

Pracownia Diagnostyki Rentgenowskiej
4 Wojskowy Szpital Kliniczny, Poliklinika SPZOZ
Ul. Weigla 5, 50-981 Wrocław
Obliczenia grubości osłon przed promieniowaniem jonizującym

Temat:

Oslony stałe przed promieniowaniem
rentgenowskim
(OBLICZENIA TEORETYCZNE WYMAGANYCH
RÓWNOWAŻNIKÓW Pb¹.)

Branża: Ochrona Radiologiczna.

Obiekt: 4 Wojskowy Szpital Kliniczny, Poliklinika SPZOZ
Ul. Weigla 5, 50-981 Wrocław (bud. Nr 1, część II)

Pracownia Diagnostyki Rentgenowskiej
Zakładu Radiologii Lekarskiej i Diagnostyki Obrazowej

dr PIOTR DEMCZUK
INSPEKTOR
OCHRONY PRZED PROMIENIOWANIEM
Uprawnienia
Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki
Nr 2715/2011 IOR-0, IOR-1, IOR-3

¹ Wg stanu prawnego na: 2012 rok

1.0. Dane ogólne.

Przedmiotem opracowania są obliczenia osłon stałych dla pracowni rentgenowskiej diagnostycznej powstającej w budynku nr 1 części II, 4 Wojskowego Szpitala Klinicznego we Wrocławiu przy ul. Weigla 5. Wykonanie obliczeń jest związane z adaptacją istniejącego pomieszczenia dla potrzeb aparatury rentgenowskiej do badań ogólnych z kontrastem.

Obliczenia stanowią integralną część dokumentacji technicznej, niezbędną w celu określenia rozkładu mocy dawki promieniowania X na stanowiskach pracy oraz w otoczeniu pracowni i uzyskania zezwolenia na działalność związaną z wykorzystaniem aparatury rtg. do celów diagnostycznych.

Do obliczeń osłon stałych przed przenikaniem promieniowania jonizującego wykorzystano dane:

- zawarte na rysunku do projektu budowlanego pracowni rtg.,
- zawarte w dokumentacji technicznej montowanej aparatury rentgenowskiej,
- otrzymane od instalatora sprzętu rtg.

Ponadto w celu dokonania obliczeń posłużono się metodą symulacji rzeczywistego obciążenia aparatury rentgenowskiej, przyjmując dane dla podobnych obiektów w pełni już eksploatowanych.

2.0. Opis pomieszczenia przyszłej pracowni rentgenowskiej.

Pomieszczenie przyszłej pracowni diagnostyki rentgenowskiej, w którym będzie zamontowana aparatura rentgenodiagnostyczna do badań ogólnych z kontrastem znajduje się na parterze budynku Szpitala, adres pracowni jw.

Powierzchnia przyszłej pracowni po przeprowadzeniu prac adaptacyjnych będzie wynosiła ok. 26 m². Pomieszczenie jest byłą pracownią rentgenodiagnostyczną. W ramach prac adaptacyjnych przewiduje się prace wyburzeniowe, demontażowe (dot. stolarki) oraz budowlano – montażowe. Szczegółowy zakres prac podano w opracowaniu projektowym w rozdziale 3 pt. Roboty Budowlano – Instalacyjne. Wszystkie ściany pracowni, wewnętrzne i zewnętrzne wykonano z cegły pełnej. Grubości poszczególnych przegród podano w tabelach na końcu opracowania. W obliczeniach wzięto pod uwagę równoważnik Pb znajdujący się w litych warstwach ścian i stropów. Wysokość pomieszczenia – ok. 3,4 m. Górny strop pracowni jest stropem gęstożebrowym Akermana, o efektywnej minimalnej grubości warstw litych 10 cm., strop dolny – żelbetowy płytowy ciągly o min. grubości warstw litych 15 cm.

Bezpośrednie sąsiedztwo przyszłej pracowni stanowią następujące pomieszczenia:

W poziomie:

- Strona zewnętrzna,
- Sterownia,
- Korytarz,
- Dyżurka techników,
- Sala szkoleniowa.

Od góry:

- Sale chorych,

Od dołu:

- Pomieszczenia piwniczne.

Projektuje się wykonanie dodatkowych osłon stałych przed przenikaniem promieniowania w technologii mokro tynkowej z zastosowaniem mieszanki BaSO₄ lub na bazie paneli z barierą Pb o wyliczonej grubości. Ekspozycje zdjęć będą wykonywane z za ściany projektowanej sterowni, w której będzie okno do obserwacji pacjentów, wykonane z ciężkiego szkła flintowego (potasowo ołowiowego) z dużą zawartością tlenków metali ciężkich (ok. 70 %).

UWAGA: Na podstawie PN-86/J-80001 dla zabezpieczeń BaSO₄ o gęstości 3,2 g*cm³ należy stosować następujące przeliczniki:

Napięcie kV	Grubość ołowiu, mm		
	1	2	3
150	10	21	35

3.0. Aparatura rentgenowska oraz jej zastosowanie.

W sali badań projektuje się montaż dwustanowiskowego aparatu rentgenowskiego typu do zdjęć rentgenowskich(w systemie telekomando) , z jedną lampą rtg do zdjęć. Aparat będzie wyposażony w układ automatu zdjęciowego AEC. Jako stanowisko dodatkowe planuje się montaż w pracowni statywu do zdjęć w pozycji pionowej pacjenta. Ustawienie aparat będzie zgodne z załączonym rysunkiem.

Pracownia Diagnostyki Rentgenowskiej
4 Wojskowy Szpital Kliniczny, Poliklinika SPZOZ Ul.
Weigla 5, 50-981 Wrocław
Obliczenia grubości osłon przed promieniowaniem jonizującym

Przewiduje się następujące obciążenie aparatury rentgenowskiej

Typ aparatu rtg.	Parametry ekspozycji (górną granicę stosowania)		Czas pracy lampy rtg w ciągu tygodnia	Kierunek padania wiązki głównej promieniowania w stosunku do całkowitej ilości zdjęć.	
	kV	mA		pionowo w dół	w stronę bocznej ściany
zdjęcia	150	400	180 sek	50%	50%
skopia	110	23	60 min	Wiązka główna nie oddziałuje bezpośrednio na osłony	

Przewiduje się tygodniowe czasy napromieniowania ścian stropów w następujących proporcjach:

Typ aparatury rentgenowskiej	Tygodniowy czas pracy lampy rentgenowskiej,		Tygodniowy czas obciążenia osłony wiązką główną promieniowania rtg.	
	wyliczony z założeń	przyjęty do obliczeń	Stropu dolnego	Ściany klatki schodowej
zdjęcia	180sek	180 sek	90 sek	90 sek
skopia	60 min	60 min	Wiązka główna nie oddziałuje bezpośrednio na osłony	

Ustawienie aparatury będzie zgodne z załączonym rysunkiem.

4.0. Czas pracy personelu.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami - pracownicy działów rentgenodiagnostyki posiadają skrócony wymiar czasu pracy wynoszący 5 godzin na dobę.

5.0. Przepisy prawne.

Przy obliczaniu osłon stałych przed przenikaniem promieniowania jonizującego mają zastosowanie następujące przepisy prawne:

1. Ustawa Prawo Atomowe z dnia 29 listopada 2000r. – Prawo atomowe (Dz.U. z 2012 r. poz. 264)
2. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego : Dz. U. nr 20, poz. 168 z dn. 3 lutego 2005 r.
3. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3 grudnia 2002 r. w sprawie dokumentów wymaganych przy składaniu wniosku o wydanie zezwolenia na wykonywanie działalności związanej z narażeniem na działanie promieniowania jonizującego albo przy zgłoszeniu wykonywania tej działalności (Dz. U. Nr 220, poz. 1851, Dz. U. 2004 Nr 98, poz. 981, Dz. U. 2006 Nr 127, poz. 883, Dz. U. 2009 Nr 71, poz. 610),
4. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 lutego 2011 r. roku w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej (Dz. U. 51 z 2011 r. poz. 265 oraz Dz. U. z 2012, poz. 470),
5. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 roku w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. nr 180 z 5 października 2006 r., poz. 1325).
6. PN - 86/J - 80001, Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma.
7. PN - 74/J - 01003, Technika Jądrowa (arkusze dotyczące pracowni rentgenowskich).

6.0. Dawki graniczne.

Dawki graniczne dla populacji nie narażonych na promieniowanie z tytułu wykonywania pracy zawodowej oraz dla osób zawodowo narażonych określają przepisy krajowe wymienione w punkcie 5.0. W tabeli przedstawiono różne wartości dawek granicznych w zależności od przyjętych dokumentów:

Nazwa dokumentu	Dawka graniczna dla osób zawodowo narażonych na promieniowanie	Dawka graniczna dla ogółu ludności z tytułu przebywania w sąsiedztwie źródeł promieniotwórczych
Rozp. Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w spr. dawek granicznych prom. jonizującego	0.4 mSv/tydzień	0.02 mSv/tydzień
Rozp. MZ z dnia 21 sierpnia 2006 roku (Dz. U. nr 180 z 2006 r. poz. 1325), §2 i 3	0.12 mSv/tydzień (dot. pom. pracowni)	0.01 mSv/tydzień (oraz 0,002 mSv/tydz w odniesieniu do mieszkań)

Do obliczeń przyjęto następujące wartości dawek granicznych:

- dla osób narażonych zawodowo – 0.12 mSv/tydzień (6mSv/rok)
- dla osób narażonych zawodowo poza gabinetem rtg – 0.06mSv/tydzień (3mSv/rok)
- dla osób z pozostałej populacji- 0.01 mSv/ tydzień (0,5 mSv/rok)
- w odniesieniu do mieszkań – 0,002 mSv/ tydzień (0,1 mSv/rok)

7.0. Rodzaj materiałów stosowanych na osłony przed promieniowaniem rentgenowskim.

Projektuje się wykonanie dodatkowych osłon stałych przed przenikaniem promieniowania w technologii mokro tynkowej lub w technologii panelowej z wyliczoną grubością bariery Pb. Ekspozycje zdjęć i obsługa stanowiska będą wykonywane ze sterowni, której ściany będą pełnić rolę osłon stałych przed promieniowaniem.

8.0. Obliczenia osłon stałych (oznaczenia).

Przy obliczeniach osłon stałych zastosowano następujące oznaczenia:

t - czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia:

$$t = T * U * t_0$$

w którym:

T - współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu,

U - współczynnik określający prawdopodobieństwo skierowania użytecznej wiązki promieniowania w kierunku obliczonej osłony,

t₀ - maksymalny czas pracy źródła promieniowania w ciągu tygodnia na jednej zmianie, s, min lub h.

D - graniczna dawka dopuszczalna promieniowania dla odpowiedniej kategorii narażenia podana w obowiązujących przepisach. Wynosi ona:

0.006 cGy/tydz. dla osób zawodowo narażonych na promieniowanie,

0.0002 cGy/tydz. dla osób narażonych na promieniowanie z tytułu przebywania w pobliżu źródeł promieniowania jonizującego.

D_0 - moc dawki w odległości 1 m od ogniska lampy rtg przeliczona dla prądu anodowego 1 mA w: $\text{cGy} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$,

I - nominalne napięcie prądu anodowego w mA,

l - najmniejsza odległość od źródła do osłanianego miejsca, m.,

k - krotność osłabienia promieniowania po przejściu przez osłonę

c_1 - zredukowana moc dawki dla osłon przed przenikaniem promieniowania rozproszonego przez wodę lub tkankę w $\text{cGy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$,

c_2 - zredukowana moc dawki dla osłon przed promieniowaniem rozproszonym przez beton lub cegłę,

f - odległość przedmiotu rozpraszającego promieniowanie od ogniska lampy rtg w metrach,

s - rzut powierzchni przedmiotu rozpraszającego na którą pada promieniowanie, na

płaszczyznę prostopadłą do kierunku wiązki pierwotnej promieniowania, w odległości **f** w m^2

Krotność osłabiania promieniowania pierwotnego przez osłonę oblicza się ze wzoru:

$$k = \frac{D_0 \cdot I \cdot t \cdot y}{D \cdot l^2}$$

Przy obliczaniu osłon przed promieniowaniem rozproszonym stosuje się wzory:

a) dla promieniowania rozproszonego przez wodę lub tkankę:

$$c_1 = \frac{D \cdot l^2}{t \cdot I}$$

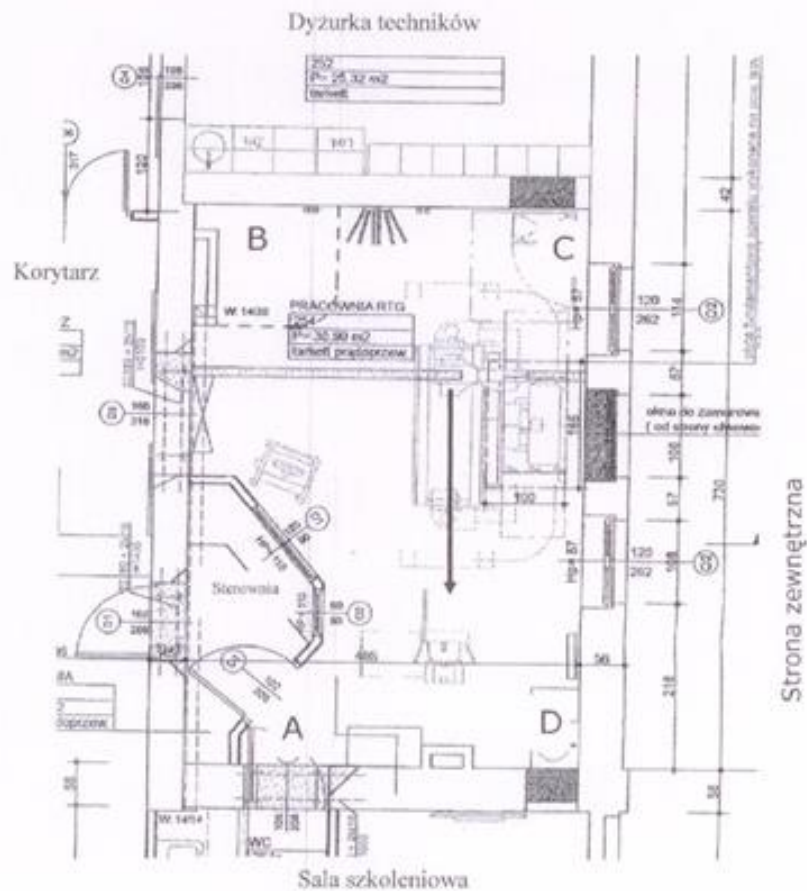
b) dla promieniowania rozproszonego przez beton lub cegłę:

Pracownia Diagnostyki Rentgenowskiej
 4 Wojskowy Szpital Kliniczny, Poliklinika SPZOZ
 Ul. Weigla 5, 50-981 Wrocław
 Obliczenia grubości osłon przed promieniowaniem jonizującym

$$c_2 = \frac{D \cdot I^2 \cdot f}{I \cdot I \cdot S}$$

Ponadto do określenia grubości osłony zastosowano wykresy i tablice zawarte w PN - 86/J - 80001.

Rys. 1. Pracownia diagnostyki rentgenowskiej: 4 Wojskowy Szpital Kliniczny, Poliklinika SPZOZ, ul. Weigla 5 – szkic do obliczeń osłon przed promieniowaniem, **skala 1 : 50**



Najbliższe otoczenie pracowni stanowią:

W poziomie:

- Korytarz - ściana AB,
- Dyżurka techników - ściana BC,
- Strona zewnętrzna - ściana CD,
- Sala szkoleniowa - ściana DA,

Od góry:

- Sale chorych,

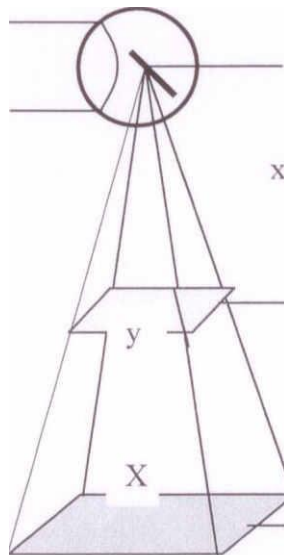
Od dołu:

- Pomieszczenia piwniczne.

CZEŚĆ OBLICZENIOWA

1. Powierzchnia przedmiotu rozpraszającego, na który pada promieniowanie rentgenowskie, m², dla przykładowo przyjętego aparatu

$$\frac{x \cdot f}{y \cdot X} = \frac{f \cdot y}{x \cdot X} \Rightarrow X = \frac{f \cdot y}{x} = 0.64111$$



Przy założeniu:

$$x = 0,7 \text{ m}$$

$$y = 0,25 \text{ m}$$

$$f = 1,8 \text{ m}$$

$$X = 0,64 \text{ m}$$

$$S = X^2 = 0,41 \text{ m}^2$$

- 9.1. Podstawy prawne, na podstawie których przyjęto założenia dopuszczalnych dawek oraz dokonano obliczeń podano w ust. 5.0. pkt. 5.
- 9.2. W ust. 8.0. podano podstawowe zależności do obliczeń, wykorzystane do szacowania grubości wymaganego ekwiwalentu Pb w osłonach stałych.

9.3. Założenia do obliczeń:

Wielkość:	Wartość przyjęta do obliczeń:	Dodatkowe założenia:
t (h): czas narażenia (wg. zależności: $t = T_x U x t_0$)	Dla promieniowania rozproszonego i wiązki głównej: zgodnie z tab. w końcowej części opracowania	Wg. tab. na str. 5
s: rzut powierzchni przedmiotu rozpraszającego, na którą pada promieniowanie, na płaszczyznę prostopadłą do kierunku wiązki pierwotnej w odległości f, m^2	0,41	Zgodnie z pkt 8.1. części obliczeniowej
D# moc dawki w odległości 1 m od ogniska lampy przeliczona dla prądu anodowego 1 mA, $cGyxmin^{-1}xm^2xmA^{-1}$	1,4	dla filtracji 2,5 mm Al., wg. tabl. 3 PN
I, i – podano w arkuszach kalkulacyjnych	400 mA/23 mA	Zdjęcia/skopia
y: współczynnik osłabiania ośrodka	Zgodnie z tab. w końcowej części opracowania	-

2. Grubości dodatkowych osłon:

Szczegółowe wyliczenia wraz z przyjętymi założeniami zamieszczono w arkuszach w części końcowej opracowania.

10.0. Wnioski i zalecenia.

1. Poszczególne ściany sali badań – **przy zgodności podanych grubości ścian i materiału konstrukcyjnego** - nie wymagają dodatkowych warstw ochronnych, zgodnie z wynikami obliczeń zamieszczonymi w **ARKUSZU 1 (tab.1)**.
2. Strop górny przyszłej pracowni rtg – nie wymaga dodatkowego zabezpieczenia przed promieniowaniem.
3. Strop dolny pracowni zabezpieczyć na powierzchni pola manewrowego lampy rtg dodatkową barierą ochronną przed promieniowaniem o grubości 2 mm Pb. Powierzchnię i obszar pola manewrowego ustalić z inspektorem ochrony radiologicznej Szpitala.
4. Ścianę sterowni projektowaną w technologii GK wyposażyć w barierę ochronną Pb o grubości 2 mm, na całej szerokości i długości.
5. Okno sterowni wyposażyć w szkło ołowiowe z równoważnikiem Pb 2 mm.
6. Drzwi sterowni wraz z futryną, zabezpieczyć warstwą laminatu ołowianego o grubości 2 mm.
7. Drzwi wejściowe do pracowni (przesuwane) w ścianie AB oraz do WC w ścianie AD, zabezpieczyć warstwą laminatu ołowianego o grubości 2 mm.
8. Okna zewnętrzne pracowni wyposażyć w żaluzje ochronne przed promieniowaniem z równoważnikiem Pb 1 mm.
9. Wszelkie występujące przekucia, odkucia oraz uszkodzenia ścian przyszłej pracowni uzupełnić i naprawić do grubości litej ściany, materiałem o identycznej gęstości co ściana.
10. Ocena wielkości mocy dawki w rzeczywistych miejscach pracy oraz poza pracownią (w szczególności za oknami pracowni) zostanie przeprowadzona podczas końcowego odbioru pracowni. Jeśli zajdzie potrzeba ustalone zostaną warunki prawidłowej ochrony radiologicznej, również przy pomocy środków organizacyjnych.

Ponadto :

Pracownia rentgenowska powinna spełniać wszystkie warunki określone w przepisach zawartych w punkcie 5.0, w szczególności dotyczące:

- Wdrożenia w pracowni programu zarządzania jakością
- Posiadania planu postępowania awaryjnego,
- Posiadania i stosowania instrukcji stosowania aparatury rtg,
- Klasyfikacji pracowników do właściwej kategorii narażenia,
- Przeszkolenia pracownika w zakresie przepisów ochrony radiologicznej i uzyskania uprawnień do pełnienia funkcji inspektora ochrony radiologicznej.
- oznakowania ochronnego przed promieniowaniem jonizującym

11.0. Uwagi końcowe.

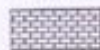
1. Zezwolenie na działalność związaną z wykorzystaniem aparatury rentgenowskiej będzie wydane pod warunkiem:

- stwierdzenia na podstawie dokonanych pomiarów dozymetrycznych promieniowania, że w pracowni przestrzegana będzie zasada ALARA, zgodnie z którą narażenie przy pracy ze źródłami będzie tak małe jak to jest rozsądnie osiągalne przy uwzględnieniu czynników ekonomicznych i socjalnych.
- w warunkach narażenia będą zatrudnione osoby, u których nie stwierdzono przeciwwskazań lekarskich, mające odpowiednią do stanowiska pracy znajomość przepisów ochrony radiologicznej oraz niezbędne umiejętności,
- prowadzona będzie kontrola dozymetryczna środowiska pracy oraz kontrola dawek indywidualnych.

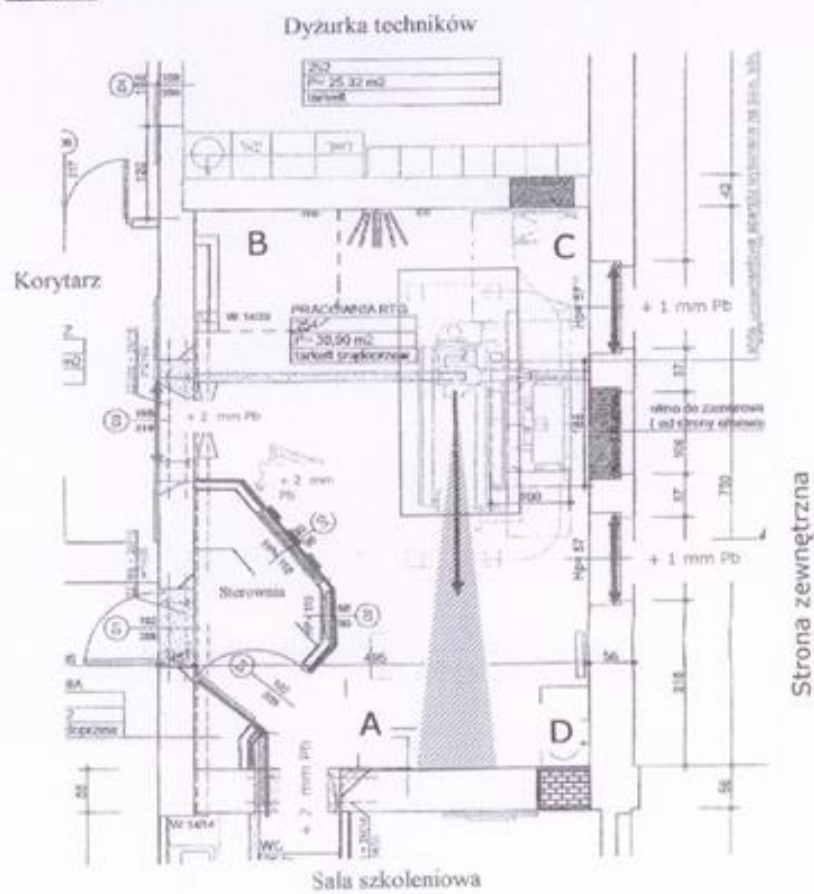
Pracownia Diagnostyki Rentgenowskiej
 4 Wojskowy Szpital Kliniczny, Poliklinika SPZOZ
 Ul. Weigla 5, 50-981 Wrocław
 Obliczenia grubości osłon przed promieniowaniem jonizującym

Rys. 2. Pracownia diagnostyki rentgenowskiej: 4 Wojskowy Szpital Kliniczny, Poliklinika SPZOZ, ul. Weigla 5 – dodatkowe osłony przed promieniowaniem, skala 1 : 50

□ Obszar zabezpieczenia stropu dolnego na powierzchni pola manewrowego lampy rtg (szczegóły do uzgodnienia z IOPP Szpitala)



Otwór do zamontowania



dr PIOTR DEMCZUK
 INSPEKTOR
 OCHRONY PRZED PROMIENIOWANIEM
 Ultrafioletu
 Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki
 Nr 2715/2011 IOR-0, IOR-1, IOR-3

Pracownia Diagnostyki Rentgenowskiej
 4 Wojskowy Szpital Kliniczny, Poliklinika SPZOZ
 Ul. Weigla 5, 50-981 Wrocław
 Obliczenia grubości osłon przed promieniowaniem jonizującym

Wykaz istniejących i dodatkowych osłon przed promieniowaniem dla Pracowni Rentgenodiagnostyki w 4 Wojskowym Szpitalu Klinicznym we Wrocławiu, przy ul. Weigla 4			
Przegroda, typ	Oslona przed promieniowaniem	Efektywna grubość istniejącej warstwy, w mm Pb	Grubość dodatkowej warstwy ochronnej w mm Pb
Ściana AB	Cegła pełna, 45	>4	0
Ściana BC	Cegła pełna, 45	>4	0
Ściana CD	Cegła pełna, 56	>4	0
Ściana DA	Cegła pełna, 56	>4	0
Drzwi w ścianie AB (wejście ze sterowni i z korytarza), ścianie AD do sali szkoleniowej	Proj. i istniejące	0	2
Okno w ścianie sterowni	Proj.	0	2
Okna w ścianie zewnętrznej	Proj.	0	1
Strop górny	Ackerman, 15	Min 1,5	0
Strop dolny	Beton, min 15	Min 2	2 ^a

*) Patrz: wnioski i zalecenia

dr PIOTR DEMCZUK
 INSPEKTOR
 OCHRONY PRZED PROMIENIOWANIEM
 Uprawnienia
 Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki
 Nr 2715/2011 IOR-0, IOR-1, IOR-3

Pracownia Diagnostyki Rentgenowskiej
4 Wojskowy Szpital Kliniczny, Poliklinika SPZOZ
Ul. Weigla 5, 50-981 Wrocław
Obliczenia grubości osłon przed promieniowaniem jonizującym

INSTRUKCJA OCHRONY RADIOLOGICZNEJ W PRACOWNI RENTGENOWSKIEJ

(wzór):

1. Instrukcja ochrony radiologicznej w pracowni rentgenowskiej zawiera:
 - 1) Informacje dotyczące następujących osób (nazwiska, miejsce przebywania, telefon):
 - a) kierownika pracowni,
 - b) inspektora ochrony radiologicznej,
 - c) konserwatora aparatury rentgenowskiej,
 - d) inspektora BHP i ppoż;
 - 2) Informację, kogo należy powiadomić w razie:
 - a) zaistnienia wypadku radiacyjnego,
 - b) uszkodzenia aparatu rentgenowskiego;
 - 3) Informację:
 - a) jakie aparaty rentgenowskie znajdują się w wyposażeniu pracowni,
 - b) kto i kiedy wydał zezwolenie na stosowanie tych aparatów,
 - c) jakie rodzaje badań (zabiegów) są wykonywane;
 - 4) Informację o wyposażeniu pracowni w osłony ruchome oraz środki ochrony indywidualnej dla pracowników i pacjentów;
 - 5) Opis postępowania na terenie pracowni wynikający z umieszczenia na drzwiach wejściowych tablicy informacyjnej ze

Pracownia Diagnostyki Rentgenowskiej
4 Wojskowy Szpital Kliniczny, Poliklinika SPZOZ
Ul. Weigla 5, 50-981 Wrocław

Obliczenia grubości osłon przed promieniowaniem jonizującym

znakiem ostrzegawczym promieniowania jonizującego oraz z działaniem sygnalizacji ostrzegawczej;

6) Sposób kontroli narażenia pracowników na promieniowanie rentgenowskie;

7) Zasady podtrzymywania pacjentów podczas badań;

8) Wymagania związane z ochroną radiologiczną pacjentów, a w szczególności kobiet ciężarnych;

9) Wykaz aktów prawnych określających zasady ochrony radiologicznej, na podstawie których została opracowana niniejsza instrukcja;

10) Podpis inspektora ochrony radiologicznej oraz podpis kierownika pracowni zatwierdzających instrukcje i daty podpisania.

2. Instrukcję należy umieścić w pracowni rentgenowskiej lub gabinecie rentgenowskim na widocznym miejscu. Na kopii instrukcji przechowywanej w dokumentacji pracowni powinny znajdować się podpisy pracowników i data podpisania.

Uwaga: Treść „instrukcji” należy uzupełnić danymi, aktualnymi dla pracowni, po podjętych decyzjach personalnych.

Kalkulacja grubości odcinkowych osłon przed promieniowaniem dla pomieszczenia z aparatem rentgenowskim ogólnodiagnostycznym
4 Wojskowy Szpital Kliniczny z Polikliniką SP ZOZ w Wrocławiu, ul. Weigla 4 (obiekt projektowany w bud. 1, cz. II) - założenia do
obliczeń i wyliczenia końcowe

Oznaczenie przegrody	Materiał przegrody, grubość warstwy (litę), cm (projekt)	Równoważnik Pb (mm), dla grubości warstwy	Projekcja węzła	Współczynnik z odniesieniem w stosunku do 2,4 Pb 0,05-0,00117	Doska tęgobrowa czy inne właściwej kategorii rendernie) z uwagi na ALARA	Zbudowana moc dawki C ₁ (Jy/h) 1m ² x 1m ² x 1 (zdarzeń)	Zbudowana moc dawki C ₂ (Jy/h) 1m ² x 1m ² x 1 (zdarzeń)	Zbudowana moc dawki C ₃ (Jy/h) 1m ² x 1m ² x 1 (zdarzeń)	Zbudowana moc dawki C ₄ (Jy/h) 1m ² x 1m ² x 1 (zdarzeń)	Kontrola (1) wykonana przez	Wyczerpanie zdolności absorpcyjnej (D) dla 0,05 Pb 0,05-0,00117 (zdarzeń) (zdarzeń)	Wyczerpanie warstwy Pb (mm), dla stan I-200	
Ściana AB	Cegła pełna, 45	>4	#		0,001	6,25	5,4347826	49,390244	42,946038		2*	2	
Ściana BC	Cegła pełna, 45	>4	#		0,001	12,25	10,652174	96,80487E	84,178155		0	Nie dotyczy	
Ściana CD	Cegła pełna, 55	>4	#		0,001	45	39,130435	355,80976	306,22587		0	1	
Ściana DA	Cegła pełna, 55	>4	#	#	0,1	0,001	3,61	12,556522	25,527805	99,227147	5858,7258	2*	2
Stalowisko pracy	GK	0,1	#		0,012	75	65,217391	582,68293	515,57640		2	2	
Słupy	stalowa 15, (zł. 400mm x 15)	2,15	#	#	0,1	0,001	11,25	nie dot.	88,902439	nie dot.	26111,111	2* (dół)	Nie dotyczy

Tabela 1

Wzrost i wytrzymałość
Rozproszczenie

*) patrz: wytyczne i założenia

PIOTR DEMCZUK
INSPEKTOR
OPRACOWANIE PRACOWNIA
Uprawnienia
Polska Państwowa Agencja Atomistyki
Nr 2143/2013 KOD A, KOD L, KOD T

Kalkulacja grubości dodatkowych osłon przed promieniowaniem dla pomieszczenia z aparatem rentgenowskim ogólnodiagnostycznym: 4 Wąskowy Szpital Kliniczny z Poliklinką SP ZOZ we Wrocławiu, ul. Weigla 4 (obiekt projektowany w bud. 1, cz. II)

Promieniowanie rozproszone (opcja do zdjęć)											
Sciana, osłona	D(cGy)	L(m)	h(m)	i(mA)	D ^{1,2}	r ¹	r ²	S(m ²)	P ² s	C1	C2
Abiodł. do ściany (śc.)	0,0005	2,5	0,0125	400	0,00125	5	1,8	0,41	7,902439	0,002625	0,0549039
		6,25								6,25	45,390244
BC	0,0005	3,5	0,0125	400	0,006125	5	1,8	0,41	7,902439	0,001225	0,00068038
		12,25								12,25	96,804878
CD	0,0005	1,5	0,000625	400	0,001125	0,25	1,8	0,41	7,902439	0,0045	0,035561
		2,25								45	355,60976
DA	0,0005	3,8	0,05	400	0,00722	20	1,8	0,41	7,902439	0,000361	0,0028528
		14,44								3,61	28,627805
Stropy	0,0005	1,5	0,0025	400	0,001125	1	1,8	0,41	7,902439	0,001125	0,0088602
		2,25								11,25	88,902438
Starowisko pracy	0,006	2,5	0,0125	400	0,0375	5	1,8	0,41	7,902439	0,0075	0,0592583
		6,25								75	592,68293
Osłona											
Promieniowanie wiązki głównej											
Sciana AD	D(cGy)	Df	i(mA)	t(min)	L(m)	D ^{1,2}	Df ^{1,2}	y	k		
	0,001	1,41	400	1,5	3,8	0,01444	846	0,1	3368,7258		
					14,44						
Strop dółny	D	Df	i	t	L	D ^{1,2}	Df ^{1,2}	y	k		
	0,001	1,41	400	1,5	1,8	0,00324	846	0,1	26111,111		
					3,24						

Tabela 2

dr PIOTR DEMCZUK
INSPEKTOR
OCHRONY PRZED PROMIENIOWANIEM
Uprawnienia
Pracownia Fizykoterapii i Agencji Asysty
Nr 2133/2015/100-0-KOR-1-KOR-1

Kalkulacja grubości dodatkowych osłon przed promieniowaniem dla pomieszczenia z aparatem rentgenowskim ogólnodiagnostycznym: 4 Wąskowy Szpital Kliniczny z Poliklinką SP ZOZ we Wrocławiu, ul. Weigla 4 (obiekt projektowany w bud. 1, cz. II)

Promieniowanie rozproszone (opcja do prześwietleń)											
Sciana, osłona	D(cGy)	L(m)	h(m)	i(mA)	D ^{1,2}	r ¹	r ²	S(m ²)	P ² s	C1	C2
AB	0,0005	2,5	0,25	23	0,00125	5,75	1,8	0,41	7,902439	0,0005435	0,0042048
		6,25								5,4347826	42,948038
BC	0,0005	3,5	0,25	23	0,006125	5,75	1,8	0,41	7,902439	0,0010652	0,0054178
		12,25								10,652174	84,178158
CD	0,0005	1,5	0,0125	23	0,001125	0,2875	1,8	0,41	7,902439	0,003913	0,0030226
		2,25								38,130438	299,22557
DA	0,0005	3,8	0,25	23	0,00722	5,75	1,8	0,41	7,902439	0,0012567	0,0099227
		14,44								12,598522	99,227147
Stropy	0,0005	1,5	0,05	23	0,001125	1,15	1,8	0,41	7,902439	0,0009783	0,0077306
		2,25								9,7826067	77,305469
Starowisko pracy	0,006	2,5	0,25	23	0,0375	5,75	1,8	0,41	7,902439	0,0065217	0,0515378
		6,25								65,217381	515,32546
Osłona											
Promieniowanie wiązki głównej											
Sciana DA	D(cGy)	Df	i(mA)	t(min)	L(m)	D ^{1,2}	Df ^{1,2}	y	k		
	0,001	1,41	23	1,5	3,8	0,01444	486,45	0,1	3368,7673		
					14,44						
Strop dółny	D	Df	i	t	L	D ^{1,2}	Df ^{1,2}	y	k		
	0,001	1,41	23	4,5	1,8	0,00324	1459,35	0,1	45041,667		
					3,24						

Tabela 2

dr PIOTR DEMCZUK
INSPEKTOR
OCHRONY PRZED PROMIENIOWANIEM
Uprawnienia
Pracownia Fizykoterapii i Agencji Asysty
Nr 2133/2015/100-0-KOR-1-KOR-1

ZDJEJCIA: Czas (t) narazenia na promieniowanie w ciągu tygodnia: $t = T \cdot U \cdot t_p$. T - współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu, U - współczynnik określający prawdopodobieństwo skierowania użytecznej wiązki promieniowania w kierunku obliczonej osłony, t_p - maksymalny czas pracy źródła promieniowania w ciągu tygodnia na jednej zmianie, s, min lub h

Przegroda	Współczynnik			t(h)	t(min)
	T	U	t_p (h)		
AB	1	0,25	0,05	0,0125	0,75
BC	1	0,25	0,05	0,0125	0,75
CD	0,05	0,25	0,05	0,000625	0,0375
DA	1	1	0,05	0,05	3
Stropy	1	0,05	0,05	0,0025	0,15

PRZEŚWIETLENIA: Czas (t) narazenia na promieniowanie w ciągu tygodnia: $t = T \cdot U \cdot t_p$. T - współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu, U - współczynnik określający prawdopodobieństwo skierowania użytecznej wiązki promieniowania w kierunku obliczonej osłony, t_p - maksymalny czas pracy źródła promieniowania w ciągu tygodnia na jednej zmianie, s, min lub h

Przegroda	Współczynnik			t(h)	t(min)
	T	U	t_p (h)		
AB	1	0,25	1	0,25	15
BC	1	0,25	1	0,25	15
CD	0,05	0,25	1	0,0125	0,75
DA	1	0,25	1	0,25	15
Stropy	1	0,05	1	0,05	3

ZDJEĆCIA: Czas (t) narazenia na promieniowanie w ciągu tygodnia: $t = T \cdot U \cdot t_0$, T - współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w określonym miejscu, U - współczynnik określający prawdopodobieństwo skierowania użytkownika wiązki promieniowania w kierunku obliczonej osłony, t_0 - maksymalny czas pracy źródła promieniowania w ciągu tygodnia na jednej zmianie, s. min lub h

Przegroda	Współczynnik			t(h)	t(min)
	T	U	t_0 (h)		
AB	1	0,25	0,05	0,0125	0,75
BC	1	0,25	0,05	0,0125	0,75
CD	0,05	0,25	0,05	0,000625	0,0375
DA	1	1	0,05	0,05	3
Stropy	1	0,05	0,05	0,0025	0,15

ANEKS SPRAWDZAJĄCY do obliczeń wykonanych wg. arkusza kalkulacyjnego
(kontrolnie, dla opcji „zdjęć”)

1.1 Ściana sali szkoleniowej „AD” – ze statywem do zdjęć, cegła pełna 56 cm (równoważnik Pb w ścianie wg PN: powyżej 4 mm).

Do ściany tej dociera promieniowanie wiązki pierwotnej:

$D = 0.001 \text{ cGy}$, $t = T * U * t_0 = 1 * 1 * 1,5 \text{ min.} = 1,5 \text{ min.}$, $I = 400 \text{ mA}$, $D_0 = 1.41 \text{ cGy} * \text{min}^{-1}$, $l = 3,8 \text{ m.}$, $y = 0,1$

$$k = \frac{1.41 * 400 * 1.5 * 0,1}{0.001 * 3,8^2} = 5858$$

Zgodnie z PN - 86/J – 80001 krotność takiego osłabiania można uzyskać stosując materiał o równoważniku ołowiu 2.5 mm.

1.2. Ściana „AB” – sterowni (ściana projektowana w technologii GK, zakł. równ. Pb: 0,1 mm). Pozostała część ściany: cegła 45 (równ. Pb wg PN: powyżej 4 mm).

Do ściany tej zgodnie z założeniami dociera jedynie promieniowanie rozproszone od ciała pacjenta i osłon. Zatem przyjmuje się, że dawka D^* od każdego z nich nie może przekroczyć 50% dawki granicznej (największej dopuszczalnej), tzn.:

$$D^* = 1/2D = 0.0005 \text{ cGy}$$

1.2.1. Promieniowanie rozproszone przez ciało pacjenta.

$D^* = 0.0005 \text{ cGy}$, $t = T * U * t_0 = 1 * 0.25 * 0,05 \text{ h} = 0.0125 \text{ h}$, $l = 2,5 \text{ m}$ (odległość dla ściany sterowni), $I = 400 \text{ mA}$,

$$c_1 = \frac{0.0005 * 2,5^2}{0.0125 * 400} = \frac{0,003}{5} = 6,25 \mu\text{C Gy} * \text{h}^{-1} * \text{m}^2 * \text{mA}^{-1}$$

Zgodnie z PN - 86/J - 80001 krotność takiego osłabiania można osiągnąć stosując materiał o równoważniku ołowiu wynoszącym 2 mm.

1.2.2. Osłabienie osłony przed promieniowaniem rozproszonym przez osłonę betonową.

$D^* = 0.0005 \text{ cGy}$, $t = T * U * t_0 = 1 * 0.25 * 0,05h = 0.0125$
 h , $l = 2,5 \text{ m}$, $I = 400 \text{ mA}$, $f = 1.8 \text{ m}$. $s = 0.41 \text{ m}^2$

$$c_1 = \frac{0.0005 * 2,5^2 * 1.8^2}{0.0125 * 400 * 0.41} = 48,78 \mu\text{Gy} * h^{-1} * m^2 * mA^{-1}$$

Zgodnie z PN - 86/J - 80001 krotność takiego osłabiania można osiągnąć stosując materiał o równoważniku ołowiu wynoszącym 1,5 mm.

1.3. Ściana BC - dyżurka techników, cegła 45, równoważnik PB zgodnie z PN: powyżej 4 mm

Do ściany tej zgodnie z założeniami dociera jedynie promieniowanie rozproszone od ciała pacjenta i osłon. Zatem przyjmuje się, że dawka D^* od każdego z nich nie może przekroczyć 50% dawki granicznej (największej dopuszczalnej), tzn.:

$$D^* = 1/2D = 0.0005 \text{ cGy}$$

1.3.1. Promieniowanie rozproszone przez ciało pacjenta.

$D^* = 0.0005 \text{ cGy}$, $t = T * U * t_0 = 1 * 0.25 * 0,05h = 0.0125h$, $l = 3,5 \text{ m}$, $I = 400 \text{ mA}$,

$$c_1 = \frac{0.0005 * 3,5^2}{0.0125 * 400} = \frac{0.003}{5} = 12,25 \mu\text{Gy} * h^{-1} * m^2 * mA^{-1}$$

Zgodnie z PN - 86/J - 80001 krotność takiego osłabiania można osiągnąć stosując materiał o równoważniku ołowiu wynoszącym 1,5 mm.

1.3.2. Osłabienie osłony przed promieniowaniem rozproszonym przez osłonę betonową.

$D^* = 0.0005 \text{ cGy}$, $t = T * U * t_0 = 1 * 0.25 * 0,05h = 0.0125$
 h , $l = 3,5 \text{ m}$, $I = 400 \text{ mA}$, $f = 1.8 \text{ m}$. $s = 0.41 \text{ m}^2$

$$c_2 = \frac{0.0005 * 3,5^2 * 1.8^2}{0.0125 * 400 * 0.41} = 96,8 \mu\text{Gy} * h^{-1} * m^2 * mA^{-1}$$

Zgodnie z PN - 86/J - 80001 krotność takiego osłabiania można osiągnąć stosując materiał o równoważniku ołowiu wynoszącym 1 mm.

1.4. Ściana „CD” – zewnętrzna, z oknami (cegła pełna 56 cm, równoważnik w ścianie wg PN: powyżej 4 mm);

Do ściany tej zgodnie z założeniami dociera jedynie promieniowanie rozproszone od ciała pacjenta i osłoni. Zatem przyjmuje się, że dawka D^* od każdego z nich nie może przekroczyć 50% dawki granicznej (największej dopuszczalnej), tzn.:

$$D^* = 1/2D = 0.0005 \text{ cGy}$$

1.4.1. Promieniowanie rozproszone przez ciało pacjenta.

$D^* = 0.0005 \text{ cGy}$, $t = T * U * t_0 = 0,05 * 0.25 * 0,05h = 0.0006h$, $l = 1,5 \text{ m}$, $I = 400 \text{ mA}$,

$$c_1 = \frac{0.0005 * 1,5^2}{0.0006 * 400} = \frac{0.001}{0,24} = 42 \mu\text{Gy} * h^{-1} * m^2 * mA^{-1}$$

Zgodnie z PN - 86/J - 80001 krotność takiego osłabiania można osiągnąć stosując materiał o równoważniku ołowiu wynoszącym 1,5 mm.

1.4.2. Osłabienie osłony przed promieniowaniem rozproszonym przez osłonę betonową.

$D^* = 0.0005 \text{ cGy}$, $t = T * U * t_0 = 0,05 * 0,25 * 0,05\text{h} = 0.0006 \text{ h}$, $l = 1,5 \text{ m}$, $I = 400 \text{ mA}$, $r = 1.8 \text{ m}$, $s = 0.41 \text{ m}^2$

$$c_2 = \frac{0.0005 * 1,5^2 * 1,8^2}{0.0006 * 400 * 0.41} = 367 \mu\text{Gy} * \text{h}^{-1} * \text{m}^2 * \text{mA}^{-1}$$

Zgodnie z PN - 86/J - 80001 krotność takiego osłabiania można osiągnąć stosując materiał o równoważniku ołowiu wynoszącym 0.6 mm.

1.5. Ściana „DA” sali szkoleniowej;

Do ściany tej zgodnie z założeniami dociera promieniowanie rozproszone od ciała pacjenta i osłon. Zatem przyjmuje się, że dawka D^* od każdego z nich nie może przekroczyć 50% dawki granicznej (największej dopuszczalnej), tzn.:

$$D^* = 1/2D = 0.0005 \text{ cGy}$$

1.5.1. Promieniowanie rozproszone przez ciało pacjenta.

$D^* = 0.0005 \text{ cGy}$, $t = T * U * t_0 = 1 * 1 * 0,05\text{h} = 0.05\text{h}$, $l = 3,8 \text{ m}$, $I = 400 \text{ mA}$,

$$c_1 = \frac{0.0005 * 3,8^2}{0.05 * 400} = \frac{0.007}{20} = 3,5 \mu\text{Gy} * \text{h}^{-1} * \text{m}^2 * \text{mA}^{-1}$$

Zgodnie z PN - 86/J - 80001 krotność takiego osłabiania można osiągnąć stosując materiał o równoważniku ołowiu wynoszącym 2 mm.

1.5.2. Osłabienie osłony przed promieniowaniem rozproszonym przez osłonę betonową.

$D^* = 0.0005 \text{ cGy}$, $t = T * U * t_0 = 1 * 1 * 0,05\text{h} = 0.05 \text{ h}$, $l = 3,8 \text{ m}$, $I = 400 \text{ mA}$, $f = 1.8 \text{ m}$. $s = 0.41 \text{ m}^2$

$$c_1 = \frac{0.0005 * 3,8^2 * 1,8^2}{0.05 * 400 * 0.41} = 28,52 \mu\text{Gy} * \text{h}^{-1} * \text{m}^2 * \text{mA}^{-1}$$

Zgodnie z PN - 86/J - 80001 krotność takiego osłabiania można osiągnąć stosując materiał o równoważniku ołowiu wynoszącym 1,5 mm.

1.6. Strop górny:

Materiał konstrukcyjny: Akerman, efektywna grubość warstwy pochłaniającej promieniowanie = 15 cm.

Do osłony tej zgodnie z założeniami dociera jedynie promieniowanie rozproszone od ciała pacjenta i osłon. Zatem przyjmuje się, że dawka D^* od każdego z nich nie może przekroczyć 50% dawki granicznej (największej dopuszczalnej), tzn.:

$$D^* = 1/2D = 0.0005 \text{ cGy}$$

1.6.1. Promieniowanie rozproszone przez ciało pacjenta.

$D^* = 0.0005 \text{ cGy}$, $t = T * U * t_0 = 1 * 0.05 * 0,05\text{h} = 0.0025\text{h}$, $l = 1,5 \text{ m}$, $I = 400 \text{ mA}$,

$$c_1 = \frac{0.0005 * 1,5^2}{0.0025 * 400} = \frac{0.001}{1} = 11,25 \mu\text{Gy} * \text{h}^{-1} * \text{m}^2 * \text{mA}^{-1}$$

Zgodnie z PN - 86/J - 80001 krotność takiego osłabiania można osiągnąć stosując materiał o równoważniku ołowiu wynoszącym 1,5 mm.

Pracownia Diagnostyki Rentgenowskiej
4 Wojskowy Szpital Kliniczny, Poliklinika SPZOZ
Ul. Weigla 5, 50-981 Wrocław
Obliczenia grubości osłon przed promieniowaniem jonizującym

1.6.2. Osłabienie osłony przed promieniowaniem rozproszonym przez osłonę betonową.

$D^* = 0.0005 \text{ cGy}$, $t = T \cdot U \cdot t_0 = 1 \cdot 0.05 \cdot 0,05 \text{ h} = 0.0025 \text{ h}$, $l = 1,5 \text{ m}$, $I = 400 \text{ mA}$, $f = 1.8 \text{ m}$, $s = 0.41 \text{ m}^2$

$$c_2 = \frac{0.0005 \cdot 1.5^2 \cdot 1.8^2}{0.0025 \cdot 400 \cdot 0.41} = 88,9 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Zgodnie z PN - 86/J - 80001 krotność takiego osłabiania można osiągnąć stosując materiał o równoważniku ołowiu wynoszącym 1 mm.

1.7. Strop dolny

Do ściany tej dociera promieniowanie wiązki pierwotnej:

$D = 0.001 \text{ cGy}$, $t = T \cdot U \cdot t_0 = 1 \cdot 1 \cdot 1.5 \text{ min.} = 1.5 \text{ min.}$, $I = 400 \text{ mA}$, $D_0 = 1.41 \text{ cGy} \cdot \text{min}^{-1}$, $l = 1.8 \text{ m}$, $\gamma = 1$

$$k = \frac{1.41 \cdot 400 \cdot 1.5 \cdot 0,1}{0.001 \cdot 1.8^2} = 26111$$

Zgodnie z PN - 86/J - 80001 krotność takiego osłabiania można uzyskać stosując materiał o równoważniku ołowiu 3.5 mm.

Obliczenia potwierdzają zgodność wyników z wartościami zamieszczonymi w tabelach na stronach 20-25.

dr PIOTR DEMCZUK
INSPEKTOR
OCHRONY PRZED PROMIENIOWANIEM
Upewnienia
Pracownia Państwowej Agencji Atomistyki
Nr 2715/2011 KOR-0, KOR-1, KOR-1