

## **СЪСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ ЗА РАЗВИТИЕТО НА СЪВРЕМЕННИТЕ СРЕДСТВА ЗА ИНДИВИДУАЛЕН ДОЗИМЕТРИЧЕН И РАДИОМЕТРИЧЕН КОНТРОЛ**

**Любомир Витанов**

*Военна академия "Г.С.Раковски", Институт за перспективни изследвания на отбраната.*

## **STATE OF AFFAIRS AND DEVELOPMENT TRENDS OF NEW GENERATION DEVICES FOR PERSONAL RADIATION DETECTION AND MEASUREMENT**

**Lyubomir Vitanov**

*Rakovski Defence and Staff College, Defence Advanced Research Institute  
e-mail: vitanov.lpv@abv.bg*

**Keywords:** *radioactive contamination, radiation, doze*

**Abstract:** *The possibility for operation of the Armed Forces in the conditions of radioactive contamination is real. The threat of terrorist acts using the so called "dirty bombs", the increasing number of countries possessing nuclear weapons and the trends for construction of nuclear power worldwide enhance the risk of occurrence of emergency situations accompanied by release of radiation. All of these require continuous development and enhancement of the devices measuring radioactive contamination levels, doses and dose capacity of the staff. During the recent years, new devices with enhanced capability for determination of radiation levels and dose intake were developed. Such devices have the feature to translate the received data and to serve as primary sources for the systems assessing the actual radioactive situation. The enhanced capabilities for measurement of low radiation levels allow making assessment of the ecological danger in the affected areas.*

*The report examines the new devices for measurement of radioactive contamination and doses intake, the methods and principles of operation, and analyses their advantages and disadvantages, providing conclusions and recommendations to assist the commanders in the decision making process aiming to preserve the health and fighting efficiency of the staff, as well as to assess the ecological parameters and to protect the environment.*

Възможността за действия на войските в условия на радиоактивно замърсяване е реална. Увеличаването на страните, притежаващи ядрено оръжие и тенденциите за изграждане на нови атомни електроцентрали в световен мащаб увеличават риска от създаване на сложна радиационна обстановка. Заплахата от терористични актове с използване на т.нар. «мръсни бомби» става все по реална. Тези фактори изискват непрекъснатото развитие и усъвършенстване на апаратурата за измерване на нивата на радиоактивно заразяване и дозите получавани от личния състав. Последните години се разработват нови средства с широки възможности. Приборите могат да предават получените данни и да служат като първични датчици за системите за оценка на фактичката радиационна обстановка. Повишените възможности за измерване на ниски нива на радиация позволяват да се направи оценка и на екологичната опасност в засегнатите райони.

В доклада са разгледани съвременните средства за измерване на радиоактивно заразяване и получените дози във въоръжените сили, новите методи и принципи на работа на приборите. Анализирани са предимствата и недостатъците им. Направени са изводи и препоръки, които ще помогнат на командирите да вземат адекватни решения с цел запазване здравето и боеспособността на личния състав, както и за екологичната защита и опазването на околната среда.

Трайното увеличаване цените на петрола извеждат като приоритет алтернативните енергийни източници. Все повече страни се обръщат към ядрената енергия, като икономически изгодна и с най-малко въздействие върху околната среда. Радиоактивните материали имат все по-широко разпространение и повишават вероятността от замърсяване. То може да е предизвикано от промишлена авария или преднамерено използвано при терористичен акт. Източниците могат да бъдат военни, промишлени, медицински, аварии в АЕЦ или хранилища за радиоактивни отпадъци.

Основните дейности, които се извършват в условията на радиоактивно замърсяване са: постоянен контрол на радиационната обстановка в района, установяване началото на замърсяването, измерване мощността на експозицията<sup>1</sup>, определяне на индивидуалните дози на облъчване и въздействието им върху здравословното състояние на хората.

За определяне на получената доза от личния състав при наличие на източници на йонизиращи лъчения се извършва дозиметричен контрол. [3] Дозата може да се определи индивидуално или колективно (по показанията на един дозиметър се съди за получената доза на група хора).

Ядрените уреди за извършване на дозиметричен контрол на облъчването са гама-, неутронни дозиметри и гама- дозиметри.[1,2]

За пресмятане на дозата често се налага да се измерва мощността на експозицията (степен на радиация) в полето на йонизиращо лъчение. Тази дейност се нарича радиационно разузнаване на местността и се извършва с рентгенометри.

Оценката на дозите от външно и вътрешно облъчване за работещите в условията на йонизиращи лъчи в промишлеността се извършва съгласно Наредба за основни норми за радиационна защита. [3]

Приборите, които се използват за оценка на лъченията имат общо название - електронни ядрени уреди (блокове и устройства) [2]. Електронните ядрени уреди [1,2] са предназначени за измерване характеристиките на ядрените лъчения или използват тези лъчения за определяне на други величини. Те се разделят на:

1. Уреди за измерване характеристиките на йонизиращите лъчения - дозиметри (за измерване на погълнатата доза, мощността на експозиционната доза, за измерване средната скорост на броене (интензиметри) и с комбинирани функции за измерване).

2. Уреди използващи йонизиращите лъчения за измерване на други величини: радиометри; спектрометри; универсални уреди.

Според вида на регистрираното лъчение уредите се подразделят: - за алфа лъчение; за бета лъчение; за гама лъчение; за рентгеново лъчение.

Всички електронни ядрени устройства имат възприемащи устройства (детектори), които работят на различни принципи. Те превръщат енергията на йонизиращото лъчение в друг вид енергия, подходяща за регистриране и измерване.[1]

В дозиметрите се използват основно:

- йонизационните детектори (йонизационни камери);
- Гайгер-Мюлерови детектори;
- кристални и полупроводникови детектори;
- радиолуминисцентни детектори (сцинтилационни).

### **Основни изисквания към дозиметрите съгласно действащата в страната нормативна уредба**

Дозиметрите ще се използват предимно в аварийни ситуации. Това определя и основните изисквания към тях. Устройствата трябва да са устойчиви на външни въздействия и да дават информация както за еднократно въздействие на йонизиращото лъчение, така и да сумират дозите за продължителен период от време.

Основните изисквания за индивидуалният дозиметър с пряко отчитане са:

- Да дават възможност за осъществяване на визуално и електронно отчитане.
- Показанията да са пряко показващи в цифров формат и да включват освен получената дозата и времето на отчитане, идентификация на носителя, серийния номер на уреда и датата.
- Дозиметрите трябва да имат възможност за обратно въвеждане на данни във формат, подходящ за неотложни и архивни цели.
- При отказ на захранващия блок, отчетеното не трябва да се загубва при възстановяване на захранването.

Дозиметрите с непряко отчитане трябва да имат интерфейс между индивидуалният дозиметър и устройството за бързо и точно отчитане на показанията. Отчетът трябва да включва дозата, времето на отчитане, идентификация на носителя, серийния номер на дозиметъра и датата.

Електронните устройства трябва да имат възможност да се тестват сами и да се калибрират в специализирани лаборатории. Срокът между две калибровки се определя и доказва чрез изчисления или други методи [9]. При това се отчитат фактори като времето за работа на средството, при какви условия е работило, какви показания е дало през последните проверки и др. За болшинството устройства е прието периодът за калибриране да не е повече от една година.

Всеки дозиметър трябва да има данни за източника и датата на последното калибриране.

---

<sup>1</sup> Мощност на експозицията (мощност на дозата) е мярка за йонизиращо действие на рентгеновите и гама лъчи във въздуха за единица време.

Индивидуалният дозиметър трябва да е малък, лек и пригоден за закрепване към носителя така, че да не може да бъде лесно загубен.

Източниците за хранене трябва да са лесно достъпни и да отговарят на международните стандарти.

Индивидуалният гама-дозиметър трябва да е в състояние да регистрира дозата гама-радиация в обхвата от  $5,0 \times 10^{-3} \text{ Gy} \div 10 \text{ cGy}$  (желателно е  $5,0 \times 10^{-3} \text{ Gy} \div 100 \text{ cGy}$ ) в енергийния диапазон 80 KeV  $\div$  1,5 MeV (желателно е 50 KeV  $\div$  3 MeV), а неутронния дозиметър в обхвата  $5,0 \times 10^{-4} \text{ Gy} \div 10^{-1} \text{ cGy}$  (желателно  $5,0 \times 10^{-5} \text{ Gy} \div 1 \text{ cGy}$ ) в енергийния диапазон 100 KeV  $\div$  10 MeV (желателно е  $2,5 \times 10^{-8} \text{ MeV} \div 20 \text{ MeV}$ ).

Скалата на устройството трябва да бъде в cGy, отнесена за тъкани, или да показва еквивалентната доза<sup>2</sup> в сиверти (Sv).

Портативният рентгенометър се използва за измерване на мощността на експозицията гама-радиация, но може да включва и функция за обща доза на гама-радиация. С присъединяване на външни сонди устройството се използва като радиометър за контрол на алфа- и бета- заразяване на повърхности. Рентгенометърът трябва да измерва мощността на експозицията гама-радиация в диапазон за гама-радиация от  $1 \times 10^{-4} \text{ Gy/h} \div 10 \text{ cGy/h}$  (желателно е  $5,0 \times 10^{-6} \text{ cGy/h} \div 10 \text{ cGy/h}$ ) в енергийния диапазон 80 KeV  $\div$  1,5 MeV (желателно е 50 KeV  $\div$  3 MeV).

### **Състояние на индивидуален дозиметричен и радиометричен контрол във Въоръжените сили – средства, принципи на действие и недостатъци**

Системата за отчитане на дозите се организира в подразделенията и включва периодично отчитане и отразяване на получените дози в личните документи на военнослужещия и в дневници. Вземат се мерки за недопускане превишаването на допустимите дози. Такива данни се събират и в медицинските служби, като координацията между тях и командирите не винаги е ефективна от гледна точка на оценка комплексното състояние на отделния военнослужещ. Системата не дава възможност за прецизно следене и вземане на спешни мерки при надвишаване на допустимите норми за дадено лице.

Средствата за дозиметричен контрол са електронни ядрени уреди, в които се използва морално остаряла елементна база. Принципите на работа на тези средства не се различават от принципите, с които работят и най-съвременните прибори, но диапазоните на голяма част от използваните ядрените уреди не отговарят на изискванията за оценка от въздействието на ниско фоновите излъчвания, каквито ще се формират продължително време след аварии в АЕЦ, при използване на т.нар. "мръсни бомби", както и при други инциденти, свързани с разпръскване на радиоактивни материали.

Показанията на скалите на ядрените устройства започват от големи стойности и оценяват основно гама- и отчасти бета- излъчване със задоволителна за целите грешка – 30 до 40 %. Получените дози служеха за оценка състоянието на личния състав от гледна точка на способността войника да води бойни действия за сравнително кратък период от време, без да се отчита здравословното състояние на военнослужещите след това.

Във въоръжените сили няма специализирани дозиметри за оценка на въздействието от неутронно лъчение.

В уредите са използват мерни единици, които не отговарят на международната системата SI, което затруднена оценката на радиационната обстановка при обработване на данни получени от различни типове прибори.

Основни представители на тези ядрени уреди са:

1. Комплект индивидуални дозиметри ДП-23. Предназначен е за индивидуален и групов дозиметричен контрол при полеви условия. Състои се от зарядно-измервателно устройство и 150 бр. пряко показващи дозиметри ДКП 50. Диапазон на измерване на дозиметъра е от 0 до  $1,3 \cdot 10^{-2} \text{ C/kg}$  (0–50 R).

2. Комплект индивидуални дозиметри ИД-1. Той е предназначен за измерване на погълнатата доза от гама лъчи и неутрони. Диапазонът на измерване на погълнатата доза е от 20 до 500 rad. Комплектът се състои от 10 броя индивидуални дозиметри ИД-1 и зарядно устройство ЗД-6. Масата на комплекта е 1500 г.

Индивидуалният дозиметър ИД-1 е оформена като писалка и е с пряко отчитане на получената доза от гама лъчи и неутрони.

3. Термолуминисцентен дозиметър – фотометър ТФ 102

Комплектът е предназначен за индивидуален дозиметричен контрол на облъчването с гама-лъчи чрез измерване на експозиционната доза, получена от индивидуален дозиметър ТЛД-101-Р.

<sup>2</sup> Еквивалентната доза отразява ефекта на погълнатата доза, в зависимост от вида на радиоактивното лъчение, мощността на дозата, вида и възрастта на тъканите.

Диапазонът на измерване на прибора е от 3 до 1000 R със средноаритметична грешка от  $\pm 45\%$ .

Комплектът се състои от пулт за измерване (ТФ 102), дозиметри – 100 носача с 200 дозиметри (по 2 в носач - един за отчитане на еднократната и втори - за месечната експозиция на дозата) и ел. захранване.

Рентгенометрите – радиометри са предназначени за измерване мощността на експозицията на гама излъчването на местността. Грешките на измерване са от 30 до 40 %, като времето за установяване на стойността на скалата за ниските стойности стига 90 sec.

Приборите се проверяват за работоспособност чрез източници на лъчение, намиращи се в комплектите. Те се калибрират веднъж годишно в специализирани лаборатории. Основни представители са:

1. Рентгенометър – радиометър ДП-3 за транспортни средства. Диапазонът му на измерване е от 0,1 до 500 R/h. Допустимите грешки са от 10 % до 15 % (за различните диапазони на прибора). Захранването се осъществява от бордовата мрежа на машината ( $12 \pm 1V$ ) или ( $26 \pm 3 V$ ). Измерването се осъществява с външна гама сонда (детектор) работеща на йонизационен принцип.

2. Полевият прибор ДП-5В служи за измерване на гама- и бета излъчване и има диапазон на измерване от 0,05 mR/h до 200 R/h. Допустимите грешки на ДП-5В е  $\pm 30\%$ . Захранването се осъществява с 3 броя сухи елементи КБ-1 (или от бордовата мрежа на автомобилите - 12/24 V). Сондата е с ръкохватка за измерване на гама- и бета излъчване на повърхности.

3. Рентгенометър-радиометър РР-51М. Диапазонът на измерване е от 0,02 mR/h до 200 R/h. Грешката на показанията на прибора не превишава  $\pm 30\%$ . Захранването става с два сухи елемента R-20. Сондата е с удължител и ръкохватка за измерване на гама- и бета излъчване.

4. ВДП-90 е съвременен дозиметричен прибор с разширен обхват, предназначен за измерване експозицията на погълнатата доза във въздух от гама- и рентгеново лъчение, както и степента на повърхностно замърсяване с бета замърсяване. Конструиран е на модулен принцип и има няколко варианта в зависимост от предназначението: Вариант "НОСИМ" (Н) - ВДП-90-1; Вариант "БОРДОВИ" (Б) - ВДП-90-3; Вариант "СТАЦИОНАРЕН" (С) - ВДП-90-5 или Вариант "СТАЦИОНАРЕН ЗА СИСТЕМА" (СС) - ВДП-90-4 Вариант "ПОЛЕВА ЛАБОРАТОРИЯ" (ПЛ) - ВДП-90-2.

Приборът е комплектован с 2 бр. сонди за бета-ниски активности и 3 бр. – за гама-високи експозиции на дозата. Обхватът на погълната доза от гама-лъчение е от 0,1 до 1300 cGy. Основната грешка на прибора в диапазона от 1 до 0,5  $\mu\text{Gy/h}$  е  $\pm 30\%$ , а от 0,5 Gy/h до 1300 cGy/h е  $\pm 20\%$ .

Електрозахранването се осъществява от акумулаторна батерия или бордовата мрежа на машината.

За предаване на данни е снабден с изходни интерфейси RS232C или ИРПС.

Обхват на енергията на гама-лъчението е от 0,06 до 3 MeV.

Изброените ядрени прибори не могат да предават автоматично събраните данни (с изключение на ВДП-90). Експлоатацията им изисква специално обучен персонал.

### **Тенденции за развитието на съвременните средства за индивидуален дозиметричен и радиометричен контрол**

Тенденциите в развитието средствата за индивидуален дозиметричен и радиометричен контрол могат да се формулират така:

1. Електронните ядрени уреди трябва да имат пряко показване на измерваните стойности и да са с широк измервателен диапазон, като показват дали нараства или намалява радиационното ниво. Превключването на обхвата трябва да е автоматично.

2. Да са лесни за експлоатация и да позволяват използването им от необучен персонал.

3. Да могат да измерват дозата от гама- и неутронно лъчение при разширен енергиен диапазон.

4. Уредите да са ергономични, здрави, леки и с малки размери.

5. Да са бързодействащи интелигентни прибори, които да позволяват извършване на редица изчисления, свързани с йонизиращите лъчения и да сигнализират при превишаване на предварително зададена стойност на ниво на радиация.

6. Да дават възможност за корекции на получените данни с коефициенти за параметрите на околната среда и оценка на биологическото въздействие, съобразено особеностите на индивида.

7. Да имат възможност за връзка с компютър за събиране, обобщаване и оценка на получените данни от приборите.

8. Да имат възможност за сравняване на диапазоните между ситема SI и други извънсистемни мерни единици.

9. Да имат възможност за свързване на ядрените средства чрез GPS в система, като служат за първични датчици за оценка на фактичката обстановка в реално време.

10. Грешките на измерване да са в границите 10 % до 15 % с тенденции да намаляват. Въвеждат се нови методи за снемане на показанията от датчиците.

11. Да работят продължително време на автономно захранване и да могат да използват

бордова мрежа на машините. Източниците за захранване трябва да се заменят лесно.

12. Да могат да се използват с поставени средства за ЯХБ защита.

Някои представители на ядрени уреди, които се предлагат на пазара, удовлетворяват до голяма степен гореизложените изисквания.

Примери за такива устройства са:

1. Радиометър N/VDR-2 Military Radiac (Canberra, U.S.A.). Той представлява устройство за измерване на дозата и мощността на експозицията в машини. Подава звуков и визуален сигнал при достигане на предварително зададени стойности на радиация. Максималната грешка в целия диапазон не надвишава  $\pm 15\%$ . Снабден е с два Гайгер – Мюлерови брояча. (технологията time - to - count<sup>3</sup>). Масата на комплекта е 1,73 kg. Приборът позволява пряко отчитане на мощността на гама радиация в диапазон от 0,001  $\mu\text{Gy/h}$  до 999 cGy/h. Енергийния диапазон за гама-радиация е  $\pm 20\%$  80 KeV  $\div$  1,5 MeV. Приборът показва на дисплей стойността на дозата и мощността на експозицията в  $\mu\text{Gy}$ , cGy, Gy,  $\mu\text{Gy/hr}$ , cGy/hr и Gy/hr. N/VDR-2 Military Radiac е снабден с инфрачервен порт RS-232.

2. AN/UDR-13 – Военен джобен радиометър (RADIAC<sup>4</sup>)

Радиометърът представлява малък здрав и лек военен джобен прибор с пряко отчитане мощността на експозицията в диапазон от 0,001 cGy/h до 999 cGy/h. Има възможност за измерване на неутронната и гама доза от 10 cGy до 999 cGy. В диапазонът от 0,001  $\mu\text{Gy/h}$  до 300 cGy/h може да дава показанията в Sv и Rad. Приборът е снабден с инфрачервен порт RS-232. При достигане на предварително зададени прагове подава сигнал (звук и визуален). Максималната грешка в целия диапазон не превишава  $\pm 15\%$ . Батерията осигурява 150 часова работа. Маса – 270 g. Енергийния диапазон за гама-радиация - 80 KeV  $\div$  1,5 MeV, а за топлинни неутрони – 14 MeV .

AN/UDR-14 е високочувствителен джобен радиометър. Разликата с AN/UDR-13 е в диапазона на измерване - от 0,001  $\mu\text{Gy/hr}$  до – 350 cGy/hr. Минимално ново на откриване – 0,2  $\mu\text{Gy/hr}$ .

3. SVG 2 дозиметър - радиометър (Bruker Daltonics Inc.)

Приборът е ново поколение измервател на радиацията. Представлява ръчен дозиметър - радиометър, който се контролира от микропроцесор. Приборът е създаден по нова технология, основаваща се на автоматична корекция на данните и самоконтрол. Диапазонът на измерване на експозицията на дозата е от 0,5  $\mu\text{Gy/h}$  до 2000 cGy/h.

Снабден е с интегриран сензор за гама и неутронно излъчване, индивидуален дозиметър и разположена отвън  $\alpha/\beta$  -  $\gamma$  сонда.

4. Персонални дозиметри AT 3509, AT 3509 A, AT 3509 Б, AT 3509 С (АТОМТЕХ)

Тази група индивидуални дозиметри са предназначени за измерване в кратък период на дозата и мощността на експозицията от гама лъчи. Те измерват доза в диапазона от 0,1  $\mu\text{Sv}$  до 10 Sv, а мощност на дозата - от 0,1  $\mu\text{Sv/h}$  до 5 Sv/h. Енергийния диапазон от 15 keV - 10 MeV. Подават светлинен и звуков сигнал при зададени прагове на радиация. Микропроцесор контролира измерването и извежда данните на дисплей с течни кристали. Има собствена настройка. Паметта съхранява измервани данни (до 800 дози) докато не се изключи прибора. Дозиметрите могат да предават данни чрез инфрачервен порт или с кабел с RS232. Грешката на измерваната доза е до 15 %. Размери 104 x 58 x 23 mm. Маса – 100 g. Захранване – 2 клетки тип AA или акумулатори.

5. Индивидуални компактни дозиметри "PM1604A", "PM1604B" ("POLIMASTER" Ltd. Р. Беларус).

PM1604A(B) може да измерва дозата и еквивалентната доза гама лъчи, като записва месеца, датата, времето в минути и часове. Снабден е с часовник с аларма и таймер. Може да се свързва с компютър чрез инфрачервен порт.

Двете модификации се различават по обхвата на еквивалентната доза: за PM1604A - от 1  $\mu\text{Sv/h}$  до 5,0 Sv/h, за PM1604B – от 1  $\mu\text{Sv/h}$  до 10,0 Sv/h. Максималната грешка е  $\pm 15\%$ .

6. Мулти функционален измервателен прибор ADM – 300 (APTEC-NRC)

AMD-300 е портативен и здрав прибор с Гайгер – Мюлерови детектори и може да открива, измерва и показва на дисплей дозата:

- гама лъчи от 10  $\mu\text{R/hr}$  до 10 000 R/hr (0,1  $\mu\text{Sv/hr}$  до 100 Sv/hr) ;
- бета лъчи от 10  $\mu\text{R/hr}$  до 5 R/hr (0,1  $\mu\text{Sv/hr}$  до 0,05 Sv/hr).

ADM-300 може да измерва, съхранява и изобразява на дисплей дозата от алфа-, бета-, гама- и неутронно излъчване. Приборът има възможност да съхранява данни за индивидуалните дози и данни за калибриране. Може да работи с акумулатори и стационарни източници на ток. Използва технологията "time – to - count", която обезпечава висока точност и не изисква лицензирани източници за калибриране на прибора. Могат да се съхраняват и показват на дисплей над 100 записа. Измерва

<sup>3</sup> Технологията се състои в изключване на т.нар. "мъртво време" и ефектите при насищане на брояча, чрез нов начин на отчитане на импулсите.

<sup>4</sup> RADIAC - Radioactivity, Detection, Indication, And Computation

дозата и експозицията на дозата и подава сигнал за достигнато ниво на радиация независимо от текущите измервания. За връзка с компютър е снабден с интерфейс RS 232C .

#### 7. Джобен дозиметър радиометър MKS-05 "Terra-P" (Русия)

Представлява мултифункционален професионален прибор, приет на въоръжение в Армията на Украйна и използван в Кувейт и Ирак. MKS-05 Terra-P е здрав и пригоден за военно използване. Той може да се използва като сигнализатор за гама- и бета излъчване. Диапазонът на измерване на йонизираща радиация е от 0,1 – 999,9 mSv/h. Измерва дозата в диапазона 0,001 – 99,99 mSv с 25 % грешка. Енергийният диапазон е от 0,05 MeV ÷ 3,0 MeV. Измерва бета заразяване от 10 до 10,5 разп./cm<sup>2</sup>.min. Батерията и режим "готовност" е годна 6000 h. Маса на дозиметъра – 0,2 kg.

Какви ще са изискванията към дозиметрите и системите на бъдещето?

Бързото развитие на технологиите се отразяват и на измерването на йонизиращите излъчвания. В близко бъдеще ще се разработват все по-малки и многофункционални ядрени устройства, които да сигнализират еднозначно за наличие на опасни нива на йонизиращи лъчения. Те ще работят като първични датчици и съвместно с GPS системите ще позволят в реално време да се оценява фактичката обстановка в щабове. Ще има информация за състоянието на всеки боец, нивото на радиация на местността и др. На базата на тези данни ще се разработват интелигентни програми, които ще правят оценка и ще предлагат решения за действия на войските.

В по-далечно бъдеще ще се разработят и датчици на базата на нанотехнологиите, които ще могат да променят цвета на дрехите в зависимост от нивата на радиация.

#### Литература

1. БДС 17102: 1990 Апаратура за контрол на радиационната безопасност на атомни станции. Общи технически изисквания.
2. В а н к о в И в а н, проф. д.т.н. Ядрена електроника. ч. I-II, „Глаукс”, Шумен, 2002 г.
3. Наредбата за основни норми за радиационна защита (ДВ, бр. 73 от 2004 г.).
4. НАРЕДБА № 32 от 7.11.2005 г. за условията и реда за извършване на индивидуален дозиметричен контрол на лицата, работещи с източници на йонизиращи лъчения. (ДВ, бр. 91 от 15.11.2005 г.)
5. EN ISO 10012: 2003 "Measurement management systems – Requirements for measurement processes and measuring equipment.
6. STANAG 2352 NBC – Снаряжение за ядрена, химическа и биологическа защита – ръководни принципи.
7. STANAG 2083 NBC - Ръководство за командирите за радиоактивното облъчване на войските.
8. STANAG 2112 NBC - ЯХБ-разузнаване
9. STANAG 2426 NBC - Принципи за контрол на ЯХБ-заразяване в силите на НАТО
10. STANAG 2473 Commanders guide on low level radiation (LLR) exposure in military operations.