

# КАЛИБРИРАНЕ НА ГАМА-ОБЛЪЧВАТЕЛНИ ЛИНИИ (ДОЗИМЕТРИЧНИ СТЕНДОВЕ) - ЧАСТ II

*Николай Николов*

“АЕЦ КОЗЛОДУЙ”-ЕАД, 3320 Козлодуй, e-mail: nnikolov@npp.bg

*Резюме:* Представена е софтуерна програма, която е разработена на основата на методика за калибриране на гама-облъчвателни линии и служи за автоматизиране на дейностите при работа с линиите.

*Ключови думи:* методика за калибриране, изходен еталон, работен еталон, гама-облъчвателна линия, средство за измерване, софтуер

## 1. Въведение

За целите на калибриране и метрологична проверка на средствата за измерване (СИ) на йонизиращи лъчения Лаборатория “Измерване на йонизиращи лъчения” (ИЙЛ) към отдел “Метрологично осигуряване”, “АЕЦ Козлодуй” ЕАД разполага със следните еталонни СИ:

- Изходен еталон на величината мощност на въздушната керма,  $\dot{K}_a$ , тип UNIDOS 1001 в комплект с 3 броя йонизационни камери (ЙК). Еталонът е проследим към Чешки метрологичен институт с разширена неопределеност 1,5 %;

- Работни еталони на величината мощност на въздушната керма тип IM1/P, IM6/M и КИС НРД-МБ 01 с общо 11 броя радиоактивни източници (РАИ) за енергии на фотонното лъчение 60 keV, 661 keV и 1250 keV. Работните еталони до 2013 година са калибрирани от Национален център по метрология (НЦМ) към Български институт по метрология (БИМ).

През 2014 година Лаборатория ИЙЛ бе въведена в действие Методика за калибриране на гама-облъчвателни линии (за справка- сборник с доклади от ММО 2014).

Методиката е разработена на основата на методи изложени в следните публикации:

- NIST “Measurement services: Calibration of X-Ray and Gamma Ray measuring Instruments”;
- CNEA “Calibration of Radioprotection Instruments and Calibrated Irradiation: Characterization of Gamma Beam of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{60}\text{Co}$ ”;

При разработване на методиката е избран метод, който позволява на базата на калибровъчните данни за определен брой точки, разположени по оста на лъчевия сноп, да се определи мощността на въздушната керма,  $\dot{K}_a$  за произволна точка по оста му.

Използвана е функцията от равенство (1).

$$\dot{K}_a = \left( K_s + \frac{\text{const}}{(d + s_o)^2} \right) \cdot e^{-\lambda r} \quad (1)$$

където:

$d$  – разстояние от РАИ до точка на метричната линия, разположена по оста на лъчевия сноп;

$s_o$  – офсет, корекция на разстоянието, която се получава след интерполация на експерименталните данни;

$e^{-\lambda r}$  – коефициент, отчитащ радиоактивния разпад.

Така посочената функционална зависимост между  $\dot{K}_a$  и  $d$  има много добро покритие с експерименталните резултати.

Функцията от равенство (1) може да се представи във вида:

$$y = \left( a + \frac{b}{(x + c)^2} \right) \cdot e^{-\lambda r} \quad (2)$$

След определяне числената стойност на коефициентите  $a$ ,  $b$ ,  $c$  (виж сборник с доклади от ММО-2014) и  $e^{-\lambda r}$  е възможно да се създаде приложен софтуер (компютърна програма), който в значителна степен облекчава работата с гама-облъчвателните линии и многократно повишава производителността на Лаборатория ИЙЛ.

## 2. Изисквания към софтуера

При разработване на софтуера са взети под внимание следните специфични изисквания към него:

- Да бъде използвана среда за разработка, за която “АЕЦ Козлодуй” ЕАД притежава лиценз;
- С цел защита на входните данни, които са от изключителна важност за правилното функциониране на системата, да бъдат предвидени различни нива на достъп защитени с парола;
- Да позволява съхраняване на данни(нуклид,

активност, период на полу-разпадане, референтна дата) за различните радиоактивни източници (РАИ), разположени в облъчвателите, както и данни за коефициентите  $a$ ,  $b$  и  $c$ ;

- Да позволява автоматично определяне на стойността на коефициента  $e^{-\lambda t}$  за текущата дата;
- Да позволява определяне на мощността на въздушната керма, както и на други основни дозиметрични величини, в произволна точка по оста на метричната линия при зададено разстояние: РАИ-точка по оста на линията;
- Да позволява определяне разстоянието по оста на метричната линия при зададена мощност на въздушната керма за всички основни дозиметрични величини;
- Да позволява автоматично определяне времето на облъчване на дадено средство за измерване (СИ) за достигане на определена стойност на дозата (индивидуалната еквивалентна доза  $H_p(10)$ );
- На базата на входните данни за всеки конкретен вид дейност да генерира работен запис, а в случая на облъчване на термолуминесцентни дозиметри (ТЛД) да генерира протокол от облъчване.

### 3. Реализация на приложния софтуер

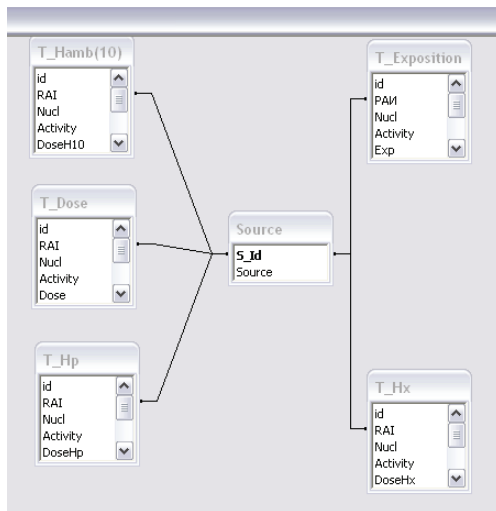
Исхождайки от основните изисквания, изложени в т.2, през 2014 година в Лаборатория ИЙЛ е разработена нова версия на приложен софтуер под названието *EasyCalc\_New*.

Софтуерът е разработен в среда на *Microsoft Access* и представлява база от данни от релационен тип. Предимства на избраната среда за разработка:

- Среда за разработка, която е лицензирана в АЕЦ и е инсталирана на всички служебни компютри;
- Възможност за едновременна работа на голям брой потребители, чрез подходяща мрежова инсталация на сървър.

### 4. Структура на *EasyCalc\_New*

*EasyCalc\_New* е релационен тип БД и оперира с 24 броя таблици, свързани в подходящи релации (на фиг.1 са показани част от таблиците и релациите между тях), заявки, форми, отчети и 5 модула с програмен код на *Visual Basic*.



фиг.1

Получените данни, при калибриране на всеки РАИ от състава на облъчвателните линии, са записани в таблицата *S\_data*. Съдържащата се в таблицата информация е ключова за системата и част от нея е представена на фиг. 2 и фиг.3.

S_data : Table						
id	Source	refDate	Activity	ActNow	Ka	Date
1	E1	03.10.1996	3.70E+08	241297337.01	0.02386	22.10.2009
2	E2	08.10.1996	3.70E+10	24137321545	2.3455	30.11.2012
3	E3	02.10.1996	3.70E+10	35911468036	0.07604	17.11.2010
4	E4	03.10.1996	3.70E+11	2.4129737E+11	21.50782	30.11.2012
5	E5	16.07.1996	3.70E+10	3113801994.6	2.30989	20.10.2009
6	E6	03.10.1996	3.70E+09	2412973370.1	0.23479	20.10.2009
7	E7G	19.08.1996	3.70E+12	2.406155E+12	389.915	06.02.2014
8	S1	02.07.1996	1.20E+08	61834534.694	0.00364	20.02.2014
9	S2	28.09.1973	1.10E+10	4228446157.6	0.29316	18.02.2014
10	S3	03.04.1973	1.04E+12	3.938101E+11	40.45	19.02.2014
11	S4	03.04.1973	1.04E+12	4096652452.8	10.739	19.02.2014
ber)			0.00E+00	0	0	

фиг.2

TCs	TCo	TAm	A	B	C	D
30.18			-0.00663	3.231	0.0034	0.8801053081
			-0.00644	2.253252	0.019429	0.9452154061
		432.1	1	1	1	0.9928229947
			1	1	1	0.9452154061
		5.273	1	1	1	0.4810968011
			1	1	1	0.8799945292
			-0.7808	367.41496	-0.0257	0.9713052922
			-6.8634E-06	0.0036021716	-0.006830985	0.9721607579
			-1.00117E-05	0.28344342	-0.016457525	0.9720386504
			-0.006673119	37.152361	-0.004379402	0.9720996282
			-0.0073997	10.375126	-0.017573911	0.8504771865
0	0	0	0	0	0	0

фиг.3

Чрез използване на методите, които предлага *MS Access* данните, съхранявани в таблиците, са “облечени” в потребителски интерфейс (потребителски форми). Използването на форми от една страна облекчава работата с данните, а от друга

страна позволява ключови данни да бъдат защитени от волна или неволна промяна. Видът на една от потребителските форми е показан на фиг.4.

№	РАИ	E, keV	A, Bq	Въведи мощн. доза, тСу/ф	R, m	Въведи R, m	Мощн. доза, тСу/ф
1	E70	662	2.43E+12	10	5.812	2	91.727
2	S2	662	4.30E+09	0.1	1.69	1	0.289
4	S3	662	4.00E+11	10	1.919	1	37.012
5	S3	662	4.00E+11	38	0.987	1.5	16.398
6			0.00E+00	0	0	0	0
*	0		0.00E+00	0	0	0	0

фиг.4

Извършването на необходимите изчисления и обработката на получените данни се осъществява чрез програмен код. Получените данни се съхраняват в динамични масиви записани в таблици. Пример на част от програмния код е показан на фиг.5. Тук променливите  $AE1$ ,  $BE1$ ,  $CE1$  и  $TE1$  приемат съответно стойностите на коефициентите  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $e^{-\lambda r}$  за конкретно избран РАИ за текущата дата. Функцията  $Distance1\_Change()$  връща стойността на мощността на дозата на избраното от потребителя разстояние  $R$ .

```
Private Sub Distance1_Change()
Dim Px, X As Double, R As Single
R = Distance1.Value
If stS = "E1" Then
Px = (AE1 + BE1 / (R + CE1) ^ 2) * TE1
X = Px
X = Int(X * 1000 + 0.5) / 1000
Dose1.Value = X
End If

If stS = "E2" Then
Px = (AE2 + BE2 / (R + CE2) ^ 2) * TE2
X = Px
X = Int(X * 1000 + 0.5) / 1000
Dose1.Value = X
End If
```

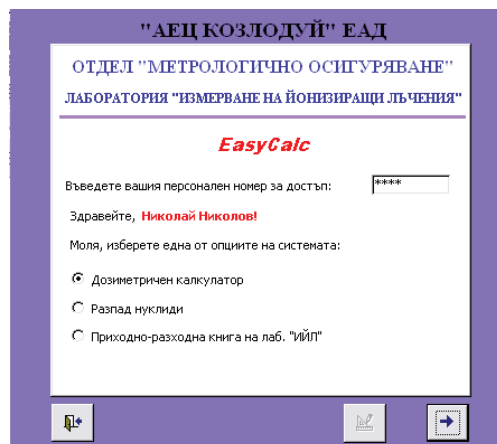
фиг.5

### 5. Работа с EasyCalc\_New

*EasyCalc\_New*, притежава графичен интерфейс, който прави достъпна работата с облъчвателните линии на всички служители на Лаборатория ИЙЛ, които имат основни познания в областта на дозиметрията.

Могат да бъдат обособени следните основни стъпки при работа:

1) Вход в системата – потребителят стартира програмата и въвежда персонален код за достъп, фиг.6.



фиг.6

Персоналът на лабораторията притежава персонален код, който дава достъп на потребителско ниво. Администрирането на *EasyCalc\_New* се извършва от отговорника за изходния еталон UNIDOS 1001 чрез използването на персонален код с администраторски права. Администраторът единствено може да променя данните в таблицата  $S\_data$ .

2) Избира се необходимата опция. Тук приемаме, че е избрана опцията Дозиметричен калкулатор.

3) От етикетите на формата от фиг.7 се избира страницата на дозиметричната величина, с която потребителят ще работи.

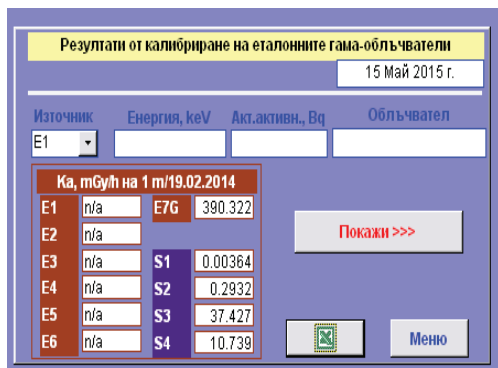
№	РАИ	E, keV	A, Bq	Въведи мощн. доза, тСу/ф	R, m
1	S2	662	4.23E+09	0.1	1.676
2	S2	662	4.23E+09	0.3	0.975
2	S3	662	3.94E+11	3	1.731
4	S4	1250	4.10E+09	10	0.957
5	S4	1250	4.10E+09	15	0.784

фиг.7

4) Избира се подходящ РАИ от списък, въвежда се желаната стойност на избраната дозиметрична величина за необходимия брой точки от обхвата на проверката. За всяка от избраните

точки, по оста на метричната линия, системата изчислява и визуализира разстоянието  $R$ .

5) След получаване на данни за всички необходими точки потребителят може да генерира работен запис (чрез кликане върху бутон с графично изображение на *MS Excel*), т.е бланка, в която да впише на по-късен етап получените резултати при проверката на дадено СИ, фиг.8 и фиг.9.



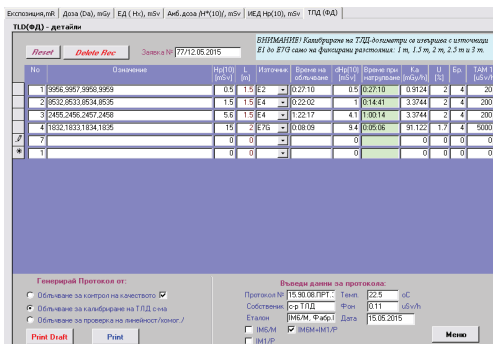
фиг.8

№ по ред	Source ID	Distance, [m]	Dose, [mSv/h]	M1, [mSv/h]	M2, [mSv/h]	M3, [mSv/h]	M4, [mSv/h]	M5, [mSv/h]	Мер. Мфон. [mSv/h]	ε, %
2	1S2	1.676	0.11							
3	2S2	0.975	0.3							
4	3S3	1.731	3							
5	4S4	0.957	10							

фиг.9

6) При необходимост от облъчване на еталонна серия ТЛД се отваря формата от фиг.10. Въвеждат се необходимите изходни данни в полетата на формата. В зависимост от заявената доза, избрано разстояние и РАИ, системата автоматично изчислява необходимото време на облъчване. При облъчване на повече от една серия ТЛД се работи по метода на натрупването, фиг.10.

7) Генерира се съответният протокол от облъчване, чрез кликане върху бутон Print от фиг.10.



фиг.10

## 6. Контрол на качеството

Контролът на качеството се осъществява периодично, съгласно утвърдена програма веднъж на три месеца или извънредно след ремонтни дейности по линията.

Целта на контрола на качеството е да установи потвърждават ли се получените резултати при калибриране на линиите. Осъществява се като се извършват контролни измервания на мощността на въздушната керма при фиксирани разстояния РАИ-йонизационна камера. Измерванията се извършват с помощта на еталонен дозиметър UNIDOS 1001 и подходяща за целта йонизационна камера. Получените резултати за мощността на въздушната керма от измерванията се сравняват със стойността, генерирана от *EasyCalc\_New* за дадено разстояние и източник. Отклонението между измерената стойност и генерираната от *EasyCalc\_New* не трябва да превишава 2 %. При отклонение по-голямо от допустимото се предприемат коригиращи мерки. За резултатите от контрола се изготвя протокол.

## 7. Заключение

Представеният приложен софтуер е от решаващо значение за работата на Лаборатория ИЙЛ, като се вземе предвид големият брой СИ, на които лабораторията осъществява метрологичен контрол. В предходната си версия (*EasyCalc*) се е доказал като надеждно средство в продължение на 8 години.

Автоматизирането на дейностите по определяне мощността на въздушната керма в точка по оста на лъчевия сноп многократно повишава ефективното натоварване на гама-облъчвателните линии, което способства за справяне в срок с поставените производствени задачи.

Не на последно място автоматизирането на

горепосочените дейности свежда до минимум възможността за допускане на случайна грешка от страна на потребителя, което повишава качеството на извършваните от персонала на Лаборатория ИЙЛ дейности.

### 8. Литература

[1] NIST Special Publication 250-58 “Measurement services: Calibration of X-Ray and Gamma Ray measuring Instruments” (2001).

[2] Pirhio Rosana, Lindner Carlos, Molina

**Laura, Vallejos Matias** “Calibration of Radioprotection Instruments and Calibrated Irradiation: Characterization of Gamma Beam of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{60}\text{Co}$ ”, Buenos Aires, Argentina

### Данни за авторите:

**Николай Петров Николов**, Образование: магистър по физика (1987). Месторабота: “АЕЦ Козлодуй” ЕАД, отдел “Метрологично осигуряване”, Ръководител лаборатория “Измерване на йонизиращи лъчения”

## CALIBRATION OF GAMMA-RAY BEAMS (DOSIMETRIC TEST RIGS) - PART II

*Nikolay Nikolov*

KOZLODUY NPP PLC, 3320 Kozloduy, E-mail: [npnikolov@npp.bg](mailto:npnikolov@npp.bg)

*Summary:* A software programme designed based on the calibration methodology of gamma-ray lines is presented. It is used for lines operation automation.

*Key words:* calibration methodology, standard, working standard, gamma-ray beam, measuring means, software

### REFERENCES

[1] NIST Special Publication 250-58 “Measurement services: Calibration of X-Ray and Gamma Ray measuring Instruments” (2001).

[2] Pirhio Rosana, Lindner Carlos, Molina Lau-

ra, Vallejos Matias “Calibration of Radioprotection Instruments and Calibrated Irradiation: Characterization of Gamma Beam of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{60}\text{Co}$ ”, Buenos Aires, Argentina

## КАЛИБРОВКА ГАММА-ОБЛУЧАТЕЛЬНОЙ ЛИНИИ (ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ СТЕНДЫ) - ЧАСТЬ II

*Николай Николов*

“АЭС КОЗЛОДУЙ”-ЕАД, 3320 Козлодуй, E-mail: [npnikolov@npp.bg](mailto:npnikolov@npp.bg)

*Резюме:* Представлена софтуерна програма, която разработана на базе методики калибровки гамма-облучателних линий и служит для автоматизирования деятельности при работе с линиями.

*Ключевые слова:* методика калибровки, исходный эталон, рабочий эталон, гамма-облучательная линия, средство измерения, софтуер