

## Rekomendacje

### Testy kontroli jakości dawkomierzy z komorami płaskimi

Rekomendacje  
Laboratorium Wtórnych Wzorców Dozymetrycznych  
dla użytkowników dawkomierzy  
z komorami płaskimi  
w ośrodkach onkologicznych w Polsce

Analinity control of plane-parallel ionization chambers.  
Recommendations  
of the Secondary Standard Dosimetry Laboratory  
for radiotherapy departments in Poland

Dawkomierze z komorami płaskimi, używane do pomiarów absolutnych w zewnętrznych wiązkach terapeutycznych elektronów, powinny podlegać okresowej kontroli jakości, przeprowadzanej przez użytkownika. Celem takiej kontroli jest sprawdzenie układu pomiarowego – potwierdzenie wartości współczynnika kalibracji  $N_D$  z aktualnego świadectwa legalizacji. Poniżej są przedstawione propozycje trzech, wariantowych testów kontroli jakości, jakie sam użytkownik powinien przeprowadzać stosownie do swoich możliwości aparaturowych. Testy bazują na powszechnie przyjętych w polskich ośrodkach onkologicznych międzynarodowych zaleceniach, dotyczących pomiarów dozymetrycznych z użyciem komór płaskich oraz kalibracji tych komór precyzowanych w Raporcie TRS-381 [1] wydanym przez IAEA (International Atomic Energy Agency). Raport ten stanowi rozszerzenie i aktualizację Raportu TRS-277 [2].

#### Test z zastosowaniem źródła kontrolnego

##### Test nr 1

##### Materiały

Źródło kontrolne dla komór płaskich z izotopem Sr-90.

##### Metoda

Test ten polega na porównaniu wartości sygnału mierzonego przez użytkownika w źródle kontrolnym z wartością zamieszczoną w świadectwie legalizacji przez Laboratorium Wtórnych Wzorców Dozymetrycznych (z ang. Secondary Standard Dosimetry Laboratory SSDL).

Mierzony przez użytkownika sygnał musi być skorygowany do warunków ciśnienia i temperatury podanych przez SSDL i aktywności źródła w dniu pomiaru. Test ten faktycznie daje nam informację, czy odpowiedź dawkomierza nie zmieniła się w czasie od momentu przeprowadzenia kalibracji. Pośrednio pozwala wnioskować, że jeżeli sygnał w źródle kontrolnym jest poprawny w odniesieniu do sygnału w czasie kalibracji to aktualny współczynnik  $N_D$  jest równy współczynnikowi podanemu w świadectwie legalizacji.

##### Częstotliwość

Bezpośrednio przed oddaniem dawkomierza do kalibracji do SSDL, bezpośrednio po kalibracji, przed każdym pomiarem dawki pochłoniętej.

##### Tolerancja

Różnica pomiędzy wartością sygnału, podaną w świadectwie legalizacji i określoną przez użytkownika, nie powinna przekraczać 1%.

#### Testy z zastosowaniem wiązek zewnętrznych promieniowania

##### Ogólny opis metody

Dwa pozostałe proponowane tu testy polegają na wyznaczeniu współczynnika  $N_D$  badanej komory płaskiej (oznaczanej dalej symbolem pp) względem wybranej przez użytkownika komory referencyjnej (oznaczanej dalej symbolem ref). Jest to równoznaczne z przeprowadzeniem przez użytkownika procedury kalibracji dawkomierza z komorą płaską względem wybranego dawkomierza referencyjnego, dlatego też testy te powinny być przeprowadzane z zachowaniem wymogów precyzowanych dla warunków kalibracji.

Procedura kalibracji polega na wyznaczeniu przez użytkownika dawki pochłoniętej w określonym punkcie fantomu, w określonej geometrii układu pomiarowego,

z użyciem kolejno dawkomierza referencyjnego i dawkomierza z komorą płaską. Współczynnik  $N_D^{pp}$  dla komory płaskiej wyznaczany jest ze wzoru wynikającego z porównania dawek mierzonych przez obydwa dawkomierze:

$$N_D^{pp} = N_D^{ref} \frac{M_{wall}^{ref} P_{cav}^{ref} P_{cel, glob}^{ref}}{M_{wall}^{pp} P_{wall}^{pp} P_{cav}^{pp}} \quad \{ 1 \}$$

gdzie:

- $N_D^{ref}$  - współczynnik kalibracji komory referencyjnej,  
(Uwaga:  $N_D$  jest oznaczeniem przyjętym w Raporcie TRS-277 i świadectwie legalizacji; w Raporcie TRS-381 współczynnik kalibracji w powietrzu jest oznaczany symbolem  $N_{D, air}$  i różni się od  $N_D$  czynnikiem  $K_{cel}$ )
- $M^{ref}, M^{pp}$  - odczyt dawkomierza skorygowany na warunki ciśnienia i temperatury, niepełne nasycenie oraz efekt polaryzacji, odpowiednio dla dawkomierza referencyjnego i badanego; w przypadku przeprowadzania kalibracji w wiązce z akceleratora z użyciem komory monitorującej może to być iloraz odpowiednio skorygowanego odczytu dawkomierza i odczytu komory monitorującej;
- $P_{wall}^{ref}, P_{wall}^{pp}$  - współczynnik poprawkowy opisujący zaburzenie spowodowane tym, że materiał ścianki komory nie jest równoważny materiałowi ośrodka;
- $P_{cav}^{ref}, P_{cav}^{pp}$  - współczynnik poprawkowy opisujący zaburzenia fluencji elektronów przez wnękę powietrzną komory;
- $P_{cel, glob}^{ref}$  - współczynnik poprawkowy dla komór cylindrycznych na zaburzenie powodowane przez elektrodę centralną  
(Uwaga:  $P_{cel, glob} = P_{cel} * k_{cel}$  według notacji Raportu TRS-381, natomiast  $P_{cel, glob} = P_{cel}$  według notacji Raportu TRS-277)

Zaleca się, by komorę referencyjną stanowiła, dobrze już poznana, komora cylindryczna typu farmerowskiego, o ściankach grafitowych, z elektrodą centralną o średnicy 1 mm, wykonaną bądź z grafitu, bądź z aluminium. Komory kontrolowana i referencyjna powinny współpracować z różnymi elektrometrami. Dopuszcza się przeprowadzanie kalibracji w fantomie, zarówno w wiązce wysokoenergetycznych elektronów ( $E > 15 \text{ MeV}$ ) (patrz dalej Test nr 2) jak i w wiązce Co-60 (patrz dalej Test nr 3). Zdecydowanie bardziej dokładną jest procedura wyznaczania współczynnika  $N_D$ , przeprowadzana w wysokoenergetycznych wiązках elektronów (Test nr 2). Zniechęcić użytkownika do tego testu może jednak czasochłonność wyznaczania współczynników niepełnego nasycenia i polaryzacji. Pomimo, iż procedura kalibracji w fantomie, w wiązках kobaltowych (Test nr 3), jest nieco mniej dokładna z uwagi na większe niepewności wy-

znaczenia współczynnika perturbacji  $P_{wall}$  dla komór płaskich w tych wiązках (dla niektórych komór płaskich niepewność określenia tego współczynnika wynosi około 2%), to z powodzeniem może być stosowana przez użytkownika do celów kontroli jakości. Jeżeli użytkownik regularnie dokonuje porównywania wskazań swoich komór cylindrycznych w wiązках kobaltowych, naturalne może być rozszerzenie tych testów o Test nr 3 dla komory płaskiej.

Preferowanym materiałem fantomowym jest woda, można jednak użyć fantomów wykonanych z innych materiałów, dla których znane są współczynniki perturbacji. Wielkość fantomu powinna zapewniać obecność materiału fantomowego w obszarze 5 cm poza granicami wiązki i co najmniej 5 cm poniżej głębokości pomiaru. Komory są kolejno umieszczane w fantomie tak, by efektywny punkt pomiaru znajdował się na osi wiązki na głębokości występowania maksymalnej dawki.

Wszystkie pomiary powinny być wykonywane z zachowaniem ogólnie obowiązujących reguł, tj. sprawdzenia upływności dawkomierza referencyjnego i badanego przed pomiarem; uprzedniego sprawdzenia sygnału dawkomierza referencyjnego w źródle kontrolnym, zapewnienia wystarczająco długiego czasu na osiągnięcie przez fantom i komorę temperatury otoczenia, orientowania komory cylindrycznej w stosunku do wiązki zgodnie z oznaczeniem na obudowie komory; napromienienia wstępnego komór dawką 2-5 Gy; przestrzegania zaleceń producenta, dotyczących zmian napięcia zasilającego.

Należy tutaj podkreślić, że przeprowadzana przez użytkownika procedura kalibracji może służyć jedynie do kontroli jakości i absolutnie nie zwalnia użytkownika z obowiązku kalibracji dawkomierza z komorą płaską w SSDL i dysponowania ważnym świadectwem legalizacji.

#### Częstotliwość

Jeżeli użytkownik posiada strontowe źródło kontrolne dla komory płaskiej i przeprowadza Test nr 1, to on decyduje o tym czy dodatkowo będzie wykonywał i ewentualnie z jaką częstotliwością Test nr 2 lub Test nr 3.

Jeżeli użytkownik nie ma możliwości wykonania Testu nr 1, sugeruje się przeprowadzanie jednego z pozostałych testów regularnie raz na kwartał i częściej w przypadku intensywnego używania komory do pomiarów dawki pochłoniętej.

#### Tolerancja

Dopuszczalna wartość różnicy pomiędzy współczynnikiem  $N_D$  ze świadectwa legalizacji i wyznaczonym przez użytkownika wynosi 3 %, jest to wartość równa niepewności wyznaczenia współczynnika  $N_D$  przez SSDL.

#### Test nr 2

W tym teście kalibracja przeprowadzana jest w terapeutycznej wiązce wysokoenergetycznych elektronów.

## Protokół z testu kontroli jakości dawkomierza z komorą płaską TEST NR 2 w zewnętrznej wiązce wysokoenergetycznych elektronów

Data .....

Podpis fizyka .....

### Dane o wiązce promieniowania

Akcelerator..... wiązka pulsacyjna

Energia nominalna elektronów  $E/\text{MeV}$ .....

Nominalna moc dawki .....

Wielkość pola promieniowania .....SSD /cm/ .....

$R_{50, \text{woda}}^J$  lub  $R_{50, \text{woda}}^D$  /cm/..... $R_{p, \text{woda}}$ /cm/ .....

Energia średnia na powierzchni  $E_o$  /MeV/ .....

( $E_o[\text{MeV}]=0.818 + 1.935R_{50}^J + 0.040(R_{50}^J)^2$  lub  $E_o[\text{MeV}]=0.656+ 2.059R_{50}^D + 0.022(R_{50}^D)^2$ )

Głębokość referencyjna w wodzie  $z_{\text{ref, woda}}$ /cm/ .....

$E_z/E_o(z_{\text{ref}}, R_p, E_o)$  .....

(tabela XII w [1])

$E_z(z_{\text{ref}})$  /MeV/ .....

### Fantom

$C_{pl}$ ..... $\rho_{\text{table}}$  /gcm<sup>-2</sup>/..... $\rho_{\text{user}}$  /gcm<sup>-2</sup>/ .....

( $C_{pl}$ ,  $\rho_{\text{user}}$  z tabeli III)

$z_{\text{ref, fantom}} = z_{\text{ref, woda}}/C_{pl} (\rho_{\text{table}}/\rho_{\text{user}})$  .....

### Dane dawkomierza kontrolnego

Elektrometr typ..... nr.....

Komora referencyjna typ..... nr.....

Promień wewnętrzny  $r$  /cm/ .....

Materiał ścianek..... Grubość /gcm<sup>-2</sup>/ .....

Elektroda centralna

Napięcie polaryzacji  $V_1$ .....

$N_D^{\text{ref}}$  .....

$p_{\text{wall}}^{\text{ref}} = 1$

$p_{\text{cav}}^{\text{ref}}$  (tabela I) .....

$p_{\text{cel}}^{\text{ref}}$  .....

(1.004 lub 1.000 dla komory farmerowskiej odpowiednio z elektrodą aluminiową lub grafitową)

sygnał w źródle kontrolnym według świadectwa legalizacji .....

sygnał w źródle kontrolnym zmierzony .....

(po korekcji na warunki ciśnienia i temperatury, rozpad źródła)

### Dane dawkomierza badanego

Elektrometr typ.....nr.....

Komora płaska typ..... nr.....

Napięcie polaryzacji  $V_1$  .....

$N_D^{\text{pp}}$  .....

$p_{\text{cav}}^{\text{pp}} * p_{\text{wall}}^{\text{pp}}$  .....

(z tabeli II lub wzoru  $1-0.039 \exp(-0.2816E_z)$ )

## Pomiar dawkomierzem kontrolnym

ciśnienie p.....temperaturaT .....  
 $p_{TP} = ((273.2+T)/293.2*1013/p)$  .....

Wyznaczenie  $p_s$

$V_1$ .....Średnia z odczytów przy napięciu  $V_1$   $M_1^{ref}$  .....  
 $V_2$ .....Średnia z odczytów przy napięciu  $V_2$   $M_2^{ref}$  .....  
*(zaleca się stosowanie napięć  $V_1$  i  $V_2$  takich jak podczas kalibracji komory w SSDL)*  
 $V_1/V_2$ .....  $M_1^{ref}/M_2^{ref}$  .....  
 $a_0=$ ..... $a_1=$ ..... $a_2=$  .....  
*(tabela VII)*  
 $p_s = a_0 + a_1(M_1^{ref}/M_2^{ref}) + a_2(M_1^{ref}/M_2^{ref})^2$  .....

Wyznaczenie  $p_{pol}$

$V_1$ .....Średnia z odczytów przy napięciu  $V_1$   $M_1^{ref}$  .....  
 $-V_1$ .....Średnia z odczytów przy napięciu  $-V_1$   $M_1^{-ref}$  .....  
 $p_{pol} = (M_1^{-ref}/M_1^{ref} + 1)/2$  .....

$M^{ref} = M_1 * p_{TP} * p_s * p_{pol}$  .....

## Pomiar dawkomierzem badanym

ciśnienie p.....temperaturaT .....  
 $p_{TP} = (273.2+T)/293.2*1013/p$  .....

Wyznaczenie  $p_s$

$V_1$ .....Średnia z odczytów przy napięciu  $V_1$   $M_1^{pp}$  .....  
 $V_2$ .....Średnia z odczytów przy napięciu  $V_2$   $M_2^{pp}$  .....  
*(zaleca się stosowanie napięć  $V_1$  i  $V_2$  takich jak podczas kalibracji komory w SSDL)*  
 $V_1/V_2$ .....  $M_1^{pp}/M_2^{pp}$  .....  
 $a_0=$ ..... $a_1=$ ..... $a_2=$  .....  
*(tabela VII)*  
 $p_s = a_0 + a_1(M_1^{pp}/M_2^{pp}) + a_2(M_1^{pp}/M_2^{pp})^2$  .....

Wyznaczenie  $p_{pol}$

$V_1$ .....Średnia z odczytów przy napięciu  $V_1$   $M_1^{pp}$  .....  
 $-V_1$ .....Średnia z odczytów przy napięciu  $-V_1$   $M_1^{-pp}$  .....  
 $p_{pol} = (M_1^{-pp}/M_1^{pp} + 1)/2$  .....

$M^{pp} = M_1^{pp} * p_{TP} * p_s * p_{pol}$  .....

## Wyznaczony w pomiarach współczynnik użytkownika $N_D^{pp}$

$$N_D^{pp} = N_D^{ref} \frac{M^{ref} P_{wall}^{ref} P_{cav}^{ref} P_{cel.glob}^{ref}}{M^{pp} P_{cav}^{pp} P_{wall}^{pp}}$$

$N_D^{pp} =$  .....

$N_D^{pp}(\text{użytkownika}) / N_D^{pp}(\text{SSDL}) =$  .....

## Materiały

Akcelerator liniowy elektronów, generujący terapeutyczne wiązki elektronów o energii średniej na powierzchni fantomu co najmniej równej 15 MeV; dawkomierz referencyjny z komorą cylindryczną typu farmerowskiego; fantom wodny lub fantom z płyt plexi bądź polistyrenu z wnęką na komorę cylindryczną i płaską.

## Metoda

Kalibrację należy przeprowadzić w polu promieniowania o wielkości co najmniej 12x12 cm<sup>2</sup>, w odległości standardowej SSD=100 cm. Komory powinny być umieszczane kolejno w fantomie tak, by ich efektywny punkt pomiarowy znajdował się na głębokości referencyjnej. Dla  $E_0 \leq 20$  MeV jest ona równa większej z dwóch głębokości: albo  $d=2$  cm albo  $d=d_{max}$ . Przesunięcie efektywnego punktu pomiarowego względem środka komory w wiązce elektronów dla komory cylindrycznej wynosi 0.5r, gdzie r jest promieniem wewnętrznym komory. Wskazane jest, by kalibracja była przeprowadzona w obecności dodatkowej komory monitorującej. Najlepiej, by komora monitorująca znajdowała się w fantomie również w obszarze plateau dawki, prostopadle do pozostałych komór w odległości około 3-4 cm od nich.

Wstępnie, dla obydwu komór: badanej i referencyjnej określa się w zastosowanej wiązce elektronów i zastosowanej geometrii układu pomiarowego 1) współczynniki rekombinacji oraz 2) współczynniki polaryzacji (metodami rekomendowanymi w Raporcie TRS-277). Następnie wykonuje się pomiary sygnału dla zadanej wartości jednostek monitorowych kolejno dla komory referencyjnej, komory płaskiej i powtórnie komory referencyjnej. W przypadku zastosowania komory monitorującej, pomiary te prowadzi się równoległe z pomiarem sygnałów

**Tab. I. Współczynnik perturbacji  $p_{cav}$  dla komór cylindrycznych w wiązkach elektronowych (tabela XI w [1])**

(długość komory 15mm, promień wewnętrzny r,  $E_z$ - średnia energia elektronów na głębokości referencyjnej w wodzie)

$E_z$ /MeV/	r=1.5mm	r=2.5mm	r= 3.15mm (Farmer)	r=3.5 mm
4	0.982	0.969	0.961	0.959
6	0.985	0.974	0.970	0.965
8	0.988	0.979	0.977	0.972
10	0.991	0.985	0.983	0.979
12	0.994	0.989	0.988	0.986
15	0.997	0.994	0.992	0.993
20	0.998	0.997	0.995	0.996

tej komory. Oblicza się średnią wskazań komory referencyjnej oraz komory płaskiej i wprowadza korekcję na warunki ciśnienia i temperatury, niepełne nasycenie i efekt polaryzacji, otrzymując w ten sposób  $M^{ref}$ ,  $M^{PP}$ .

Współczynnik  $N_D^{PP}$  dla badanej komory płaskiej oblicza się ze wzoru {1}, w którym

$P_{cav}^{ref}(E_z, r)$  – Raport 381 dopuszcza wariantowo obliczanie tego współczynnika z Tabeli I lub ze wzoru  $1-0.02155r \exp(-0.1224Ez)$ , który stanowi dopasowanie funkcyjne do danych z tabeli, jednak jak sprawdzono, współczynniki obliczane ze wzoru mogą różnić się o około 0.3% od tych z tabeli, dlatego sugeruje się tutaj korzystanie z danych z tabeli.

$P_{wall}^{ref} = 1$ ;  
 $P_{cav}^{PP} * P_{wall}^{PP}$  – podaje Tabela II; dla energii  $E_z$  powyżej 12 MeV, współczynnik ten jest bliski jedności dla większości komór płaskich

$P_{cell, glob}^{ref} = 1.000$  dla komór z grafitową elektrodą centralną, bądź  
 $= 1.004$  dla komór typu NE 2571 z aluminiową elektrodą centralną

W przypadku, gdy używa się innego niż woda materiału fantomowego, pomiar jest wykonywany na głębokości referencyjnej w tym fantomie, którą oblicza się z zależności:

$$d_{plastic}^{ref} = d_{water}^{ref} / C_{pl} \rho(\text{table} / \text{puser}),$$

**Tab. II. Rekomendowane wartości współczynnika perturbacji  $p_{cav}^{PP} * P_{wall}^{PP}$  wybranych komór płaskich w wiązkach elektronów, dla głębokości referencyjnej, na której średnia energia elektronów wynosi  $E_z$  (fragment tabeli XVII z [1])**

$E_z$ /MeV/	NACP	PTW Markus M23343	PTW Schulz M23346
3	1.000	0.983	0.969
4	1.000	0.987	0.968
5	1.000	0.990	0.975
6	1.000	0.993	0.980
7	1.000	0.995	0.985
8	1.000	0.996	0.988
10	1.000	0.998	0.995
12	1.000	0.999	0.999
15	1.000	0.999	1.000
20	1.000	1.000	1.000

**Tab. III. Wartości współczynnika  $C_{pl}$  skalującego zasięgi i głębokości w fantomach plastikowych względem wody dla wiązek elektronów (tabela VIII z [1])**

	PMMA	Polystyrene	Polyethylene	A-150	Solid water	Plastic water (WT1)
$C_{pl}$	1.123	0.981	0.908	1.067	0.967	0.991
((g cm <sup>-3</sup> ))	1.190	1.060	0.940	1.127	1.020	1.013
Z	5.85	5.29	4.75	5.49	5.95	6.61

gdzie współczynniki  $C_{pl}$  wraz z gęstościami wybranych materiałów fantomowych  $\rho_{table}$  są podane w Tabeli III. Jeżeli materiał fantomu jest izolatorem, fantom powinien składać się z cienkich płyt, o grubości nie większej niż 2 cm, by zmniejszyć zaburzenia odczytu, związane z gromadzeniem ładunku w płytach wokół komory. Grubość płyt powinna być zmierzona przez użytkownika, niezależnie od specyfikacji producenta.

### Test nr 3

W tym teście kalibracja przeprowadzana jest w wiązce Co-60

#### Materiały

Aparat terapeutyczny ze źródłem CO-60; dawkomierz referencyjny z komorą cylindryczną typu farmerowskiego; fantom wodny lub fantom z płyt plexi bądź polistyrenu z wnęką na komorę cylindryczną i płaską.

#### Metoda

Kalibracja powinna być przeprowadzona w polu promieniowania wielkości  $10 \times 10$  cm<sup>2</sup> w materiale, dla którego znany jest współczynnik  $p_{wall}^{pp}$  (Tabela IV). Komory powinny być umieszczane kolejno w fantomie tak, by ich efektywny punkt pomiarowy znajdował się na głębokości 5 g cm<sup>-2</sup>. Dla komory cylindrycznej przesunięcie punktu pomiarowego względem środka komory wynosi 0.6 r.

Pomimo, że w wiązce kobaltowej zarówno efekty niepełnego nasycenia jak i polaryzacji powinny być zaniebyszalne, Raport [1] zaleca wykonanie wstępnie pomiaru odpowiednich współczynników dla obydwu komór. Nie jest to jednak obligatoryjne w przypadku tego testu.

Następnie wykonuje się pomiary sygnału w zadanym czasie kolejno dla komory referencyjnej, komory płaskiej i powtórnie komory referencyjnej. Oblicza się średnią wskazań komory referencyjnej oraz komory płaskiej i koryguje odczyty na warunki ciśnienia i temperatury; ewentualnie polaryzację i niepełne nasycenie, otrzymując w ten sposób  $M^{ref}$ ,  $M^{pp}$ .

**Tab. IV. Rekomendowane wartości współczynnika perturbacji  $p_{wall}^{pp}$  dla wybranych komór płaskich w różnych materiałach fantomowych w wiązce Co-60**  
(fragment tabeli XIII w [1])

Typ komory	Woda	PMMA	Polistyren	Grafit
NACP	1.024	1.012	1.000	1.027
PTW/Markus	1.009	1.006	0.979	1.013
M23343				
PTW/Schultz	1.001	1.001	0.992	1.009
M23346				

**Tab. V. Współczynniki  $s_{med,air}$  i  $(\mu_{en}/\rho)_{med,air}$  dla wiązek Co-60**  
(tabela XIV z [1])

Materiał	$s_{med,air}$	$(\mu_{en}/\rho)_{med,air}$
Woda	1.133	1.112
PMMA	1.102	1.081
Polistyren	1.110	1.078
Grafit	1.002	1.001
A-150	1.142	1.101
C-552	0.995	1.001
Delrin	1.080	1.068
Nylon	1.142	1.098

**Tab. VI. Współczynniki do obliczeń współczynnika niepełnego nasycenia dla wiązki pulsującej** (tabela VII z [1])

V1/V2	$a_0$	$a_1$	$a_2$
2.0	2.337	-3.636	2.299
2.5	1.474	-1.587	1.114
3.0	1.198	-0.875	0.677
3.5	1.080	-0.542	0.463
4.0	1.022	-0.363	0.341
5.0	0.975	-0.188	0.214

Współczynnik  $N_D$  dla badanej komory płaskiej pp obliczamy ze wzoru {1}, w którym

$$\begin{aligned}
 P_{cav}^{pp} &= 1; \\
 P_{wall}^{pp} &\text{ podaje Tabela IV;} \\
 P_{cav}^{ref} &= 1; \\
 P_{cell,glob}^{ref} &= 1.000 \text{ zarówno dla komór z grafitową jak i aluminiową elektrodą centralną} \\
 P_{wall}^{ref} &\text{ może być obliczone ze wzoru:}
 \end{aligned}$$

$$P_{wall}^{ref} = \frac{\alpha_{s_{wall,air}}(\mu_{en}/\rho)_{med,wall} + \tau s_{sleeve,air}(\mu_{en}/\rho)_{med,sleeve} + (1-\alpha-\tau)s_{med,air}}{s_{med,air}}$$

gdzie:

-  $\alpha, \tau$  mogą być oszacowane na podstawie grubości ścianki komory  $t_w$  i dodatkowej wodoszczelnej osłonki na komorę (np. gumowego rękawa)  $t_s$  (podanej w g cm<sup>-2</sup>) ze wzorów:

$$\alpha(t_w) = 1 - \exp(-11.88 t_w)$$

$$\tau(t_s) = \exp(-11.88 t_w) * (1 - \exp(-11.88 t_s));$$

- wartości współczynników  $s_{med,air}$  i  $(\mu_{en}/\rho)_{med,air}$  dla wiązek kobaltu podaje Tabela V

- wartość współczynnika  $(\mu_{en}/\rho)_{med,wall}$  wyznacza się z zależności

$$(\mu_{en}/\rho)_{med,wall} = (\mu_{en}/\rho)_{med,air} / (\mu_{en}/\rho)_{wall,air}$$

**Dr n. fiz. Marzena Morawska-Kaczyńska**

Zakład Fizyki Medycznej  
Centrum Onkologii-Instytut  
ul. W.K. Roentgena 5  
02-781 Warszawa

## Protokół z testu kontroli jakości dawkomierza z komorą płaską TEST NR 3 w zewnętrznej wiązce Co-60

Data .....

Podpis fizyka .....

### Dane o wiązce promieniowania

Aparat .....

Moc dawki w warunkach referencyjnych .....

Wielkość pola promieniowania.....SSD .....

**Fantom** .....

.....  
głębokość punktu pomiarowego .....

### Dane dawkomierza referencyjnego

Elektrometr typ..... nr .....

Komora referencyjna typ.....nr .....

Promień wewnętrzny .....

Materiał ścianek.....Grubość.....Elektroda centralna

Napięcie polaryzacji  $V_1$  .....

$N_D$  .....

$$p_{cav}^{ref} = 1$$

$$p_{cel}^{ref} = 1$$

$$p_{wall}^{ref} = .....$$

$$\alpha \dots \dots \dots S_{wall,air} \dots \dots \dots (\mu_{en}/\rho)_{med/wall} \dots \dots \dots t_w \dots \dots \dots$$

$$\tau \dots \dots \dots S_{sleeve,air} \dots \dots \dots (\mu_{en}/\rho)_{med/sleeve} \dots \dots \dots t_s \dots \dots \dots$$

$$S_{med,air} \dots \dots \dots$$

$$p_{wall}^{ref} = \frac{\alpha s_{wall,air} (\mu_{en}/\rho)_{med,wall} + \tau s_{sleeve,air} (\mu_{en}/\rho)_{med,sleeve} + (1-\alpha-\tau) s_{med,air}}{s_{med,air}}$$

$$\alpha(t_w) = 1 - \exp(-11.88 t_w) \quad t_w - \text{grubość ścianki komory w g/cm}^2$$

$$\tau(t_s) = \exp(-11.88 t_w) * (1 - \exp(-11.88 t_s)) \quad t_s - \text{grubość dodatkowej osłonki w g/cm}^2$$

wartości współczynników  $s_{med,air}$  i  $(\mu_{en}/\rho)_{med,air}$  dla wiązek kobaltu podaje Tabela V

sygnał w źródle kontrolnym wedłu świadectwa legalizacji .....

sygnał w źródle kontrolnym zmierzony .....

(po korekcji na warunki ciśnienia i temperatury, rozpad źródła)

**Dane dawkomierza badanego**

Elektrometr typ.....nr .....

Komora płaska typ..... nr .....

Napięcie polaryzacji  $V_1$  .....

$N_D^{pp}$  .....

$$p_{cav}^{pp} = 1$$

$p_{wall}^{pp}$  (z Tabeli IV) .....

**Pomiar dawkomierzem kontrolnym**

ciśnienie p.....temperatura T .....

$$p_{TP} = (273.2 + T) / 293.2 * 1013 / p$$

średnia wskazań dawkomierza  $M_1^{ref}$  .....

$$M_{ref} = M_1^{ref} p_{TP}$$

**Pomiar dawkomierzem badanym**

ciśnienie p.....temperatura T .....

$$p_{TP} = (273.2 + T) / 293.2 * 1013 / p$$

średnia wskazań dawkomierza  $M_1^{pp}$  .....

$$M^{pp} = M_1^{pp} p_{TP}$$

**Wyznaczony w pomiarach współczynnik użytkownika  $N_D^{pp}$** 

$$N_D^{pp} = N_D^{ref} \frac{M^{ref} P_{wall}^{ref} P_{cav}^{ref} P_{cel, glob}^{ref}}{M^{pp} p_{cav}^{pp} p_{wall}^{pp}}$$

$N_D^{pp} =$  .....

$N_D^{pp}(\text{użytkownika}) / N_D^{pp}(\text{SSDL}) =$  .....



**Piśmiennictwo**

1. Technical Reports Series No 381, International Atomic Energy Agency, 1997 Wiena, „The use of plane-parallel ionization chambers in high-energy electron and photon beams. An international code of practise for dosimetry”
2. Technical Reports Series No 277, International Atomic Energy Agency, 1987 Wiena, „Absorbed dose determination in Photon and Electron Beams. An international code of practise”

*Przyjęto do druku: 7 kwietnia 2000 r.*