

КАЛИБРОВКА АКТИВНОСТИ В 2П ЭТАЛОННОГО БЕТА ИСТОЧНИКА 6C0 С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ GEANT4

Лавский Василий Юрьевич

ведущий инженер, Специализированный Научно-Исследовательский Институт Приборостроения (АО "СНИИП"), РФ, г. Москва

Самойлова Елена Михайловна

канд. техн. наук, доц., кафедры "Техническая механика и мехатроника" Института машиностроения материаловедения и транспорта Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., РФ, г. Саратов

CALIBRATION OF 2P ACTIVITY OF THE REFERENCE BETA SOURCE 6C0 USING GEANT4 SOFTWARE

Vasily Lavsky

Leading engineer, Specialized Scientific Research Institute of Instrument Engineering (JSC "SNIP"), Russia, Moscow

Elena Samoilova

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technical Mechanics and Mechatronics, Institute of Mechanical Engineering, Materials Science and Transport Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin, Russia, Saratov

Аннотация. В данной статье приведена калибровка активности в 2п эталонного бета-источника 6C0 для проведения последующего моделирования отклика счетчика СИ502БГ.

Abstract. This article presents the calibration of the 2p activity of the 6C0 reference beta source for subsequent modeling of the SI502BG counter response.

Ключевые слова: эталонный источник 6C0, Geant4.

Keywords: reference source 6C0, Geant4.

В настоящее время все большую популярность в научных кругах набирает моделирование физических процессов, предсказание которых посредством проведения инженерных расчетов довольно трудоемко. В атомной отрасли, в частности, в области детектирования ионизирующих излучений, моделирование физических процессов носит по большей части прикладной характер.

Разработанное устройство должно соответствовать всем своим заявленным параметрам, которые должны подтверждаться при проведении испытаний, однако проведение натурных испытаний для некоторых устройств не просто дорого, но и крайне затруднительно с технической точки зрения. В таких случаях вместо проведения испытаний технический параметр подтверждается путем выполнения инженерных расчетов с последующим проведением моделирования. В ядерной физике моделирование выполняется в таких программах как Geant4 [1], FLUKA и MCNP.

Зачастую, для обработки полученных результатов используют программу ROOT [2], которая на настоящий момент является платформой для обработки данных в физике высоких энергий.

Задача моделирования состоит в калибровке активности эталонного бета-источника ^{60}Co для подготовки к последующей калибровке модели путем сравнения отклика счетчика СИ502БГ с ранее полученными экспериментальными данными.

В данной работе представлены результаты, которые были получены при моделировании эксперимента по получению средней скорости счета на выходе со счетчика СИ502БГ при

помещении его возле активной области эталонного бета-источника ^{60}Co , имеющего нуклидный состав Sr^{90} и Y^{90} .

Ввиду того, что в используемом ПО отсутствует привязка к реальному времени, калибровка активности эталонного источника ^{60}Co , изображенного на рис.1, заключается в определении времени проведения измерения.

Для калибровки активности эталонного источника ^{60}Co вплотную к нему устанавливался чувствительный объем, как это показано на рис.2. Указанный чувствительный объем был описан исключительно с целью калибровки активности эталонного источника в 2п. После определения времени измерения указанный чувствительный объем исключался из конструктива модели.

В процессе определения времени измерения в конструкции эталонного источника генерировалось два бета-спектра, максимальные энергии которых соответствовали максимальным энергиям распада Sr^{90} и Y^{90} . Ввиду того, что указанные нуклиды находятся в радиационном равновесии и их активности равны, генерировалось одинаковое количество бета-частиц для каждого из спектров. Нуклиды Sr^{90} и Y^{90} находятся в радиационном

равновесии в соответствии с приведенными реакциями: $\text{Sr}^{90} \rightarrow \text{Y}^{90} + \beta^- + \bar{\nu}_e$ и $\text{Y}^{90} \rightarrow \text{Zr}^{90} + \beta^- + \bar{\nu}_e$, причем $T_{1/2}(\text{Sr}^{90}) = 28,79$ лет и $T_{1/2}(\text{Y}^{90}) = 64$ часа.



Рисунок 1. Фотография эталонного бета-источника ^{60}Co со стороны активной области

При расчете времени измерения количество событий, зарегистрированных в чувствительном объеме, делилось на активность используемого эталонного бета-источника ^{60}Co в 2п. Учитывались только события, имеющие энергию 50 кэВ или выше. Таким образом:

$$t_{\text{изм}} = \frac{N_{\text{генератор}}}{A_{^{60}\text{Co}}}, \quad (1)$$

где:

$t_{\text{изм}}$ – время измерения; $N_{\text{генератор}}$ – количество электронов, попавших в чувствительный объем для калибровки эталонного источника ^{60}Co и имеющих энергию больше 50 кэВ; $A_{^{60}\text{Co}}$ – активность используемого эталонного бета-источника ^{60}Co .

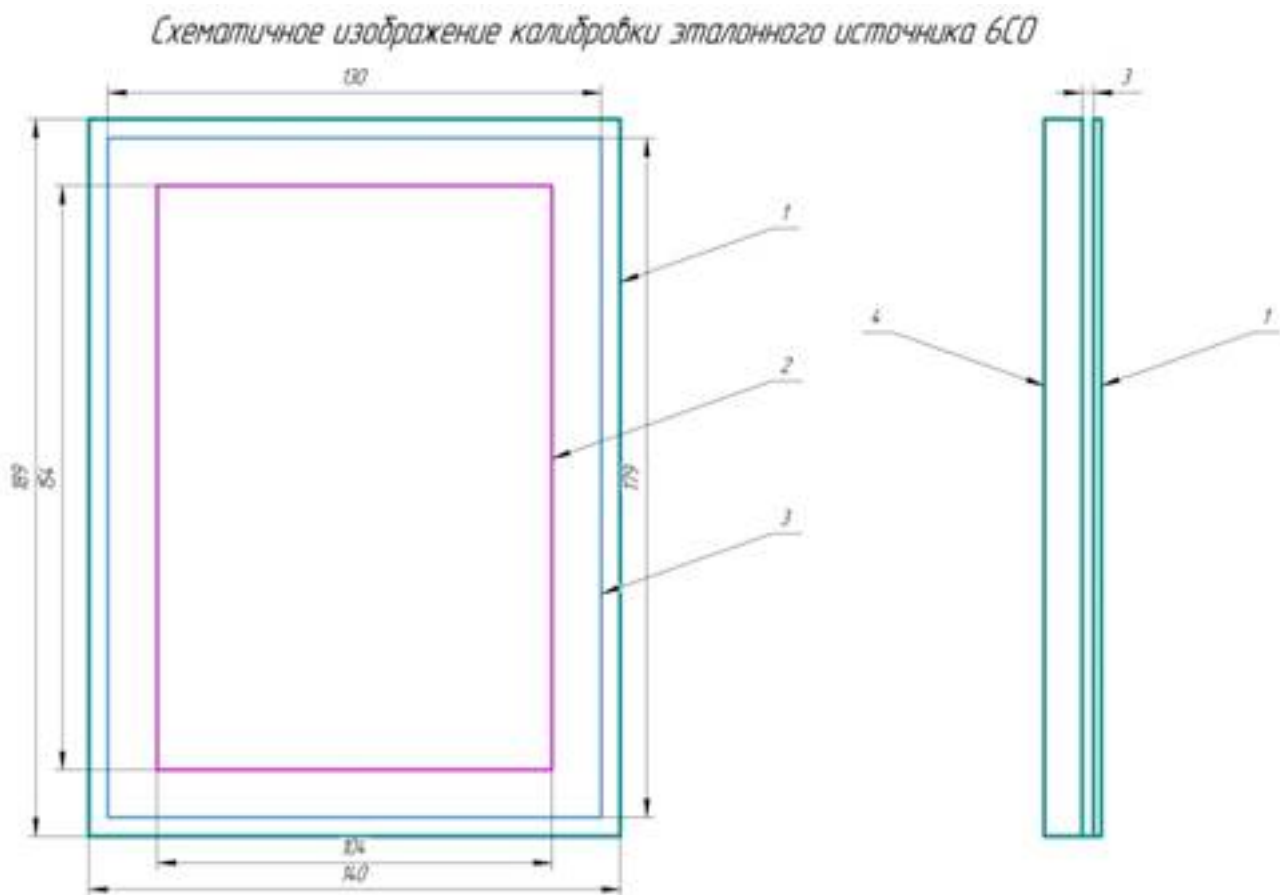


Рисунок 2. Схематичное изображение калибровки эталонного источника 6С0 [3], где: 1 - алюминиевая подложка, представляющая собой основу конструкции эталонного источника, 2 - активная область источника, где происходит генерация бета-спектров, 3 - алюминиевая герметизирующая фольга, 4 - объем для калибровки активности эталонного источника 6С0

Для уменьшения погрешности моделирования при калибровке чувствительного объема счетчика СИ502БГ было принято решение о необходимости введения условия

$t_{изм} \geq 10^3 c$, при выполнении которого набирается достаточная статистика для оптимально точной калибровки модели. После компиляции модели был визуализирован

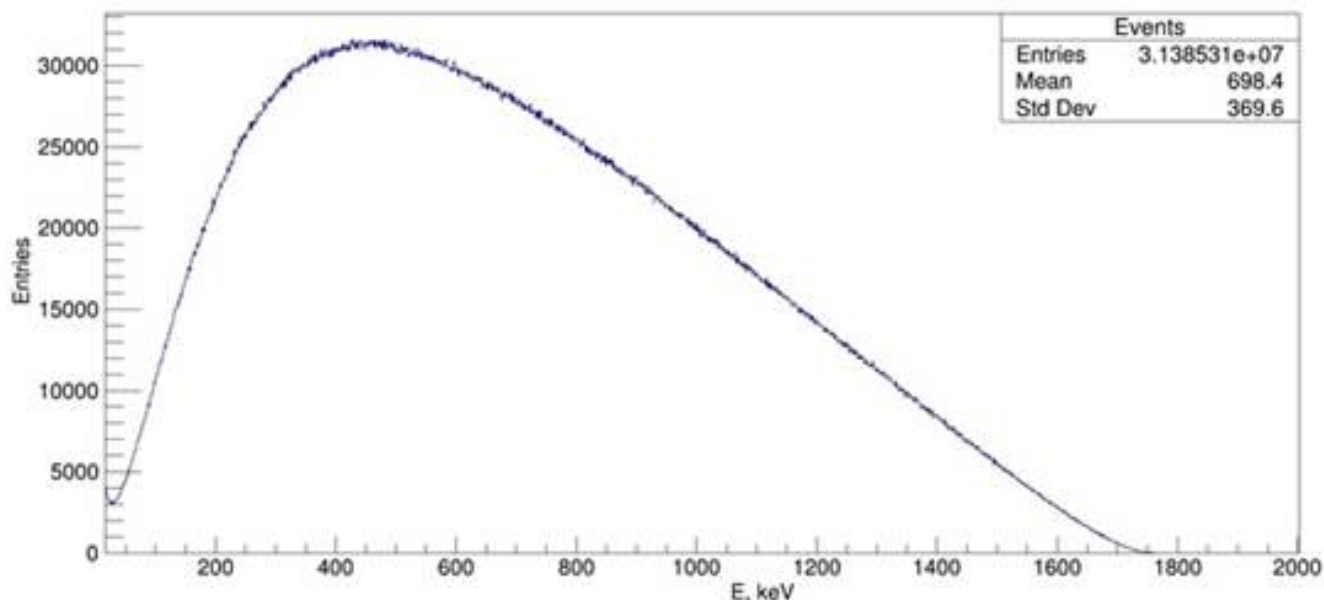
спектр, обозначенный на рис.3, отобраны события и высчитано время измерения **$t_{изм}$** , которое указано в Таблице 1.

Таблица 1.

Результат калибровки активности эталонного источника 6С0 в 2п

$N_0(Sr^{90})$	$N_0(Y^{90})$	$N_{генератор}$	A_{6C0}, c^{-1}	
10^8	10^8	30812571	$1,153 \cdot 10^4$	2

Spectrum 6C0(Sr90-Y90)



```
| Try '.help', '.demo', '.license', '.credits', '.quit'/'.' |
-----
root [0]
Attaching file Spectrum 6C0_Sr90.root as _file0...
(TFile *) 0x55957859ddf0
Attaching file Spectrum 6C0_Y90.root as _file1...
(TFile *) 0x559578a81250
root [2] TFile* f1 = TFile::Open("Spectrum 6C0_Sr90.
(TFile *) 0x559578a6ca50
root [3] TFile* f2 = TFile::Open("Spectrum 6C0_Y90.r
(TFile *) 0x559578a88380
root [4] TH1D* h1 = (TH1D*) f1->Get("Events")
(TH1D *) 0x559578ababb0
root [5] TH1D* h2 = (TH1D*) f2->Get("Events")
(TH1D *) 0x5595786d6980
root [6] TH1F* h = new TH1F("Events", "Spectrum 6C0(
Warning in <TFile::Append>: Replacing existing TH1:
(TH1F *) 0x559578ada990
root [7] h->Add(h1, h2)
(bool) true
root [8] auto axisX = h->GetXaxis();
root [9] auto axisY = h->GetYaxis();
root [10] axisX->SetTitle("E, keV")
root [11] axisY->SetTitle("Entries")
root [12] h->Draw();
Info in <TCanvas::MakeDefCanvas>: created default TCanvas with name c1
root [13] h->Integral(50, 2500)
(double) 30812571.
root [14]
```

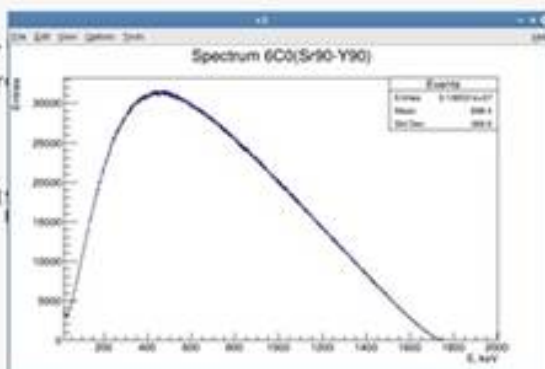


Рисунок 3. Спектр бета-частиц, полученный на выходе с эталонного бета-источника 6C0, при генерации внутри активной области 10^8 электронов для каждого нуклида (Sr^{90} и Y^{90})

Вывод

В процессе моделирования эталонного бета-источника $6C0$, содержащего нуклиды Sr^{90} и Y^{90} , удалось реализовать генерацию бета-спектра, энергетический спектр которых соответствует форме реального бета-спектра от эталонного бета-источника. Таким образом можно утверждать, что модель подготовлена к проведению калибровки.

Список литературы:

1 Официальный сайт используемого ПО для моделирования ядерных процессов (Geant4):
<https://geant4.org/>;

2 Официальный сайт используемого ПО для обработки полученных результатов (ROOT):
<https://root.cern/>;

3 Каталог изготовителей эталонных бета источников
[http://www.isotop.ru/files/treecontent/nodes/attaches/700/704/1c0-6c0new .pdf](http://www.isotop.ru/files/treecontent/nodes/attaches/700/704/1c0-6c0new.pdf)