

КАЛИБРИРАНЕ НА ГАМА – ДЕТЕКТОР ОТ ЦЕНТРАЛИЗИРАНА ИНФОРМАЦИОННО – ИЗМЕРВАТЕЛНА СИСТЕМА ЗА РАДИАЦИОНЕН КОНТРОЛ В “АЕЦ КОЗЛОДУЙ” ЕАД

С. Абрашева

“АЕЦ Козлодуй” ЕАД, Отдел МО, Лаборатория ИЙЛ, 3321 гр. Козлодуй,

e-mail: sdabrasheva@npp.bg

Резюме: Радиационният контрол в “АЕЦ Козлодуй” ЕАД се осъществява чрез Централизирана информационно-измервателна система за радиационен контрол – ЦИИСРК-01. Калибрирането на детекторните блокове от ЦИИСРК-01 се извършва от лаборатория „Измерване на йонизиращи лъчения” към отдел “Метрологично осигуряване” в “АЕЦ Козлодуй” АД. Докладът се основава на натрупания опит от лаборатория “Измерване на йонизиращи лъчения”.

Ключови думи: метрологично осигуряване, метрологично калибриране, радиационен контрол.

1. ЦИИСРК – 01. Структура.

ЦИИСРК – 01 е предназначена за непрекъснат радиационен контрол на помещенията и състоянието на технологичното оборудване в нормални, аварийни и след аварийни условия.

Системата е съвкупност от станции за събиране на данни ССД и отделни устройства за връзка, обработка, предаване и визуализиране на информация.

В състава на ССД влизат блокове за комутация БКК-77Е, устройства за натрупване и обработка на информация УНО и устройства за сигнализация. ССД с максимална конфигурация позволява осигуряване на контрол до 10 радиационни параметъра по независими измервателни канали (ИК) и изход за светлинно звукова сигнализация на външни сигнализатори на всеки ИК.

Към УНО се подвключват блок за детектиране БД и устройство за детектиране УД, които се явяват средства за измерване. В УНО се осъществява извеждането на данни за контролираните радиационни параметри и състояние на ИК на ССД:

- ИК е в норми;
- отказ на ИК; ИК е в режим на проверка;
- радиационен параметър е превишил предвидения или аварийен праг.

2. Калибриране на гама – детектор тип БДМГ-08Р.

2.1. Дейности, които се извършват от лаборатория ИЙЛ с цел метрологично осигуряване МО при измерване на йонизиращи лъчения ЙЛ са: проверка на ИК, калибриране на УД и ДБ,

както и контрол на качеството на измерванията.

Калибрирането дава количествена оценка, която показва до колко определената цел е осъществима с дадения ДБ или УД при използването на конкретен метод за измерване.

За целите на фирменото калибриране в лаборатория ИЙЛ са разработени и въведени в експлоатация методики за калибриране на ДБ и УД като ИК от системата на ЦИИСРК-01.

2.2. Представители на гама – детектори от ЦИИСРК-01 са блоковете за детектиране БДМГ-08Р-03, БДМГ-08Р-04 и БДМГ-08Р-05, които са предназначени за преобразуване на мощността на погълнатата доза гама-лъчението в последователност от статистически разпределени импулси, средната честота на които е пропорционална на мощността на дозата в мястото на монтиране на БД.

Контрола за работоспособност на БД се осъществява с бленкер Q, закрепен радиоактивен източник на гама лъчение с радионуклид ^{137}Cs , който е изолиран от брояча чрез екран.

ИК към ЦИИСРК-01 с БД (ДБ) тип БДМГ-08Р осъществяват мониторинг на гама-фона в помещенията на контролираната зона (КЗ). За измерване на мощността на дозата АЕЦ разполага с БДМГ-08Р-03, БДМГ-08Р-04 и БДМГ-08Р-05, които се различават в обхвата на измерване:

Таблица 2.2-1

БДМГ-08Р	Gy/h
БДМГ-08Р-03	$10^{-7} \div 10^{-4}$
БДМГ-08Р-04	$5 \cdot 10^{-6} \div 10^{-2}$
БДМГ-08Р-05	$5 \cdot 10^{-3} \div 10$

2.3. Калибрирането се извършва в лаборатория ИЙЛ при следни условия:

Таблица 2.3-1

Температура на заобикалящата среда	20±5	°C
Относителна влажност на въздуха	30-80	%
Атмосферно налягане	84-106.7	кРа
Външен гама фон	0.2	μGy/h

2.4. Функцията на преобразуване на ДБ има следния вид:

$$\bar{n} = S.P + n_f \quad (1)$$

Където:

\bar{n} – средната честота на импулсия поток на изхода на блока, s⁻¹;

S – чувствителността на детектора, s⁻¹.Gy-1.h;

P – мощността на погълнатата доза, Gy/h;

n_f – импулсия поток от собствения фон на блока, s⁻¹.

2.5. Метрологични характеристики на ДБ тип БДМГ-08Р:

Таблица 2.5-1

БДМГ-08Р	БДМГ-08Р-03	БДМГ-08Р-04	БДМГ-08Р-05
Собствен фон, s ⁻¹	≤ 1.5	≤ 2.0	≤ 0.2
Диапазон на измерване, Gy/h	10 ⁻⁷ ÷10 ⁻⁴	5.10 ⁻⁶ ÷10 ⁻²	5.10 ⁻⁷ ÷10 ⁻⁴
Чувствителност по ¹³⁷ Cs, s ⁻¹ .Gy ⁻¹ .h	(0.82 ^{+0.25} _{-0.21}).10 ⁷	(0.2 ^{+0.07} _{-0.05}).10 ⁶	(1±0.31).10 ³
Чувствителност по ⁶⁰ Co, s ⁻¹ .Gy ⁻¹ .h	(1 ^{+0.45} _{-0.25}).10 ⁷	(0.22 ^{+0.14} _{-0.07}).10 ⁶	(1.02 ^{+0.42} _{-0.31}).10 ³
Предельно допустимо облъчване, Gy/h	0.067	8.55	34.2
Основна грешка при измерване на контролиран радиационен параметър, %	± 25	± 25	± 25
Основна грешка при измерване на активност с РАИ, %	± 25	± 25	± 25

2.6. Подготовката за калибрирането включва:

- За ограничаване на възможни влияния върху входната величина, дължащи се на някои от атмосферните условия в лабораторията, калибрирането започва при установяване на допустимите стойности на влияещите величини.

- Поставя се ДБ, подлежащ за

калибриране, в определена точка по оста на лъчевия сноп. Маркировката (белегът) на ДБ трябва да съвпада с координатите на точката за калибриране.

- Предварително включване на еталонното оборудване за интервал от време 20 min, през който се установяват нормалните му работни параметри.

- Проверява се функционалността на блока – УП (бленкер).

- Избор на източник с нуклид ¹³⁷Cs с подходяща активност в съответствие с обхвата (1% и 10%) на измерване на калибрирания ДБ.

2.7. Математически модел:

Оценка на действителната стойност на чувствителността S като измерваната величина в съответните измервателни единици се определя по формулата:

$$S = \frac{\overline{N_s} - \overline{N_b}}{K_a} \quad (2)$$

където:

N_s – скорост на броене при РАИ, s⁻¹;

N_b – скорост на броене при фон, s⁻¹;

K_a – мощност на въздушна керма, Gy/h.

2.8. Оценка на входните величини:

Оценката на величината N_s се определя като средноаритметична стойност $\overline{N_s}$ на n -броя независими измервания по формулата:

$$\overline{N_s} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n N_{s,j} \quad (3)$$

Където:

j – брой на експерименталните наблюдения;

$n \geq 10$.

Оценката на $\overline{N_b}$ се определя като средно аритметична стойност по аналогичен начин.

Оценка на стойността на въздушната керма \dot{K}_a в точката на калибриране се взема от *EasyCalc.mdb*.

2.9. Средноквадратична неопределеност на входните величини:

Средноквадратичната неопределеност $\delta(\overline{N_s})$ на оценката на измерената величина $\overline{N_s}$ в зависимост от особеностите на измерването се определя по формулата:

$$\delta(\overline{N_s}) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (N_{s_j} - \overline{N_s})^2}{n(n-1)}} , \quad (4)$$

Средноквадратичната неопределеност $\delta(\overline{N_b})$ на оценката на фона се пресмята аналогично.

Средноквадратичната неопределеност $\delta(\dot{K}_a)$ на оценката на мощността на въздушната керма, се определя по формулата:

$$\delta(\dot{K}_a) = \frac{U_{S,i}}{k_{S,i}} , \quad (5)$$

където:

$U_{S,i}$ – разширена неопределеност, взета от свидетелството за калибриране за съответния използван еталонен нуклид;

$k_{S,i}$ - фактор на покритие, взет от свидетелството за калибриране.

Стандартната неопределеност на входните величини $u(x_j)$ се пресмята в зависимост от предполагаемия закон за разпределение, в съответствие с формула:

$$u(x_i) = \delta(x_i) / div \quad (6)$$

където:

$\delta(x_j)$ – средноквадратично отклонение на j -тата входна величина;

div – делител, чиято стойност зависи от вида на разпределение.

2.10. Коефициент на чувствителност:

Коефициентите на чувствителност c_i отчитат приноса към неопределеността на всяка от входните величини:

$$c_i = \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right) \quad (7)$$

2.11. Приноси на неопределеността на изходната оценка:

Приносите към неопределеността на измерваната величина се определят по формулата:

$$u_i(y) = c_i \cdot u(x_i) , \quad (8)$$

където:

i - пореден номер на входната величина.

2.12. Комбинирана средноквадратична неопределеност на изходната оценка:

Комбинираната средноквадратична неопределеност $u_c(y)$ на изходната оценка на величината Y се определя по формулата:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N u_i^2(y)} , \quad (9)$$

2.13. Разширена неопределеност от измерването:

Разширената неопределеност U от измерването на величината Y се определя по формулата:

$$U = k \cdot u_c(y) , \quad (10)$$

където:

k - фактор на покритие (коефициент на доверителен интервал), съответстващ на вероятност на доверителен интервал приблизително 95 %.

2.14. Схематичният ред на подреждане на величините, оценките, средно-квадратичната неопределеност на входните оценки, коефициентите на чувствителност, приносите на неопределеност, използвани в анализа на неопределеността, разширената неопределеност и математическия модел са представени като бюджет на неопределеност съответно в таблица за величината S .

4. Заключение

Принципите и методите на МО, които се прилагат от лабораторията отговарят на съвременните международни и национални тенденции за развитие.

Действащият Закон за измерванията, изготвен в съответствие с изискванията за хармонизиране на законодателството на РБ и на Европейския съюз, изисква предприятието да осигурява качеството на измерванията с отговорност за екологично и безопасно производство на електрическа енергия.

Величина	Оценка	Стандартно отклонение	Средноквадратична неопределеност, (δx_i)	Тип вероятностно разпределение	Делител div	Коефициент на чувствителност, c_i	Принос към средноквадратичната неопределеност, $u_i(Y)$, %
Средна стойност на отчетената величина при РАИ, s^{-1}	\bar{N}_s	$\sigma(\bar{N}_s) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (N_{s,j} - \bar{N}_s)^2}{n(n-1)}}$	$\sigma(N_s)/\bar{N}_s$	Нормално	1	$1/(N_s - N_b)$	$u(\bar{N}_s)$
Средна стойност на отчетената величина при фон, s^{-1}	\bar{N}_b	$\delta(\bar{N}_b) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (N_{b,j} - \bar{N}_b)^2}{n(n-1)}}$	$\sigma(N_b)/\bar{N}_b$	Нормално	1	$1/(N_s - N_b)$	$u(\bar{N}_b)$
Мощност на въздушна керма, Gy/h	K_a		$\frac{U_{k_a}}{\bar{K}_{k_a}}$	Нормално	1	1	$u(\delta K_a)$
Разстояние източник –ДБ, mm	d		$\Delta d1$	Правоъгълно	$\sqrt{3}$	$\Delta d1/d$	$u(\delta d1)$
Позиция на ефективния център на ДБ за разст d, mm	d		$\Delta d2$	Правоъгълно	$\sqrt{3}$	$\Delta d2/d$	$u(\delta d2)$
Стойност на измерваната величина, Y , $s^{-1} \cdot Gy^{-1} \cdot h$	S	Модел: $S = \frac{\bar{N}_s - \bar{N}_b}{\bar{K}_a}$					$u_c(S) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(S)}$
Вероятност на доверителен интервал $P = 0,95$						$k = 2^*$	
Резултат: $S =$						$U =$	
ПРИМЕР за БД тип БДМГ – 08Р - 03							
Средна стойност на отчетената величина при РАИ, imp	37099	109.82	0.003	Нормално	1	0.00003	0.00001
Средна стойност на отчетената величина при фон, imp	61.66	0.34	0.01	Нормално	1	0.00003	0.00002
Мощност на въздушна керма, $\mu Sv/h$	50.0			Нормално	1	1	1.25
Време, s	100		1	Правоъгълно	$\sqrt{3}$	0.01	0.6
Разстояние източник ДБ, mm	1996		2	Правоъгълно	$\sqrt{3}$	0.001	0.1
Позиция на ефективния център на ДБ за разст d, mm	1996		3	Правоъгълно	$\sqrt{3}$	0.001	0.3
Стойност на измерваната величина, Y , $s^{-1} \cdot Gy^{-1} \cdot h$	$S = 7,41 \cdot 10^6 s^{-1} \cdot Gy^{-1} \cdot h$						1.4
Вероятност на доверителен интервал $P = 0,95$						$k = 2^*$	
Резултат: $S = 7,41 \cdot 10^6 \pm 0,2E6$						$U = 2,8$	

6. Литература

[1] Станция сбора данных ССД-02Е, ЕКДФ.412152.001РЭ-Р;

[2] Блок детектирования БДМГ-08Р. Руководство по эксплуатации ЖШ2.328.655-03 РЭ-Р

Данни за автора:

Соня Димитрова Абрашева, Образование: магистър ЕТМЕ (1991). Месторабота: “АЕЦ Козлодуй” ЕАД, отдел “Метрологично осигуряване”, Експерт-метролог “Измерване на йонизиращи лъчения”

CALIBRATION OF GAMMA – DETECTOR OF THE CENTRALIZED INFORMATION MEASUREMENT SYSTEM FOR RADIATION CONTROL IN KOZLODUY NPP PLC

S. Abrasheva

Kozloduy NPP Plc., Department. of Metrology

e-mail: sdabrasheva@npp.bg

Abstract: The radiation monitoring at Kozloduy NPP plc is provided by the Central Information and Measuring Radiation Monitoring System - CIMRMS-01. The calibration of the detector units of the CIMRMS-01 is performed by Ionizing Radiation Measurement Laboratory in Metrology Department at Kozloduy NPP plc. The report is based on the experience gained by Ionizing Radiation Measurement Laboratory.

Key words: metrological supervision, metrology calibration, radiation monitoring

References:

[1] Stancia sbora dannah SSD-02E, ЕКДФ.412152.001RE-R;

[2] Blok detektirovanie BDMG-08R. Rukovodstvo po ekspluatacii, ZS2.328.655-03 RE-R

КАЛИБРОВАНИЕ ГАМА-ДЕТЕКТОРА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ В «АЭС КОЗЛОДУЙ» ЕАО

С. Абрашева

„АЕЦ Козлодуй” ЕАД, отдел „Метрологическое обеспечение”,

e-mail: sdabrasheva@npp.bg

Резюме: Радиационный контроль в «АЭС Козлодуй» ЕАО осуществляется Централизованной информационно-измерительной системой радиационного контроля – ЦИИСПК-01. Калибрование детекторных блоков ЦИИСПК-01 осуществляется лабораторией «Измерение ионизирующих лучений» при отделе «Метрологическое обеспечение» в «АЭС Козлодуй» ЕАО. Доклад базируется на накопленном опыте лаборатории «Измерение ионизирующих лучений».

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, метрологическое калибрование, радиационный контроль.