойчивость электронного оборудования сборочного цеха завода при воздействии проникающей радиации от взрыва нейтронного боеприпаса при следующих исходных данных: удаление цеха от вероятной точки прицеливания  $R_r = 1,1$  км, мощность боеприпаса  $q = 5$  кт, вероятное максимальное отклонение боеприпаса от точки прицеливания  $r_{отк} = 0,1$  км, взрыв воздушный на высоте 2 км. ЭВМ установлена в одноэтажном производственном здании. Основой ЭВМ являются интегральные микросхемы.

## Решение

1. Определяем минимальное расстояние до вероятного центра взрыва:

$$R_x = R_r - r_{\text{отк}} = 1,1 - 0,1 = 1 \text{ км} = 1000 \text{ м.}$$

2. Рассчитываем максимальные параметры проникающей радиации потока нейтронов, мощности дозы облучения и величины экспозиционной дозы гамма-излучений, ожидаемые на объекте при ядерном взрыве:

поток нейтронов

$$\Phi_n = \frac{7,5 \cdot 10^{22}}{R^2} \cdot q \cdot \exp\left(-\frac{R \cdot r_B}{170 \cdot r_{\text{во}}}\right) = \frac{7,5 \cdot 10^{22}}{1000^2} \cdot 5 \exp\left(-\frac{1000 \cdot 0,822}{170}\right) \approx 3 \cdot 10^{15} \text{ н/м}^2;$$

мощность дозы гамма-излучения

$$P_x = \frac{1,0 \cdot 10^{15}}{R^2} \cdot q \cdot \exp\left(-\frac{R \cdot r_B}{250 \cdot r_{\text{во}}}\right) = \frac{1,0 \cdot 10^{15}}{1000^2} \cdot 5 \exp\left(-\frac{1000 \cdot 0,822}{250}\right) \approx 1,86 \cdot 10^8 \text{ Р/с};$$

доза мгновенного гамма-излучения

$$X_{\text{мгн}} = \frac{1,0 \cdot 10^8}{R^2} \cdot q \cdot \exp\left(-\frac{R \cdot r_B}{250 \cdot r_{\text{во}}}\right) = \frac{1,0 \cdot 10^8}{1000^2} \cdot 5 \exp\left(-\frac{1000 \cdot 0,822}{250}\right) \approx 1,86 \text{ Р};$$

доза осколочного гамма-излучения

$$X_{\text{оск}} = \frac{1,4 \cdot 10^9 (1 + 0,2 \cdot 5^{0,65})}{R^2} \cdot q \cdot \exp\left(-\frac{R \cdot r_B}{300 \cdot r_{\text{во}}}\right) =$$
$$= \frac{1,4 \cdot 10^9 (1 + 0,2 \cdot 5^{0,65})}{R^2} \cdot 5 \exp\left(-\frac{1000 \cdot 0,822}{300}\right) \approx 7,1 \cdot 10^2 \text{ Р};$$

доза захватного гамма-излучения

$$X_{\text{захв}} = \frac{5,0 \cdot 10^8}{R^2} \cdot q \cdot \exp\left(-\frac{R \cdot r_B}{410 \cdot r_{\text{во}}}\right) = \frac{5,0 \cdot 10^8}{R^2} \cdot 5 \cdot \exp\left(-\frac{1000 \cdot 0,822}{410}\right) \approx 3,4 \cdot 10^2 \text{ Р.}$$

Полная доза гамма-излучения составит:

$$X_g = X_{\text{мгн}} + X_{\text{оск}} + X_{\text{захв}} = 18,6 + 7,1 \cdot 10^2 + 3,4 \cdot 10^2 = 1068,6 \text{ Р.}$$

3. Находим коэффициент ослабления радиации зданием цеха  $K_{\text{осл.зд.пр}}$ , прил. 4. Он равен 5.

4. Определяем допустимые параметры проникающей радиации  $\Pi_{\text{д}}$  для открытой местности ( $K_{\text{осл}} = 1$ ) и с учётом ослабления радиации зданием цеха ( $K_{\text{осл.зд.пр}} = 5$ ).

5. По прил. 2 для микросхем определяем предел устойчивости ЭВМ – максимальные допустимые параметры проникающей радиации:

$$\Phi_{\text{nlim}} = 5 \cdot 10^{15} \text{ н/м}^2; P_{\text{xlim}} = 10^4 \text{ Р/с}; X_{\text{glim}} = 10^5 \text{ Р}.$$

6. Определяем отношение расчётных (ожидаемых) значений параметров к допустимым  $\Pi_{\text{р}} / \Pi_{\text{д}}$ .

7. Полученные результаты записываем в табл. 1.

Таблица 1

Результаты оценки устойчивости работы ЭВМ цеха  
к воздействию проникающей радиации

Параметры проникающей радиации	Расчётные (ожидаемые) $\Pi_{\text{р}}$	Допустимые $\Pi_{\text{д}}$		Отношение $\Pi_{\text{р}}/\Pi_{\text{д}}$
		$K_{\text{осл}}=1$	$K_{\text{осл}}=5$	
$\Phi_{\text{н}}, \text{ н/м}^2$	$3 \cdot 10^{15}$	$5 \cdot 10^{15}$	$2,5 \cdot 10^{16}$	$1,2 \cdot 10^{-1}$
$P_{\text{х}}, \text{ Р/с}$	$1,86 \cdot 10^8$	$10^4$	$5 \cdot 10^4$	3720
$X_{\gamma}, \text{ Р}$	$9,58 \cdot 10^2$	$10^5$	$5 \cdot 10^5$	$1,9 \cdot 10^{-3}$

8. Анализируем полученные результаты и делаем вывод, что наиболее опасным для ЭВМ цеха является гамма-излучение, где предел устойчивости  $P_{\text{xlim}} = 10^4 \text{ Р/с}$ . Поэтому ЭВМ необходимо защитить от гамма-излучения экраном, который должен обеспечить  $K_{\text{осл}} \geq 3720$ .

9. Определяем параметры экрана для защиты ЭВМ от нейтронов, воспользовавшись графиком прил.5, от гамма-излучений – графиком прил. 6.

Для ослабления поражающего воздействия в 3 720 раз (указанного в задаче) необходимо иметь защитный экран из железобетона примерно 115 см.

### 3. Самостоятельная работа

#### Задача

Оценить устойчивость электронного оборудования сборочного цеха завода при воздействии проникающей радиации от взрыва нейтронного боеприпаса. Электронное оборудование установлено в одноэтажном производственном здании. Исходные данные вариантов задачи приведены в табл. 2.

Таблица 2

Исходные данные для задачи

Исходные данные	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Удаление цеха от точки прицеливания $R_r$ , км	1,6	1,1	1,5	1,4	1,3	1,2
Мощность боеприпаса $q$ , кт	5	4	5	6	3	6
Отклонение боеприпаса от точки прицеливания $r_{отк}$ , км	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Высота взрыва боеприпаса, км	3,0	1,0	3,0	1,0	5,0	2,0
Основой электронного оборудования являются	Микросхемы	Транзисторы, диоды	Выпрямители	Инфракрасная техника	Микросхемы	Оптические приборы

Исходные данные	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
Удаление цеха от точки прицеливания $R_T$ , км	1,2	1,7	1,7	1,8	1,65	1,45
Мощность боеприпаса $q$ , кт	4,5	7,0	8,0	9,0	2,0	3,0
Отклонение боеприпаса от точки прицеливания $r_{отк}$ , км	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Высота взрыва боеприпаса, км	5,0	8,0	3,0	10,0	4,0	5,0
Основой электронного оборудования являются	магнитные материалы	выпрямители	диэлектрические материалы	электрические батареи	интегральные схемы	конденсаторы

### Контрольные вопросы

1. Цель применения термоядерных боеприпасов, принцип их действия и устройство.
2. Основное назначение термоядерного оружия и его поражающие факторы.
3. Характеристика видов лучевой болезни.
4. Критерии устойчивости работы радиоэлектронных систем и их характеристика.
5. Понятие об экспозиционной дозе облучения и единицах её измерения.
6. Мощность экспозиционной дозы облучения и единицы её измерения.
7. Виды гамма-излучений и их характеристика.
8. Основные способы защиты радиоэлектронных систем от проникающей радиации.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

Распределение энергии по поражающим факторам, %

Поражающие факторы	Нейтронный боеприпас	Обычный ядерный боеприпас
Ударная волна	40	50
Световое излучение	25	35
Проникающая радиация	30	4
Радиоактивное заражение	5	10
Электромагнитный импульс	-	1

### Приложение 2

Максимально допустимые потоки нейтронов, экспозиционных доз и мощности дозы гамма-излучений для материалов и элементов радиоэлектронной и оптико-электронной аппаратуры

Элементы радиоаппаратуры и материалы	Поток нейтронов, н/м <sup>2</sup>	Мощность дозы гамма-излучения, Р/с	Доза гамма-излучения, Р
1	2	3	4
Транзисторы, диоды общего назначения	$10^{15} \dots 10^{18}$	$10^5$	$10^4 \dots 10^6$
Микросхемы	$5 \cdot 10^{15}$	$10^4$	$10^5$
Интегральные схемы	$10^{17} \dots 10^{21}$	$10^5$	$5 \cdot 10^5$
Радиолампы	$9 \cdot 10^{19}$	$5 \cdot 10^6$	-
Конденсаторы	$10^{18} \dots 10^{21}$	$10^5$	$10^7 \dots 10^9$
Резисторы	$2 \cdot 10^{19}$	$10^6$	$10^7 \dots 10^9$

1	2	3	4
Элементы инфракрасной техники	$10^{17}$	$10^3$	$10^5 \dots 10^6$
Оптические приборы	$10^{17}$	$10^3$	$10^5 \dots 10^6$
Магнитные материалы	$10^{19}$	$10^7$	-
Диэлектрические материалы	$10^{21} \dots 10^{25}$	$10^4$	$10^{10}$

Примечание. Выход из строя элементов и материалов происходит при значениях на два порядка больше указанных в таблице.

## Приложение 3

Отношение плотности воздуха на различных высотах к плотности у земли  
для стандартной атмосферы

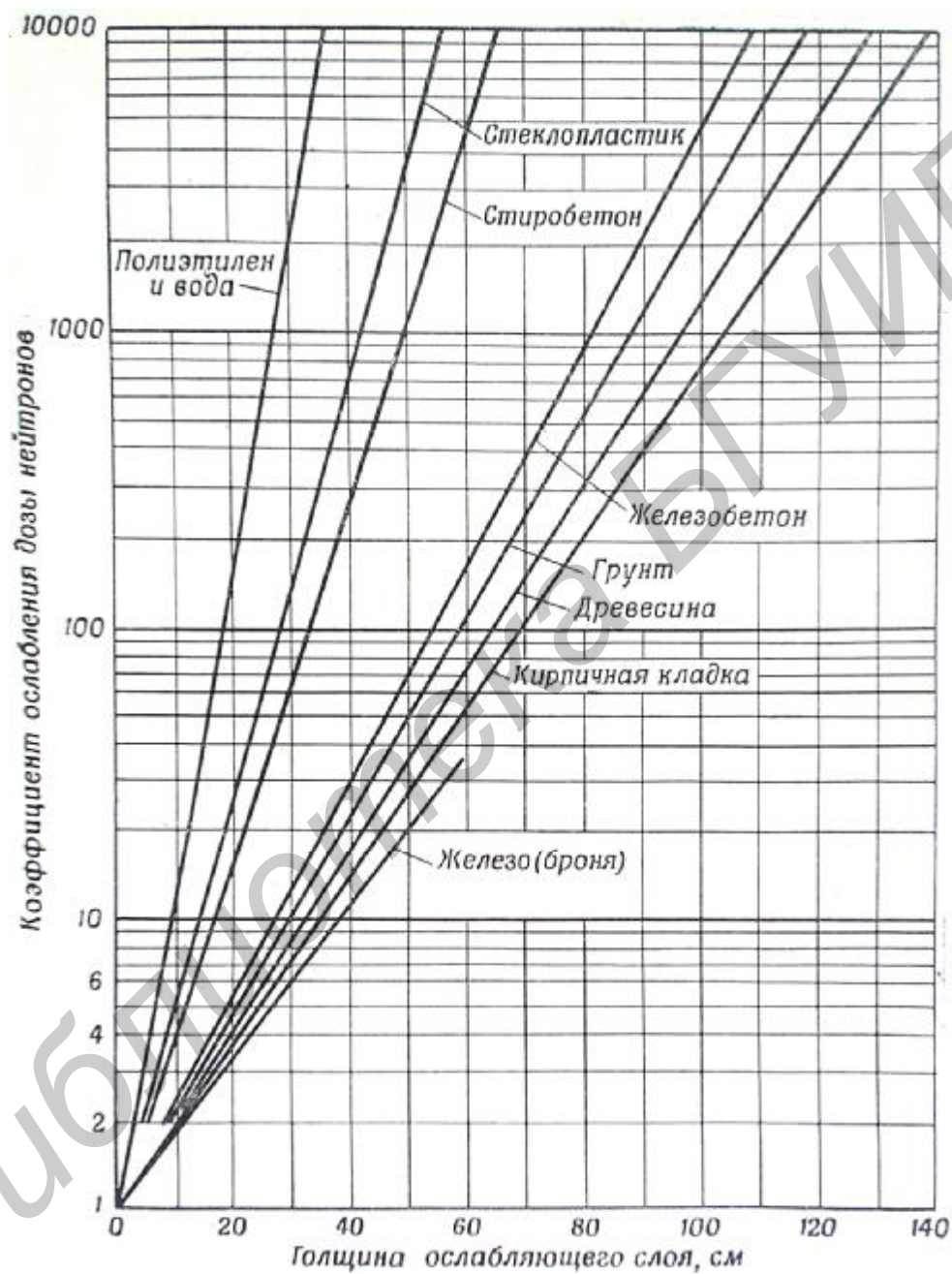
Высота, км	0	1	2	3	4	5	8	10	15
$r_b / r_{bo}$	1	0,907	0,822	0,742	0,669	0,601	0,428	0,337	0,156

## Приложение 4

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

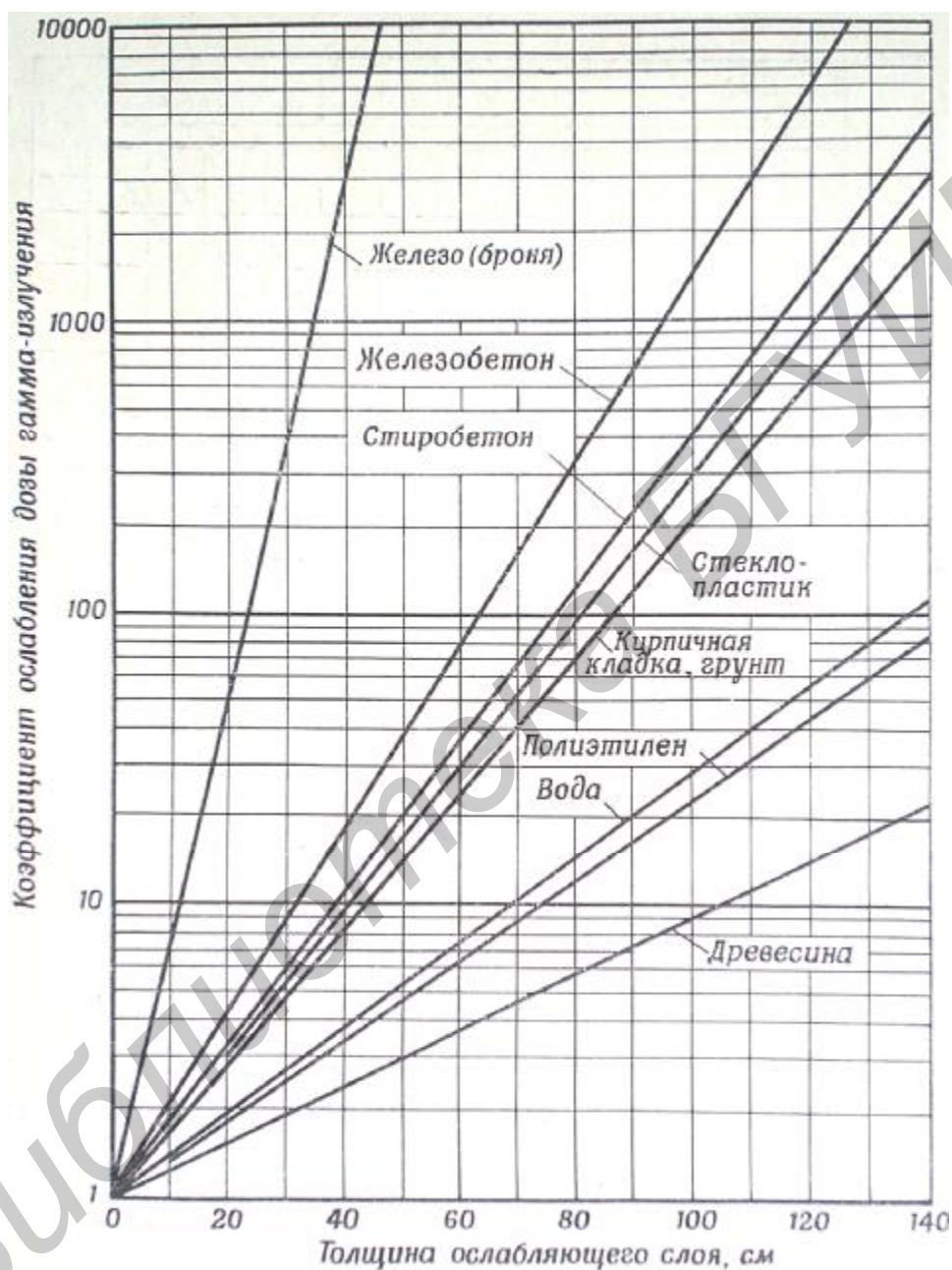
Здания и сооружения	От радиоактивного заражения	От проникающей радиации
Производственные одноэтажные здания (цеха)	7	5
Здания из сборного железобетона	8	6
Здания с лёгким металлическим каркасом	5	4
Кирпичное одноэтажное здание	10	6
Здания с металлическим каркасом и бетонным заполнением	12	8

Зависимость степени ослабления дозы нейтронов от толщины материалов





Зависимость степени ослабления дозы гамма-излучения  
от толщины материалов



**ЛИТЕРАТУРА**

1. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения: справочник / Г. П. Демиденко [и др.]. – Киев, 1989.
2. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях: учеб. пособие / И. С. Асаёнок [и др.]. – Минск, 2000.

Учебное издание

**Навоша** Адам Имполитович  
**Зацепин** Евгений Николаевич  
**Гончарик** Елена Валентиновна и др.

**ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ  
СИСТЕМ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ**

Методическое пособие  
для практических занятий по дисциплине  
«Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях.  
Радиационная безопасность»

Редактор Т. Н. Крюкова

Корректор Е. Н. Батурчик

---

Подписано в печать 25.06.2008.  
Гарнитура «Таймс».  
Уч.-изд. л. 1,0.

Формат 60×84 1/16.  
Печать ризографическая.  
Тираж 300 экз.

Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 1,28.  
Заказ 97.

---

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