

И.Ю. Чернявский

*Военный институт танковых войск НТУ “ХПИ”, Харьков, Украина*

## ОЦЕНКА ФАКТИЧЕСКИХ ЗОН РЕГИСТРАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА ПРИ СОЗДАНИИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ВОЕННОГО ХАРАКТЕРА

*В работе исследуется методологический аппарат определения фактических зон регистрации светового и гамма-нейтронного излучения проникающей радиации ядерного взрыва. На основе войскового опыта применения оптических станций засечки анализируется влияние метрологических условий на определение фактических зон регистрации светового излучения. На основе учета порога чувствительности измерительного канала и порога радиационной стойкости элементной базы регистраторов проведена оценка максимального и минимального радиуса регистрации параметров по мгновенному гамма-нейтронному излучению проникающей радиации.*

**Ключевые слова:** световое и гамма-нейтронное излучение, система мониторинга, регистратор параметров ядерного взрыва.

### Введение

**Постановка проблемы.** В условиях обострения военно-политической напряженности в мире, пересмотра стратегий и тактики применения ракет средней и малой дальности, снижения порога применимости ядерного оружия [1] попытки сделать его более “чистым”, менее мощным, более ограниченным с точки зрения масштабов поражающего действия и особенно возможных последствий его применения – возникает острая необходимость качественно оценивать сложившуюся ситуацию [2–3]. Низкая эффективность применения существующих прогнозных методик по оценке обстановки в очагах ядерного поражения, приводящая к значительным ошибкам при решении задач оценки ущерба промышленно-экономической инфраструктуре государства (расположенных, как правило, вблизи крупных населенных пунктов), в современных условиях связана с отсутствием надежной и своевременной информации о параметрах ядерного взрыва. Кроме того, отсутствуют в настоящее время и эффективные войсковые методы регистрации параметров взрывов малых и сверхмалых калибров (нейтронных боеприпасов).

В работах [4–6] предлагается создание системы мониторинга параметров ядерного взрыва для оценки возможных безвозвратных и санитарных потерь мирного населения в случаях нанесения точечных ударов по объектам инфраструктуры государства. Безусловно, такая система должна иметь свои особенности построения, ориентируясь на размещения критических объектов инфраструктуры, на возможности регистрации необходимых параметров ЯВ различной мощности, вида и типа ядерного боеприпаса.

Исследования в данной области ведутся как по усовершенствованию методов автоматического определения необходимых и достаточных параметров ядерных взрывов на основе регистрации полупроводниковыми детекторами светового и мгновенного гамма-нейтронного излучения [7–9], так и по созданию эффективных алгоритмов работы таких систем мониторинга [10].

Вопросы метрологии измерения необходимых параметров ядерного взрыва и обоснования структуры (размещения) системы в городских условиях очень тесно связаны между собой и должны учитывать войсковой опыт применения станций световой, акустической и электромагнитной засечки (специальный контроль) [11–12].

Анализ показывает, что тщательный выбор мест расположения станций с учетом топографических условий обеспечивает круговой обзор и максимально возможную дальность регистрации ЯВ.

Основой размещения светочувствительных станций засечки на местности является определение границ фактической зоны регистрации  $R_{\text{фак}}$ , которые должны охватывать площадь, в пределах которой ЯВ определенной мощности (от 1 кт до 10 Мт) будет засекаться хотя бы двумя пунктами засечки, расстояние между которыми определяется выражением:

$$d = 1,74R_{\text{фак}}. \quad (1)$$

Количество станций зависит от площади территории, подлежащей контролю  $S$ , и планируемого радиуса зоны для одной станции:

$$n = \frac{S}{2,6 \cdot R_{\text{фак}}^2}. \quad (2)$$

В современных условиях применение постов регистрации параметров ЯВ в населенных пунктах (городах), так же, будут иметь свои особенности:

- система мониторинга параметров ЯВ направлена прежде всего на оценку сложившейся ядерной обстановки в границах территории города;

- в условиях применения тактических ядерных боеприпасов малого и сверхмалого калибра (до 10 кт), нейтронных боеприпасов с повышенным выходом до 80% гамма-нейтронного излучения проникающей радиации нерадикационные факторы поражения уходят на второй план. Ожидаются массовые радиационные поражения населения в “чистом” виде;

- соотношение компонент гамма-нейтронного излучения проникающей радиации зависит от мощности, вида ЯВ, а, главное, от типа ядерного боеприпаса.

В связи с этим построение фактических зон оптической и гамма-нейтронной регистрации параметров в большей степени связано с оценкой не топографических условий, а с реальной возможностью регистрации необходимого фактора (световое излучение, гамма или нейтронное излучение) на заданном расстоянии от центра взрыва малого и сверхмалого калибра (нейтронного боеприпаса).

Выявления минимальных и максимальных радиусов засечки (измерения необходимых параметров ЯВ), зависит от чувствительности приемных трактов регистраторов.

Кроме того, вопросы стойкости регистрируемой аппаратуры к повышенному выходу гамма-нейтронного излучения нейтронных боеприпасов и электромагнитному импульсу (ЭМИ) ЯВ также являются определяющими при оценках фактических зон регистрации и могут играть существенную роль в обосновании оптимальной структуры построения системы мониторинга и ее аппаратной избыточности. В литературе данные вопросы не исследованы и требуют детальной проработки. Поэтому целью данной работы является анализ методологического аппарата оценки фактических зон регистрации параметров ЯВ с учетом чувствительности и стойкости применяемой аппаратуры регистрации.

## Изложение основного материала

Способность точной регистрации [7–9] местонахождение источника высокоинтенсивного гамма-излучения в пространстве открывает возможность использования триангуляционного метода расчета расстояния до центра ЯВ.

Система мониторинга состоит из постов регистрации параметров ЯВ, из которых один является ведущим.

Система углов (азимут –  $\varphi$  и угол места –  $\theta$ ) в пространстве такой системы представлена на рис. 1:

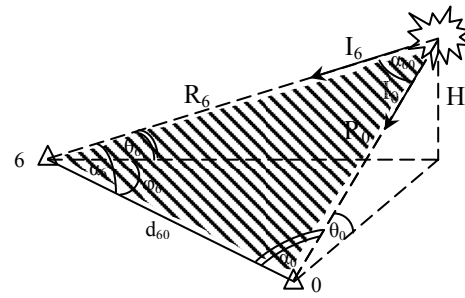


Рис. 1. Схема углов в пространстве при реализации триангуляционного метода контроля параметров ЯВ

Тогда расстояние до центра ядерного взрыва описывается известным выражением:

$$R_0 = \frac{d_{60} \cdot \sin(\alpha_6)}{\sin(180 - \alpha_6 + \alpha_0)}, \quad (3)$$

где  $d_{60}$  – базовое расстояние между постами регистрации 0 и 6, определяющее точность измерения расстояния до центра ядерного взрыва, а также живучесть системы мониторинга при воздействии поражающих факторов ядерного взрыва. Понятие “ведущий-ведомый” в такой системе мониторинга параметров ЯВ должно быть чисто условно.

При рассмотрении живучести и надежности таких систем должен учитываться вопрос взаимозаменяемости постов регистрации, учитывая их рассредоточение на местности (рис. 2), а, значит, необходимо выбирать оптимальное базовое расстояние между регистраторами по выражению (1).

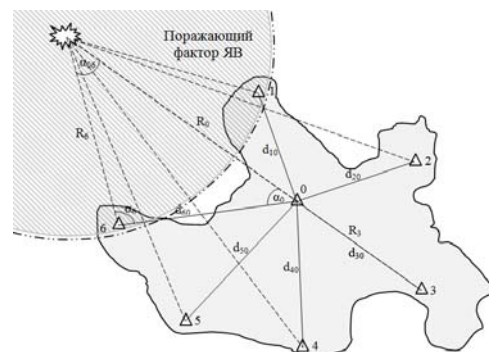


Рис. 2. Вариант размещения постов регистрации системы мониторинга

В идеальных условиях максимальная дальность регистрации параметров ЯВ с учетом кривизны Земли будет зависеть от высоты до верхней части вспышки ядерного взрыва, от мощности и вида взрыва [11; 13], от высоты размещения поста регистрации над Землей.

При средней высоте современных 9 этажных домов в 30 метров для мощностей ЯВ от 1 кт до 1 Мт максимальная дальность регистрации может составить порядка от 56 км до 160 км. Однако, для оптического регистратора дальность прямой види-

мости зависит еще и от коэффициента ослабления светового излучения  $K$  в атмосфере, которое постоянно и изменяется в зависимости от состояния прозрачности атмосферы, высоты и мощности ядерного взрыва [13]. На максимальную дальность оптической регистрации параметров ЯВ влияет также порог чувствительности кремниевых PIN детекторов.

Используя значения токовой монохроматической чувствительности для ФД-337А (0,3 А/Вт), а, также, зависимость, определяющую значение светового импульса ядерного взрыва [13], были рассчитаны радиусы зон засечки ядерных взрывов оптическим регистратором на основе кремниевых PIN детекторов для различных условий (рис.3): 1 – воздушный взрыв ( $K=0,04$ ); 2 – воздушный взрыв ( $K=0,15$ ); 3 – воздушный взрыв ( $K=0,15$ ); 4 – воздушный взрыв ( $K=0,4$ ); 5 – наземный взрыв ( $K=0,4$ ); 6 – наземный взрыв ( $K=1$ ).

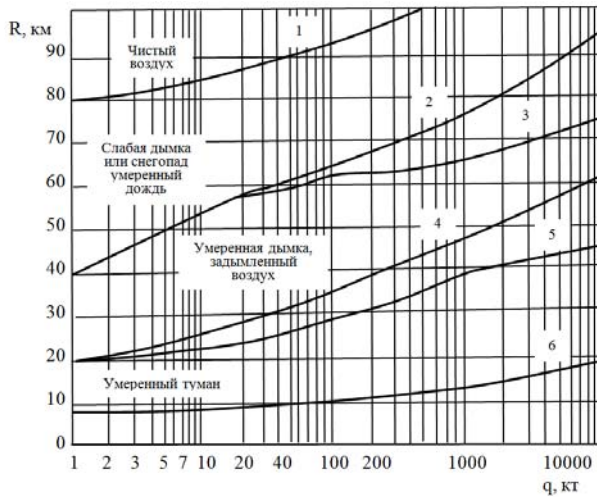


Рис. 3. Зависимость радиуса оптической регистрации ЯВ от метеорологических условий и мощности взрывов

При умеренном тумане для всех мощностей ЯВ радиус зоны регистрации лежит в пределах от 8 км до 18 км. Фактический радиус зоны регистрации мощности ЯВ в 1 кт по первой фазе светового излучения в зависимости от метеоусловий может составить от 18 км до 80 км.

Максимальная дальность регистрации параметров ЯВ по гамма-нейтронному излучению будет зависеть как от порога чувствительности полупроводникового детектора, так и от аппаратуры обработки сигнала.

Нижнюю границу регистрации параметров ЯВ целесообразно считать границей радиационной и электромагнитной устойчивости работы аппаратных средств, которые реализуют предложенный метод (рис. 4).

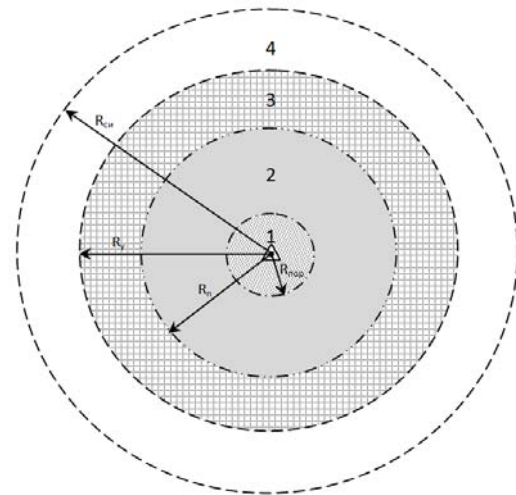


Рис. 4. Радиусы зон регистрации параметров ЯВ постом регистрации: зона 1 – зона радиационного и электромагнитного (ЭМИ) поражения регистратора; 2 – максимальная дальность регистрации флюенса быстрых нейтронов и оценки очага ядерного поражения; 3 – максимальная дальность обнаружения мгновенных гамма-квантов и выявление применения ядерного боеприпаса; 4 – максимальная дальность оптической регистрации мощности ЯВ и направления на центр взрыва

Максимальная дальность обнаружения факта подрыва ядерного боеприпаса может быть определена радиусом распространения мгновенного гамма-излучения проникающей радиации. Удельный выход мгновенного гамма-излучения практически не зависит от конструктивных особенностей боеприпаса: атомный –  $0,68 \cdot 10^{23}$ ; термоядерный –  $0,4 \cdot 10^{23}$ ; нейтронный –  $2,7 \cdot 10^{23}$   $\gamma$ -квантов/кт [14], а 2/3 квантов имеет энергию 1–4 МэВ. На мгновенное гамма-излучение приходится менее 1 % от полной энергии взрыва, однако, вследствие короткого времени испускания мощности дозы мгновенная составляющая имеет значительную величину на больших расстояниях от места взрыва, что определяет его поражающее действие на многие виды РЭА (порог работоспособности фотодиодов  $4,1 \cdot 10^{10}$  Р/с).

С другой стороны, актуальной проблемой в настоящее время является регистрация импульсного излучения с длительностью от единиц наносекунд до нескольких десятков микросекунд с мощностью дозы до  $10^{10}$  Р/с и дозой до  $10^4$  Р [15]. Изложенный в монографии материал показывает, что методы диагностики низкотемпературной плазмы могут обеспечить широкий диапазон (от единиц до  $10^{13}$  Р/с) и высокое время разрешения (до  $10^{-9}$  с) при дозиметрии однократных импульсов гамма-излучения. Однако, доступные в настоящее время ионизационные методы регистрации высокоинтенсивных гамма-

излучений показывают, что их разрешающее время при нормальном атмосферном давлении воздуха не может быть менее  $10^{-6}$  с практически регистрируемой мощностью дозы не более  $10^6$  Р/с. Нижняя граница чувствительности определяется как способность регистрации полезного сигнала на уровне собственных шумов детектора, что в радиолокации определяется как отношение сигнал/шум и будет зависеть от конструктивных особенностей усилительно-тракта и аппаратуры обработки сигнала.

Апробация разработанного регистратора мгновенного гамма-излучения на основе TeCd детектора показала возможность гарантированно регистрировать мощность дозы в 4 Гр/мин (6,6 Р/с) с энергией от 1-6 МэВ высокоинтенсивного импульсного гамма-излучения медицинского ускорителя Varian Clinac 600 С. С учетом вышеизложенного, оценены радиусы применения регистратора мгновенного гамма-излучения мощностей ядерных боеприпасов 0,2; 1; 10; 100 кт и 1 Мт (рис. 5).

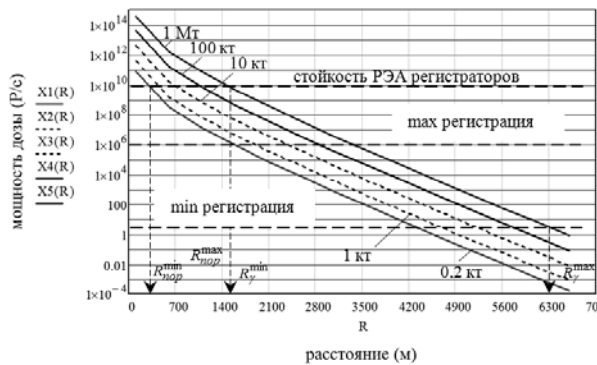


Рис. 5. Радиусы применения регистратора мгновенного гамма излучения для типовых мощностей ядерных боеприпасов

На рис. 6 проанализирована зависимость мощности мгновенного гамма-излучения от расстояния для мощности взрыва 1 кт для различных высот подрыва ядерного боеприпаса (для различной плотности воздуха на заданной высоте).

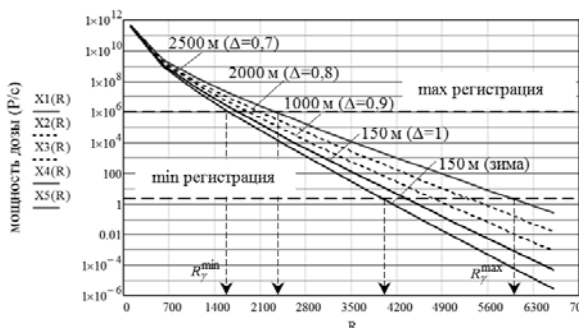


Рис. 6. Зависимость мощности мгновенного гамма излучения от расстояния до центра ЯВ для различных условий распространения излучения в атмосфере

Анализ зависимостей показывает, что максимальный радиус регистрации по мгновенному гамма-излучению может находиться в пределах от 4200 м до 6300 м (в зависимости от мощности ЯВ), при этом минимальный радиус регистрации гамма излучения, определяемый современным максимальным уровнем регистрации высокоинтенсивного излучения (либо для перспективных методов – радиационной стойкостью РЭА), может составить от 1400 м до 3500 м (300 м до 1500 м) от центра ЯВ. Изменения относительной плотности воздуха незначительно (до 800 м) влияет на близких расстояниях от центра взрыва и существенно (2000 м) на больших расстояниях, что сказывается на погрешности оценки максимального радиуса регистрации мгновенного гамма- излучения. В целом зона регистрации по мгновенному гамма-излучению может составить порядка 4800–5000 м.

На рис.7 проанализированы зависимости флюенса быстрых нейтронов от расстояния до центра ЯВ нейтронного боеприпаса различной мощности и различных условий.

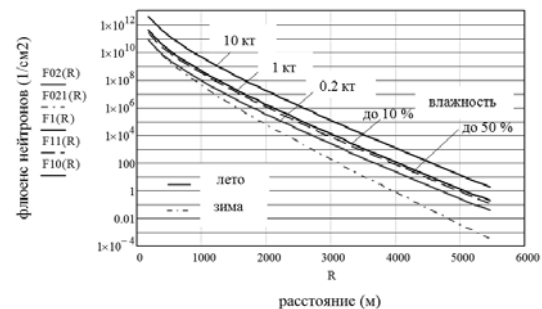


Рис. 7. Зависимость флюенса быстрых нейтронов от расстояния до центра ЯВ нейтронного боеприпаса различной мощности и различных условий

Анализ показывает, что на значение флюенса быстрых нейтронов на заданном расстоянии значительно сказывается не только мощность взрыва, но и относительная плотность воздуха. Влажность подстилающей поверхности сказывается незначительно, потому при оценке радиусов регистрации может не учитываться. В то же время для надежной регистрации параметров ЯВ с идентификацией типа ядерного боеприпаса и классификацией очага ядерного поражения необходимо фиксировать радиус распространения нейтронной компоненты проникающей радиации (рис. 8). Для летних условий рассчитаны максимально и минимально возможные радиусы регистрации флюенса потока быстрых нейтронов от атомного боеприпаса мощностью 1 кт; нейтронного – 0,2 кт и термоядерного – 10 Мт при высоте подрыва 150 м и расположения регистратора на высоте 30 м.

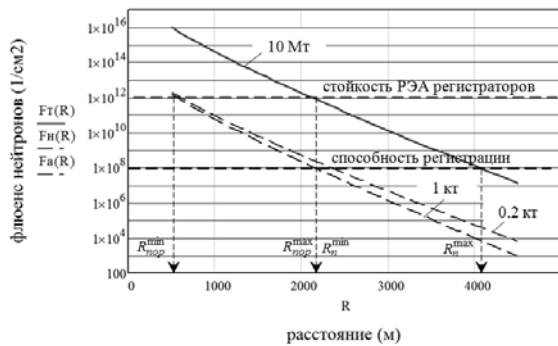


Рис. 8. Радіуси застосування регістратора нейтронного випромінювання для типових потужностей ядерних боєприпасів різного типу

Учитывая современный уровень измеряемости флюенса быстрых нейтронов полупроводниковыми детекторами, оценка полученных результатов показывает, что, в зависимости от типа и мощности ядерного боеприпаса, возможный радиус регистрации меняется от 2200 м до 4100 м от центра ЯВ. Минимальный радиус регистрации, при котором регистратор выдаст достоверные данные о параметрах ЯВ, изменяется от 500 м (для боеприпасов малой и сверхмалой мощности) и 2100 м для термоядерного боеприпаса мощностью 10 Мт. При оценке данного параметра учитывалась стойкость регистратора к действию нейтронного излучения [16–18]. Анализ динамического диапазона (разницы между радиусом регистрации и радиусом поражения регистратора) показывает примерно одинаковый порядок значений (1700–2000 м) для всех сценариев применения ядерного оружия (рис. 8). В целом, зона регистрации по нейтронному излучению может составить порядка

1800–3500 м, что в 1,5 раза меньше, чем зона по мгновенному гамма-излучению. Для учета наихудшей ситуации по регистрации боеприпасов сверхмалого калибра (0,2 кт) целесообразно принять минимальный радиус регистрации мгновенного гамма-излучения равным 4250 м от центра взрыва и 2200 м для нейтронного излучения. Рассчитанный минимальный радиус регистрации мгновенного гамма-излучения в 4 раза превышает радиус поражения регистратора и в 2 раза по нейтронному излучению.

При построении системы мониторинга на основе регистраторов мгновенного гамма-излучения расстояние между соседними постами может составить порядка 7400 м, на основе регистраторов гамма-нейтронного излучения – 3830 м.

## Выводы

1. Предлагаемая система мониторинга, реализованная в постах регистрации параметров ЯВ, должна иметь гибкую и надежную структуру, а ее построение должно зависеть как от масштабов фактических зон засечки необходимых параметров, так и от стойкости регистраторов к поражающим факторам ядерного взрыва;
2. Предложен поход к оценке фактических зон оптической и гамма-нейтронной регистрации параметров ЯВ с учетом метрологических условий и способности регистрировать гамма-нейтронное излучение проникающей радиации. На основании полученных фактических зон рассчитаны оптимальные базовые расстояния между соседними постами регистрации для различных вариантов реализации регистраторов параметров ядерного взрыва.

## Список литературы

1. Левшин В.И. О применении ядерного оружия для дэскалации военных действий / В.И. Левшин, А.В. Неделин, М.Е. Сосновский // Военная мысль. – 1999. – № 3(5-6). – С. 34-37.
2. Чернявский И.Ю. Войсковая дозиметрия как система выявления и оценки радиационной обстановки / И.Ю. Чернявский // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2015. – № 4(21). – С. 126-133.
3. Чернявский И.Ю. Оценка степени радиационного поражения путём прогнозирования дозовых нагрузок за данными датчика боеспособности / И.Ю. Чернявский, В.В. Марущенко, А.В. Матякин // Системи озброєння і військова техніка. – 2016. – № 1(45). – С. 196-202.
4. Чернявский И.Ю. Анализ условий для создания системы выявления и оценки уровня радиационной безопасности жизнедеятельности населения при чрезвычайных ситуациях военного характера / И.Ю. Чернявский, В.В. Тютюнник, В.Д. Калугин // Проблеми надзвичайних ситуацій: Збірник наукових праць Національного університету цивільного захисту України. – 2016. – № 23. – С. 168-185.
5. Розробка науково-технічних основ для створення системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру та забезпечення екологічної безпеки / В.Д. Калугін, В.В. Тютюнник, Л.Ф. Чорногор, Р.І. Шевченко // Системи обробки інформації. – 2013. – № 9(116). – С. 204-216.
6. Науково-конструкторські основи створення комплексної системи моніторингу надзвичайних ситуацій в Україні: Монографія / В.А. Андронов, М.М. Дівізінюк, В.Д. Калугін, В.В. Тютюнник. – Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2016. – 319 с.
7. Применение кремниевых рпн детекторов для регистрации параметров ядерного взрыва / И.Ю. Чернявский, А.Н. Григорьев, З.В. Билик, В.Б. Матякин // Системи озброєння і військова техніка. – 2016. – № 4(48). – С. 61-68.
8. Визначення напрямку на імпульсне гамма-джерело з використанням сферичного поглиначка / Ю.В. Литвинов, О.М. Григор'єв, З.В. Білик, М.С. Полянський, О.В. Сакун, В.В. Марущенко // Вісник НТУ «ХПІ». Збірник наукових праць. Електроенергетика та перетворювальна техніка. – 2017. – № 4(1226). – С. 89-94.
9. Деякі аспекти створення приладу визначення напрямку на точкові джерела гамма-випромінювання / Ю.В. Литвинов, О.М. Григор'єв, З.В. Білик, М.С. Полянський, О.В. Сакун, В.В. Марущенко // Вісник НТУ «ХПІ». Збірник наукових праць.

Електроенергетика та перетворювальна техніка. – 2017. – № 4(1226). – С. 82-89.

10. Использование результатов при разработке теоретических и методологических основ построения системы радиационного мониторинга чрезвычайных ситуаций военного характера / В.В. Тютюник, В.Д. Калугин, З.В. Билык, В.Б. Матюкин // Системи управління, навігації та зв'язку: Збірник наукових праць Полтавського НТУ ім. Ю. Кондратюка. – 2018. – № 1(47). – С. 176-184.

11. Днепровский А.П. Оружие массового поражения и защита авиационных подразделений / А.П. Днепровский. – ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1983. – 358 с.

12. Шкиренко А.К. Светотехническая станция засечки ядерных взрывов К-611-0. – Севастополь: Севастопольское высшее военно-морское инженерное училище, 1990. – 146 с.

13. Боевые свойства ядерного оружия. – М.: Военное издательство МО СССР, 1967. – 624 с.

14. Абрамов А.И. Основы экспериментальных методов ядерной физики / А.И. Абрамов, Ю.А. Казанский, Е.С. Матусевич. – М.: Атомиздат, 1970. – 560 с.

15. Тарасенко Ю.Н. Ионизационные методы дозиметрии высокоинтенсивного ионизирующего излучения / Ю.Н. Тарасенко. – М.: Техносфера, 2013. – 264 с.

16. Радиационная стойкость полупроводниковых детекторов корпускулярного и гамма-излучения / Л.Н. Давыдов, А.А. Захарченко, Д.В. Кутний и др. – Вісник Харківського університету. Серія фізична “Ядра, частинки, поля”. – 2005. Вип. 1(26). – Том 657. – С. 3-21.

17. Мырова Л.О. Обеспечение стойкости аппаратуры связи к ионизирующим и электромагнитным излучениям / Л.О. Мырова, А.З. Чепиженко. – М.: Радио и связь, 1988. – 296 с.

18. Таперо К.И. Радиационные эффекты в кремниевых интегральных схемах космического применения / К.И. Таперо, В.Н. Улимов, А.М. Членов. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. – 304 с.

## References

1. Levshin, V.I., Nedelin, A.V. and Sosnovskij, M.E. (1999), “O primeneniі yadernogo oruzhiya dlya deescalacii voennyh dejstvij” [On the use of nuclear weapons for the de-escalation of hostilities], *Military thought*, No. 3, pp. 34-37.
2. Cherniavskiy, I.Y. (2015), “Vojskovaya dozimetriya kak sistema vyyavleniya i ochenki radiacionnoj obstanovki.” [Military dosimetry as a system for detecting and assessing the radiation situation], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 4(21), pp. 126-133.
3. Cherniavskiy, I.Y., Marushenko, V.V. and Matykin, A.V. (2016), “Ocenka stepeni radiacionnogo porazheniya putyom prognozirovaniya dozovyh nagruzok za dannymi datchika boesposobnosti” [Assessment of the degree of radiation damage by predicting dose loads according to the data of the combat capability sensor], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 1(45), pp. 196-202.
4. Cherniavskiy, I.Y., Tyutyunik, V.V. and Kalugin, V.D. (2016), “Analiz uslovij dlya sozdaniya sistemy vyyavleniya i ochenki urovnya radiacionnoj bezopasnosti zhiznedeyatelnosti naseleniya pri chrezvychajnyh situacijah voennogo haraktera” [Analysis of conditions for creating a system to identify and assess the level of radiation safety of vital activity of the population in emergency situations of a military nature], *Collection of scientific works. Emergency issues. National University of Civil Defence of Ukraine*, No. 23, pp. 168-185.
5. Kalugin, V.D., Tyutyunik, V.V., Chornogor, L.F. and Shevchenko, R.I. (2013), “Rozrobka naukovo-tehnichnih osnov dlya stvorenniya sistemi monitoringu, poperedzhennya ta likvidaciyi nadzvichajnih situacij prirodnoho ta tehnogennogo harakteru ta zabezpechennya ekologichnoyi bezpeki” [Development of scientific and technical bases for creation of a system of monitoring, prevention and liquidation of natural and man-made emergencies and ensuring environmental safety], *Information Processing Systems*, No. 9(116), pp. 204-216.
6. Andronov, V.A., Divizinyuk, M.M., Kalugin, V.D. and Tyutyunik, V.V. (2016), “Naukovo-konstruktorski osnovi stvorenniya kompleksnoyi sistemi monitoringu nadzvichajnih situacij v Ukraini” [Scientific and engineering fundamentals of a comprehensive monitoring system of emergencies in Ukraine], National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, 319 p.
7. Cherniavskiy, I.Y., Grigorev, A.N., Bilyk, Z.V. and Matykin, V.B. (2016), “Primenenie kremnievyh pin detektorov dlya registracii parametrov yadernogo vzryva” [The use of silicon pin detectors for recording the parameters of a nuclear explosion], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 4(48), pp. 61-68.
8. Cherniavskiy, I.Y., Litvinov, Y.V., Grigorev, A.N., Bilyk, Z.V., Polyanskij, M.E., Sakun, O.V. and Marushenko, V.V. (2017), “Viznachennya napryamku na impulsne gamma-dzherelo z vikoristannyam sferichnogo poglinacha” [Determination of the direction of the impulse gamma source using a spherical absorber], *Bulletin of the NTU “KhPI”. Collection of scientific works. Series Power and conversion technology*, No. 4(1226), pp. 89-94.
9. Cherniavskiy, I.Y., Litvinov, Y.V., Grigorev, A.N., Bilyk, Z.V., Polyanskij, M.E., Sakun, O.V. and Marushenko, V.V. (2017), “Deyaki aspekti stvorenniya priladu viznachennya napryamku na tochkovi dzherela gamma-viprominyuvannya” [Some aspects of creating a device for determining the direction of point sources of gamma radiation], *Bulletin of the NTU “KhPI”. Collection of scientific works. Series Power and conversion technology*, No. 4(1226), pp. 82-89.
10. Cherniavskiy, I.Y., Tyutyunik, V.V., Kalugin, V.D., Bilyk, Z.V. and Matykin, V.B. (2018), “Ispolzovanie rezultatov pri razrobke teoreticheskij i metodologicheskij osnov postroeniya sistemy radiacionnogo monitoringa chrezvychajnyh situacij voennogo haraktera” [Using the results in the development of theoretical and methodological foundations for building a system of radiation monitoring of emergency situations of a military nature], *Systems of Control, Navigation and Communication. Collection of scientific works of Poltava NTU named after Y. Kondratyuk*, No. 1(47), pp. 176-184.
11. Dneprovskij, A.P. (1983), “Oruzhie massovogo porazheniya i zashita aviacionnyh podrazdelenij” [Weapons of mass destruction and protection of aviation units], Zhukovsky Air Force Engineering Academy, Moscow, 358 p.
12. Shkirenko, A.K. (1990), “Svetotekhnicheskaya stanciya zasechki yadernyh vzryvov K-611-0” [Lighting Station of detection of nuclear explosion K-611-0], Sevastopol Higher Naval Engineering School, Sevastopol, 146 p.
13. Ministry of Defense of USSR (1967), “Boevye svoystva yadernogo oruzhiya” [The combat properties of nuclear weapons], Military publishing house, Moscow, 624 p.
14. Abramov, A.I., Kazanskij, Y.A. and Matusevich, E.S. (1970), “Osnovy eksperimentalnyh metodov yadernoj fiziki” [Fundamentals of experimental methods in nuclear physics], Atomizdat, Moscow, 560 p.



15. Tarasenko, Y.N. (2013), "Ionizatsionnye metody dozimetrii vysokointensivnogo ioniziruyushhego izlucheniya" [Ionization methods for dosimetry of high-intensity ionizing radiation], Technosphere, Moscow, 264 p.
16. Davydov, L.N., Zaharchenko, A.A. and Kutnij, D.V. (2005), "Radiacionnaya stojkost poluprovodnikovyh detektorov korpuskulyarnogo i gamma-izlucheniya" [Radiation resistance of semiconductor detectors of corpuscular and gamma radiation], *Bulletin of Kharkiv University, Physical series "Kernels, particles, fields"*, No. 657, pp. 3-21.
17. Myrova, L.O. and Chepizhenko, A.Z. (1988), "Obespechenie stojkosti apparatury svyazi k ioniziruyushim i elektromagnitnym izlucheniyam" [Ensuring the durability of communication equipment to ionizing and electromagnetic radiation], Radio and communication, Moscow, 296 p.
18. Tapero, K.I., Ulimov, V.N. and Chlenov, A.M. (2012), "Radiacionnye efekty v kremnievyykh integralnykh shemah kosmicheskogo primeneniya" [Radiation effects in silicon integrated circuits for space applications], Binomial. Knowledge Lab, Moscow, 304 p.

Надійшла до редколегії 19.11.2018  
Схвалена до друку 12.12.2018

**Відомості про автора:**

**Чернявський Ігор Юрійович**

кандидат технічних наук доцент  
професор кафедри  
Військового інституту танкових військ НТУ "ХПІ",  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-2785-0617>

**Information about the author:**

**Igor Cherniavskiy**

Candidate of Technical Sciences Associate Professor  
Professor of Department of Military Institute  
of Tank Forces the National Technical University "KhPI",  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-2785-0617>

**ОЦІНКА ФАКТИЧНИХ ЗОН РЕЕСТРАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ЯДЕРНОГО ВИБУХУ ПРИ СТВОРЕННІ СИСТЕМИ  
МОНІТОРИНГУ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ВОЄННОГО ХАРАКТЕРУ**

І.Ю. Чернявський

У роботі досліджується методологічний апарат визначення фактичних зон реєстрації світлового та гамма-нейтронного випромінювання проникаючої радіації ядерного вибуху. На основі військового досвіду застосування оптичних станцій засічки, аналізується вплив метрологічних умов на визначення фактичних зон реєстрації світлового випромінювання. На основі врахування порогу чутливості вимірювального каналу і порога радіаційної стійкості елементної бази реєстраторів проведена оцінка максимального і мінімального радіуса реєстрації параметрів по миттєвому гамма-нейтронному випромінюванню проникаючої радіації.

**Ключові слова:** світлове і гамма-нейтронне випромінювання, система моніторингу, реєстратор параметрів ядерного вибуху.

**ASSESSMENT OF ACTUAL REGISTRATION ZONES OF PARAMETERS OF A NUCLEAR EXPLOSION WHEN  
CREATING A MONITORING SYSTEM FOR EMERGENCY SITUATIONS OF A MILITARY NATURE**

I. Cherniavskiy

The monitoring system implemented in the posts of registration of parameters of a nuclear explosion must have a flexible and reliable structure, which should depend both on the scale of the actual detection zones of the required parameters and on the resistance of the recorders to the damaging factors of a nuclear explosion. The paper studies the methodological apparatus for determining the actual areas of registration of light and gamma-neutron penetrating radiation of a nuclear explosion. On the basis of the military experience of using optical detection stations, the influence of metrological conditions on the determination of the actual areas of registration of light radiation is analyzed. On the basis of taking into account the sensitivity threshold of the measuring channel and the radiation resistance threshold of the element base of the recorders, the maximum and minimum radius of the registration of parameters for the instant gamma-neutron radiation of penetrating radiation was estimated. A triangulation method for determining the distance to the center of a nuclear explosion is considered. An approach is proposed to choose the location of registration points in populated areas (cities) and to construct actual zones of optical and gamma-neutron registration of parameters. With moderate fog for nuclear explosion powers from 1 kt to 1 Mt, the radius of the optical recording zone decreases to 8-18 km. The maximum radius can range from 4.2 to 6.3 km, while the minimum radius of gamma radiation can be from 1.4 to 3.5 km from the center of a nuclear explosion. An assessment of the possibility of registering a fluence of fast neutrons shows that, depending on the type and power of a nuclear weapon, the detection radius varies from 2.2 km to 4.1 km from the center of a nuclear explosion. For small and ultra-low-power ammunition, the minimum registration radius at which reliable data on nuclear explosion parameters are recorded is about 0.5 km and 2.1 km for 10 Mt thermonuclear ammunition. Dynamic range analysis shows the same order of values for all scenarios of use of nuclear weapon. The registration zone for neutron radiation can be about 1800-3500 m, which is 1.5 times smaller than the zone for instant gamma radiation. Based on the actual zones obtained, the optimal base distances between neighboring check-points have been calculated for various implementation options of nuclear explosion parameters recorders.

**Keywords:** light and gamma-neutron radiation, monitoring system, nuclear explosion parameters recorder.