

CENTRALNE LABORATORIUM
OCHRONY RADIOLOGICZNEJ

CLOR/94/D

CENTRAL LABORATORY FOR
RADIOLOGICAL PROTECTION



111

Raport nr CLOR/94/D

OPRACOWANIE
RADIOTERMOLUMINESCENCYJNEGO
PALCOWEGO DAWKOMIERZA
PROMIENIOWANIA BETA - GAMMA

A. Koczyński
M. Wolska - Witer
T. Musiałowicz

WARSZAWA

1973

This report has been reproduced directly
from the best available copy

Распространяет:
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ПО ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ
при Уполномоченном Правительстве ПНР
по Использованию Ядерной Энергии
Дворец Культуры и Науки
Варшава, ПОЛЬША

Available from:
NUCLEAR ENERGY INFORMATION CENTER
of the Polish Government Commissioner for Use
of Nuclear Energy
Palace of Culture and Science
Warsaw, POLAND

Drukuje i rozprowadza:
OŚRODEK INFORMACJI O ENERGII JADROWEJ
Pełnomocnika Rządu d/s Wykorzystania Energii Jądrowej
Warszawa, Pałac Kultury i Nauki

Wydaje Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej

Nakład 595 egz., Objętość ark.wyd. 0,8, Ark.druk. 1,2. Data złożenia maszynopisu przez autora III.1973 r., Oddane do druku 29.III.1973 r.. Druk ukończono w maju 1973r.SP-09/250/66, zam.nr 96/73



CENTRALNE LABORATORIUM OCHRONY RADIOLOGICZNEJ
CENTRAL LABORATORY FOR RADIOLOGICAL PROTECTION
Warsaw Poland

Raport nr CIOR/94/D

OPRACOWANIE RADIOTERMOLUMINESCENCYJNEGO PALCOWEGO
DAWKOMIERZA PROMIENIOWANIA BETA-GAMMA

THE PREPARATION OF RADIOTERMOLUMINESCENT
FINGER DOSIMETER FOR BETA AND GAMMA RADIATIONS

РАЗРАБОТКА РАДИОТЕРМОЛУМИНЕСЦЕНТНОГО
ПАЛЬЦЕВОГО ДОЗИМЕТРА БЕТА И ГАММА ИЗЛУЧЕНИЯ

A. Koczyński
M. Wolska-Witer
T. Musiałowicz

W A R S Z A W A

1973

STRESZCZENIE

Na podstawie pomierzonych parametrów dozymetrycznych różnych detektorów LiF /proszek, krążki LiF z teflonem o różnej grubości i spieki/, a zwłaszcza zależności ich sygnałów od energii promieniowania beta, opracowano prosty typ palcowego dawkomierza promieniowania beta-gamma. Opisano jego budowę, podano parametry oraz warunki i sposób oznaczania dawek promieniowania mieszane beta-gamma przy użyciu dwóch spieków LiF.

SUMMARY

The simple type of beta-gamma finger dosimeter has been prepared, on the base of dosimetric properties measured for various LiF detectors /in pulver form, plates with teflon of various thickness and sintered discs/, especially of the dependence of detector read-out upon the energy of beta radiation. The construction and parameters of dosimeter are described as well as conditions and manner of dose determination for mixed beta and gamma radiations using two sintered LiF discs.

(auth)

РЕЗЮМЕ

Разработан простой тип пальцевого дозиметра бета и гамма излучения на основании измеренных дозиметрических свойств разных детекторов LiF /порошок, диски с тefлоном различной толщины и спеки/, а особенно зависимости их показаний от энергии бета излучения. Описана его конструкция и указаны параметры, а также условия и метод определения дозы смешанного бета-гамма излучения при употреблении двух спеков LiF.

1. WSTĘP

Ocena narażenia od promieniowania zewnętrznego w kontroli dawek indywidualnych oparta jest w zasadzie na pomiarze dawki z odczytu dawkomierza noszonego na klatce piersiowej. Otrzymany wynik pomiaru przyjmuje się jako miarę napromienienia całego ciała. W wielu jednak rodzajach pracy dawki oznaczone na klatce piersiowej różnią się znacznie od wartości dawek, jakie mogą otrzymać inne części ciała osoby kontrolowanej, a zwłaszcza ręce. Przykładami takich przypadków są prace:

- personelu zatrudnionego przy aplikatorach zamkniętych źródeł promieniowania jonizującego, głównie w ośrodkach onkologicznych [1],
- ekip awaryjnych w czasie usuwania wypadków radiacyjnych i ich skutków,
- w lecznictwie przy podawaniu chorym otwartych źródeł promieniowania [2],
- w radiochemii, a zwłaszcza przy produkcji izotopów promieniotwórczych [3].

Szczególnie silne zróżnicowanie rozkładu dawek na powierzchni poszczególnych części ciała występuje przy pracy ze źródłami promieniowania beta. Bjarngard i Jones [4], wykonując pomiary rozkładu dawek na rękach w czasie trzymania igły radowej, stwierdzili, że dawki na końcach palców, środku dłoni i przegubie ręki układają się w stosunku 70:2,5:1. Dla promieniowania beta źródła uranowego wartości dawek na końcach palców i środku dłoni rozłożyły się w stosunku 30:1, a na przegubie ręki w ogóle nie zarejestrowano napromienienia.

Prowadzenie rutynowej kontroli narażenia rąk przy użyciu dawkomierzy fotometrycznych umieszczonych na palcach zostało zaniechane, ponieważ nie udało się zbudować małego dawkomierza fotometrycznego z kompletem filtrów

korekcyjnych, nadającego się do noszenia na palcu. Stosowanie natomiast niewielkich odcinków błon dozymetrycznych bez filtrów nie dawało dostatecznej informacji o napromienieniu rąk.

Użycie detektora radiotermoluminescencyjnego /RTL/ umożliwia wykonanie dawkomierzy palcowych bardzo małych rozmiarów. Zastosowanie detektorów RTL w postaci fluorku litowego /LiF/ pozwala dodatkowo na znaczne poprawienie charakterystyki energetycznej w porównaniu z dawkomierzem fotometrycznym, z zachowaniem możliwości określenia stopnia zróżnicowania przenikliwości promieniowania.

Pierwszymi dawkomierzami palcowymi opracowanymi w CLOR były RTL dawkomierze palcowe promieniowania gamma /TLDP-1 i TLDP-2/, opisane uprzednio [5]. Stanowią one jeszcze do chwili obecnej uzupełnienie najpilniejszych potrzeb kontroli dawek na palcach rąk osób działających w bliskiej odległości od silnych źródeł promieniowania gamma, jak np.: w niektórych pracach personelu instytutów onkologii lub ekip awaryjnych CLOR.

Niniejsza praca jest kolejnym etapem obejmującym opracowanie RTL dawkomierzy palcowych przeznaczonych do pomiaru dawek promieniowania od beta i gamma izotopów promieniotwórczych, w zakresie od 100 mradów do 1000 radów, z błędami pomiarowymi nie przekraczającymi:

- a/ $\pm 15\%$ dla promieniotwórczości gamma oraz
- b/ $\pm 20\%$ dla promieniotwórczości beta uranu naturalnego.

Takie parametry posiadają /wg katalogu/ dawkomierze RTL produkcji amerykańskiej firmy Harshaw.

W pomiarach dawek promieniowania beta-gamma główną trudnością jest oznaczenie dawki niskoenergetycznego promieniowania beta. Odchylenia wartości dawek zmierzonych od rzeczywistych, tzn. pochłoniętych w tkance na głębokości 7 mg/cm^2 , mogą być w takich pomiarach bardzo duże. Wartości tych odchyleń zależą głównie od równomierności

rozkładu dawki w głąb detektora RTL. Im cieńszy jest detektor RTL, tym bardziej równomierny może być w nim rozkład dawki promieniowania beta o niższej energii i wtedy odchylenia wartości dawki zmierzonej od rzeczywistej są mniejsze. Zależność wskazań różnej grubości detektorów LiF od energii promieniowania beta, pomierzoną przez Voss'a [6] podano w tabeli 1.

W celu dokonania wyboru detektora RTL do przygotowania dawkomierza beta-gamma badano następujące detektory:

- krążki LiF /40%/ w mieszaninie z teflonem /60%/ o średnicy 8 mm i grubościach: 0,6, 0,4, 0,2 i 0,1 mm, produkcji Instytutu Fizyki Jądrowej /IFJ/;
- spieki LiF o średnicy 4,5 mm i grubości 0,6 mm, wykonane w IFJ z materiału CIOR;
- proszek LiF w ilości po 50 mg, otrzymany w CIOR.

2. WSTĘPNE POMIARY I WYBÓR DETEKTORA

Dawki promieniowania beta-gamma mierzono czytnikiem termoluminescencyjnym /TL/ produkcji CIOR, zachowując wszystkie warunki pomiaru opisane w raporcie dotyczącym opracowania RTL dawkomierzy palcowych promieniowania gamma [5].

Wyniki pomiarów współczynników wzorcowania wybranych rodzajów detektorów w warunkach wzorcowania promieniowania gamma zestawiono w tab. 2. W tabeli tej podano również dla porównania wartości współczynników energetycznych detektorów dla promieniowania beta. Tym mianem określono stosunek wskazań detektora na jednostkę dawki /1 radda/ promieniowania beta od Pm-147 do jego wskazań od Sr-90/Y-90.

Pomiary parametrów badanych detektorów RTL, przy zmianie źródeł promieniowania beta, wykonywano w warun-

kaach wyznaczania mocy dawek od tych źródeł przez Wyso-
polskiego i Musiałowicza [7], przy stosowaniu komory
ekstrapolacyjnej produkcji CIOR [8]. Detektory na-
promieniano kolejno: Pm-147 $/E_{\beta}$ maks. = 0,23 MeV/
Kr-85 $/E_{\beta}$ maks. = 0,672 MeV/, Sr-90/Y-90 $/E_{\beta}$ maks. =
2,27 MeV/ i U-nat. $/E_{\beta}$ maks. = 2,31 MeV/ dawką 1 rada
w odległości od źródeł odpowiednio: 10 cm, 25 cm, 55 cm
oraz na styk /w przypadku źródła uranowego/.

Na podstawie wymienionych wyżej pomiarów ustalono
względne wydajności detektorów napromienianych promienio-
waniem beta w stosunku do promienionowania gamma radu, któ-
re ujęto w tabelach 3 i 4. Terminem „wydajność detektora”
określono stosunek wskazań detektora do wartości dawki
pochłoniętej na głębokości 7 mg/cm^2 .

Detektory w postaci krążków wykonane z mieszaniny
LiF i teflonu, stosowane często w różnych laboratoriach
za granicą do pomiaru dawek promieniowania beta i gamma,
były dla CIOR niedostępne. Krążki z LiF w teflonie, wy-
konane w IFJ techniką skrawania ich z pręta, wykazywały
tendencję do zwijania się, co utrudniało pomiary i po-
garszało dokładność wyników /tab. 2/.

Z tabeli 3 widać, że detektory z LiF w teflonie o
grubości 0,1 mm wykazują nieoczekiwanie większą zależ-
ność energetyczną od detektorów o grubości 0,2 mm. Wy-
stępowanie tej rozbieżności spowodowane jest, być może,
różnicami w zawartościach procentowych ziaren LiF w sto-
sunku do teflonu w wyprodukowanych krążkach: mniejszej
ich ilości w warstwie powierzchniowej, niż we wnętrzu
krążka.

Do wykonania dawkomierza beta-gamma wybrano spie-
ki LiF.

3. DAWKOMIERZ PROMIENIOWANIA BETA-GAMMA

3.1. Budowa dawkomierza

Konstrukcję dawkomierza, który oznaczono symbolem TLDP-3, przedstawiono na rys. 3. Składa się na nią:

- a - detektor promieniowania sumarycznego beta i gamma,
- b - detektor promieniowania gamma,
- 1 - obrączka ze szkła organicznego,
- 2 - nakrętka z winiduru,
- 3 - okienko o średnicy 7 mm, wykonane z folii estrofolowej i nieprzezroczystego mylaru o łącznej masie powierzchniowej 7 mg/cm^2 ,
- 4 - osłona z teflonu o masie powierzchniowej 700 mg/cm^2 .

3.2. Pomiar dawek promieniowania beta-gamma przy stosowaniu TLDP-3

Wartości dawek mieszanego promieniowania beta-gamma obliczane w sposób następujący:

- 1/ dla promieniowania gamma $/D_\gamma/$ - ze wskazania $/W_b/$ drugiego detektora, oznaczonego literą "b" na rys.1:

$$D_\gamma = \frac{W_b}{k} \quad \text{radów,}$$

gdzie k jest współczynnikiem wzorcowania dla promieniowania gamma i wynosi 10 nA/rad ;

- 2/ dla promieniowania beta $/D_\beta/$ - z różnicy wskazań $/W_a - W_b/$ pierwszego i drugiego detektora, oznaczonych literami "a" i "b" na rys. 1. Przy założeniu, że dawka promieniowania gamma w małym stopniu zależy od głębokości /napromienianie w warunkach równo-

wagi elektronowej/

$$D_{\beta} = \frac{1}{k B} /W_a - W_b/ \text{ radów,}$$

gdzie B jest współczynnikiem korekcyjnym promieniowania beta, który dla promieniowania beta uranu naturalnego wynosi 0,72. Współczynniki korekcyjne dla innych energii promieniowania mogą być odczytane ze zdjętej charakterystyki energetycznej TLDP-3, przedstawionej na rys. 2:

3/ dawkę całkowitą dla promieniowania beta i gamma ze wzoru:

$$D_{\beta+\gamma} = \frac{1}{k} /W_b + \frac{W_a - W_b}{B} / \text{ radów.}$$

Udział promieniowania beta w oznaczeniu dawki z odczytu detektora promieniowania gamma $/W_b/$ nie przekracza 2%. Względne wskazania detektora po napromienieniu promieniowaniem beta ze źródła Br-90/Y-90 w zależności od grubości osłony przedstawiono na rys. 3.

3.3. Parametry opracowanego TLDP-3

TLDP-3 przeznaczony jest do pomiaru dawek indywidualnych promieniowania mieszanego beta-gamma.

Dokładność oznaczenia dawki całkowitej promieniowania przy prostym kierunku padania promieniowania beta-gamma, w zakresie dawek od 100 mradów do 1000 radów, przy znanym widmie energetycznym promieniowania beta i jego energii przekraczającej 0,2 MeV, wynosi $\pm 20\%$ /tab. 5/.

Udział promieniowania gamma o energii powyżej 30 keV, w zakresie dawek od 10 mradów do 1000 radów mierzy z dokładnością $\pm 15\%$ /tab. 2 i rys. 4/.

W badanych przedziale energii składową dawkę od promieniowania beta o nieznanym widmie energetycznym można

jedynie oszacować w granicach odchyłań względnych +400% i -50%. Podane wartości odchyłań granicznych obliczono przy przyjętym współczynniku korekcyjnym 0,2 /rys. 4/. Wartość tę wybrano ze względu na przyjętą w ochronie przed promieniowaniem zasadę pesymizacji przy ocenach narażenia.

Charakterystyki katowe TLDP-3 dla promieniowania beta i gamma podano na rys. 5. Wskazania dawkomierza dla różnych emiterów beta wyrażone w jednostkach względnych w odniesieniu do promieniowania gamma Ra, dla którego wydajność dawkomierza nie zależy od kierunku padania promieniowania.

Użyte do budowy TLDP-3 spieki LiF zapewniają wielokrotność stosowania dawkomierza z zachowaniem liniowości jego wskazań w całym wchodzącym w rachubę zakresie dawek indywidualnych.

PODZIĘKOWANIE

Autorzy dziękują Panom: dr inż. M.Zielezyńskiemu z Instytutu Badań Jądrowych, dr inż. B.Gwiazdowskiemu, mgr inż. E.Majence, inż. Wł.Buremu i Koledze W.Blochowi z Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej za cenne uwagi i życzliwą współpracę przy realizacji tematu.

LITERATURA

1. Musiałowicz T., Wysopolski J., Dworakowski M., Łobodziec W.: Exposure Evaluation of Personnel Dealing with Clinical Radium Applicators. Report CLOR/IO-70/D.
2. Tabaku Y., Kida T.: Radiation Dose to the Skin and Bone of the Fingers from Handling Radioisotopes in a Syringe. Health Phys. 22, 295 /1972/.
3. Chiswell D.W., Gilboy W.B.: Comparison of the Radiation Doses to the Wrists and Fingers of Workers Engaged on Radiochemical Processing. Health Phys. 22, 327 /1972/.
4. Bjarngard B., Jones D.: NATO Summer School on Dosimetry, Brussels, Belgium /1967/.
5. Koczyński A., Wolska-Witer M., Musiałowicz T.: Termoluminescencyjny dawkomierz palcowy promieniowania gamma. Raport Nr CLOR-89/D /1972/.
6. Voss W.: Grundlagen und Möglichkeiten der Thermolumineszenzdosimetrie. Strahlenschutz-Information Nr. 1/69 /Raport KFA Jülich/.
7. Wysopolski J., Musiałowicz T.: Evaluation of beta dose by photographic method. Intern. Symp. Über Personen-Dosimetrie, Potsdam, 10-14 October 1972.
8. Rowan J., Sawicka B.: Ekstrapolacyjna komora jonizacyjna. Raport Nr CLOR-74/D /1969/.

T a b e l a 1

Czułości różnej grubości detektorów z LiF w teflonie
dla promieniowania beta według Voss'a [1]

Źródło promieniowania	E_{β} maks. [MeV]	E_1		E_2	
		Grubość detektora			
		0,13 mm	0,4 mm	0,13 mm	0,4 mm
Pm-137	0,23	0,172	0,054	0,39	0,123
Co-60	0,31	0,315	0,2	0,48	0,266
Tl-204	0,765	0,501	0,292	1,08	1,02
Sr-90/Y-90	2,27	1,02	0,98	1,08	1,02

$$E_{1,2} - \text{czułość detektora} = \frac{\text{Dawka odczytana}}{\text{Dawka obliczona} \cdot x/}$$

Wskaźnik 1 - dawka bez osłony,

Wskaźnik 2 - dawka za osłoną detektora /7 mg/cm²/

x/ - Dawka w tkance na głębokości 7 mg/cm².

T a b e l a 2

Parametry dozymetryczne różnych detektorów z LiF dla promieniowania gamma radu
w porównaniu z ich współczynnikiem energetycznym dla promieniowania beta

Rodzaj detektora	Krażki teflonowe				Spieki	Proszek luzem
Średnica detektora [mm]	8	8	8	8	4,5	8
Grubość detektora [mm]	0,6	0,4	0,2	0,1	0,6	40 mg
Współczynnik wzorcowania [nA/1R]	3,0	2,4	1,6	0,7	10	14
Współczynnik wariancji ^{x/} przy pomiarze dawki 100 mR [%]	± 14,8	± 15,5	± 25	± 38	± 7	± 5
Współczynnik wariancji przy pomiarze dawki 1 R [%]	± 10,7	± 9,2	± 16,2	± 19	± 4	± 3
Współczynnik energetyczny dla promieniowania beta	0,09	0,12	0,13	0,13	0,086	0,12

$$x/ \text{Współczynnik wariancji} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n /x_i - \bar{x}/^2}{n - 1}}}{\bar{x}} 100 [\%], \text{ gdzie:}$$

x_i - wartość kolejnego /i/ pomiaru,
 \bar{x} - wartość średnia wszystkich pomiarów,
 n - ilość pomiarów /w naszym przypadku 10/.

T a b e l a 3

Względne wartości wydajności krążków LiF w teflonie
o średnicy 8 mm i różnych grubościach, napromienianych różnymi źródłami
za okienkiem o masie powierzchniowej 7 mg/cm²

Źródło promieniotwórcze	E _β maks. [MeV]	Grubość detektorów [mm]			
		0,1	0,2	0,4	0,6
Pu-147	0,23	0,097	0,12	0,097	0,067
Kr-85	0,672	0,47	0,48	0,40	0,39
U _{nat}	2,31	2,51	0,60	0,72	0,54
Sr-90/Y-90	2,27	0,73	0,92	0,85	0,78
Ra	promieniotwo- wanie gamma	1	1	1	1

T a b e l a 4

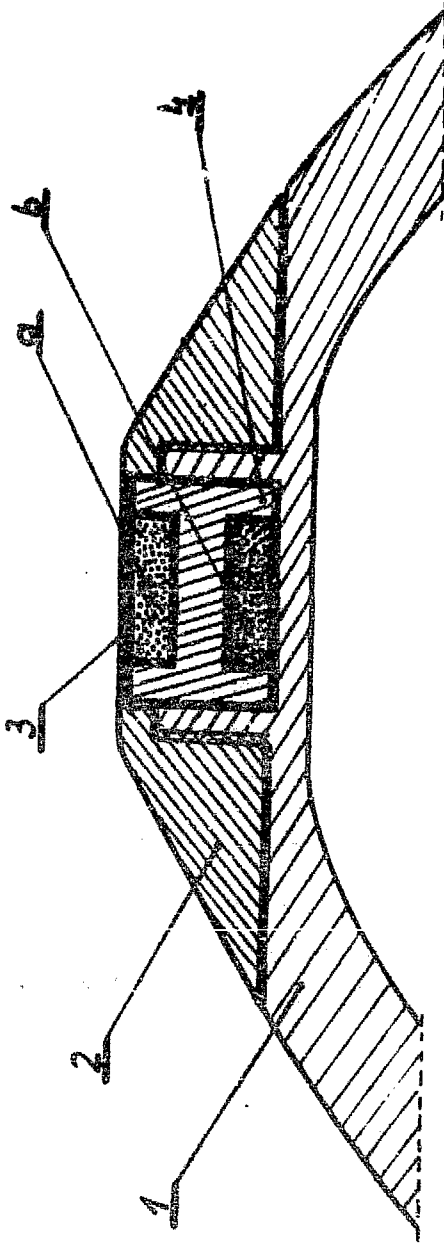
Porównanie wartości względnych wyraźności różnych detektorów napromieniowanych różnymi źródłami promieniowania beta za okienkiem o masie powierzchniowej 7 mg/cm^2

Źródło promieniowania	E_{β} maks. [MeV]	Rodzaj detektora/grubość [mm]		
		LiF-teflon /IFJ/	LiF-teflon /CLOR/	LiF-spiek
		0.2	0.2	0.6
Pm-147	0,23	0,12	0,146	0,077
Kr-85	0,672	0,48	0,58	0,42
U_{nat}	2,31	0,72	0,71	0,72
Sr-90/Y-90	2,27	0,92	0,92	0,90
Ra	promieniowanie gamma	1	1	1

T a b e l a 5

Odchylenia maksymalne i współczynniki wariancji
 przy 10 pomiarach dawki 100 urad dla różnej energii promieniowania
 beta przy stosowaniu TLDP-3

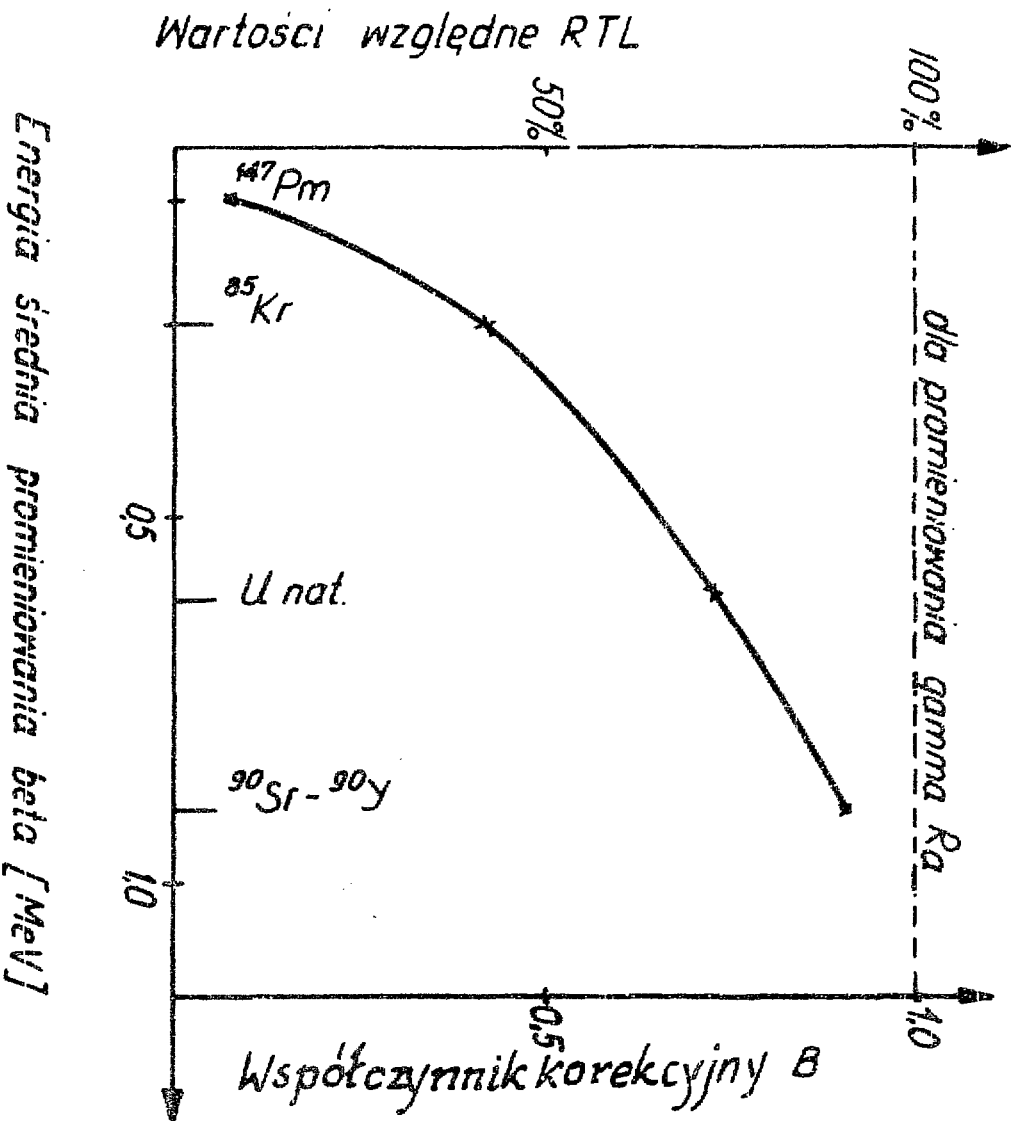
Rodzaj źródła	Pm-147	Kr-85	U_{nat}	Sr-90/Y-90
Odchylenia maksymalne [%]	± 20	± 13	± 14	± 11
Współczynnik wariancji [%]	± 11	$\pm 6,7$	$\pm 9,2$	± 6



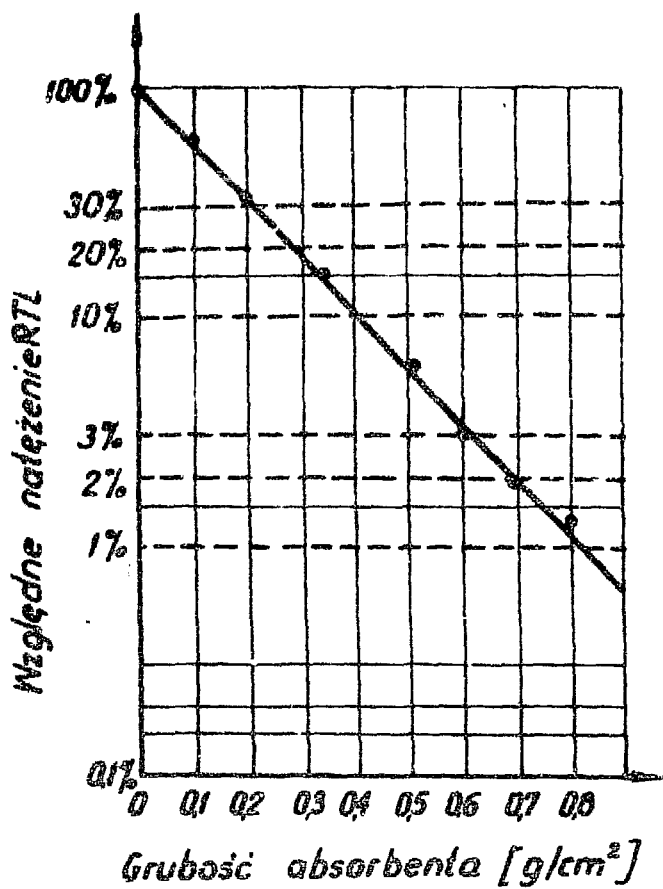
Rys. 1. Budowa dawkomierza TLDP-3:

1 - obręczka; 2 - nakrętka; 3 - okienko;

a i b - spieki LiF; 4 - wkładka teflonowa.

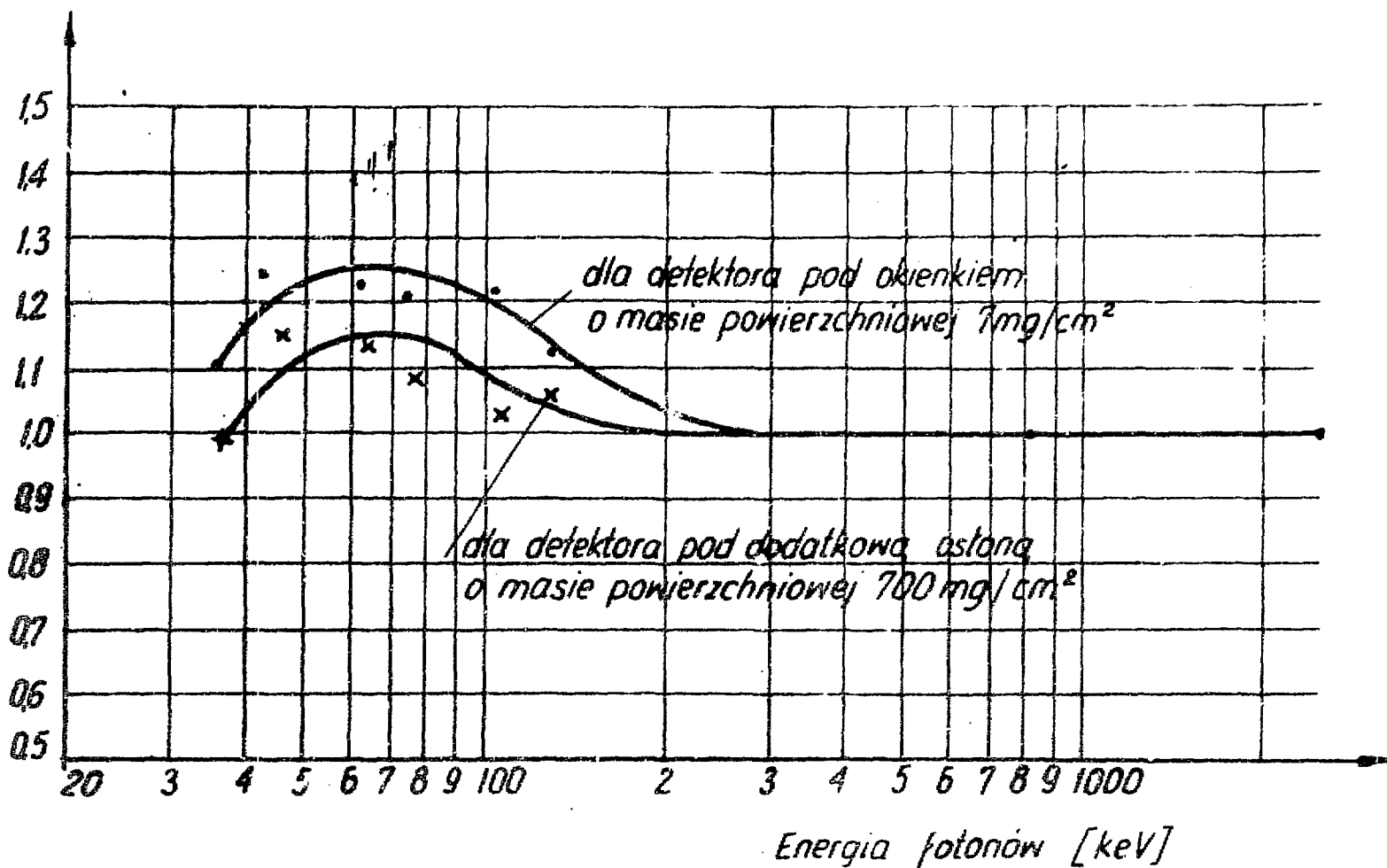


Rys. 2. Zależność energetyczna TLDP-3 dla promieniowania beta przy stałej wartości dawki na głębokości 7 mg/cm².

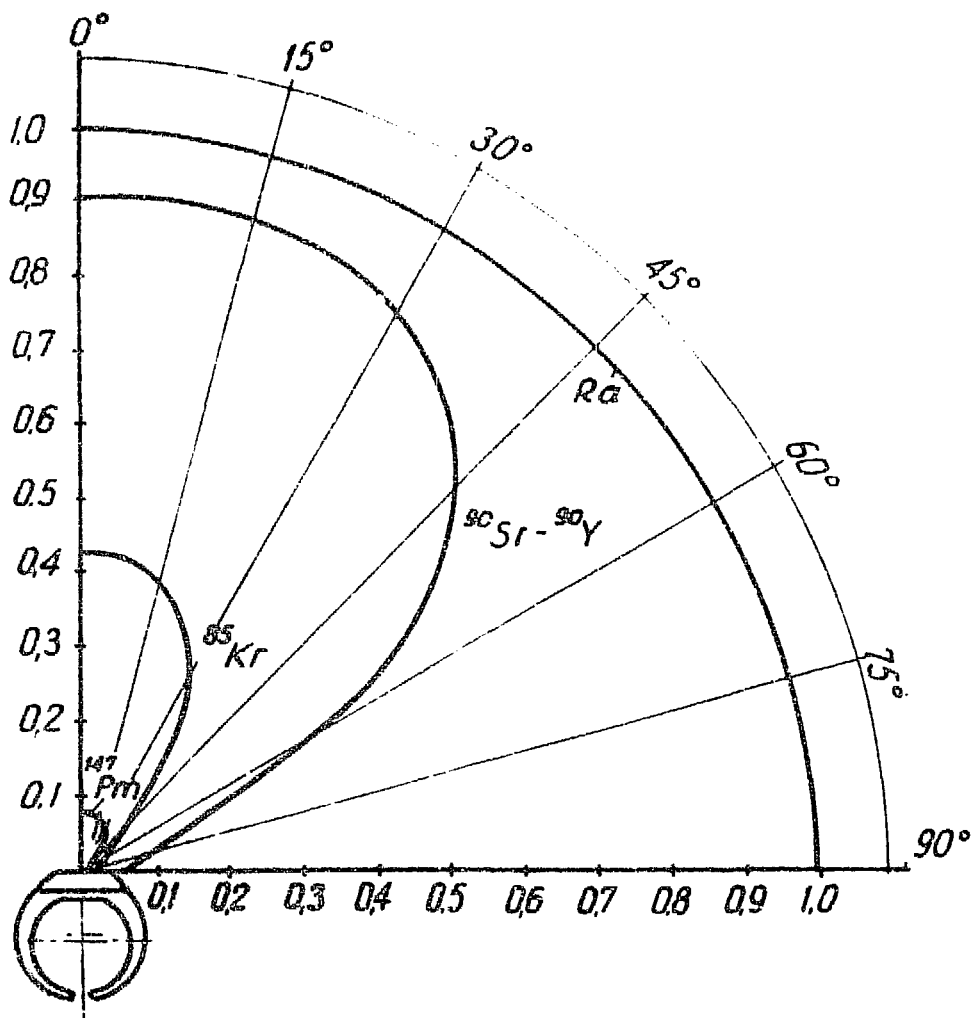


Rys. 3. Osłabienie promieniowania beta źródła Sr-90/Y-90 w zależności od grubości osłon.

Wartości względne RTL



Rys. 4. Zależność energetyczna wskazań TLDP-3 dla promieniowania fotonowego w odniesieniu do promieniowania gamma Co-60 przy stałej wartości dawki ekspozycyjnej.



Rys. 5. Zależność względnych wskazań TLDP-3 od kierunku padania promieniowania beta różnych izotopów promieniotwórczych i promieniowania gamma Ra przy stałej wartości dawki na głębokości 7 mg/cm^2 .

