

11.11.2014

Szpital Rehabilitacyjno-Kardiologiczny w Kowanówku
ul. Sanatoryjna 34
Kowanówko, 64-600 Oborniki

**Obliczanie osłon stałych
przed promieniowaniem jonizującym dla pracowni
rentgenowskiej z aparatem rentgenowskim
AXIOM ARTIS ZEE FLOOR firmy SIEMENS**

Listopad 2014

I. Część opisowa

1. **Podstawa opracowania.**
2. Projekt budowlany;
3. Polska Norma Obliczeniowa PN – 86/J-80001;
4. **Ustawa z dnia 29 listopada 2000r. – Prawo atomowe** (Dz. U. 52, poz. 264 z dnia 24 stycznia 2012 r., z 2014 poz. 587)
5. **Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 lipca 2006 r.** w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego (Dz. U. Z 2002 r. Nr 239, poz. 2029);
6. **Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r.** w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. Nr 20, poz.168);
7. **Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 lutego 2011r.** w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej;
8. **Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006r.** w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z aparatami rentgenowskimi o energii promieniowania do 300 keV stosowanych w celach medycznych warunków bezpiecznego stosowania promieniowania (Dz.U. 180 poz. 1325).
9. **Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 grudnia 2006r.** w sprawie nadzoru i kontroli w zakresie przestrzegania warunków ochrony radiologicznej w jednostkach organizacyjnych stosujących aparaty rentgenowskie do celów diagnostyki medycznej, radiologii zabiegowej, radioterapii, radioterapii powierzchniowej i radioterapii schorzeń nienowotworowych, (Dz.U. 1 poz.11)

1. Lokalizacja.

Przedmiotem opracowania jest obliczenie osłon stałych dla pracowni hemodynamiki z aparatem rtg Artis Zee Floor.

Pracownia hemodynamiki znajduje się na parterze budynku na terenie Szpitala Rehabilitacyjno-Kardiologicznym w Kowanówku k/Obornik.

W remontowanym pomieszczeniu istniała pracownia hemodynamiki, nastąpi wymiana aparatu.

Powierzchnia gabinetu wynosi 56.9 m², a wysokość 3.20 m., obniżony do 2.9 m.

Pracownia rentgenowska sąsiaduje z:

AB – wolna przestrzeń, trawnik;

BC – pokój wybudzeń, drzwi;

CD – kabina pacjenta, drzwi;

DE – korytarz, drzwi;

EF – pomieszczenie przygotowania lekarza, drzwi;

FA – sterownia, drzwi;

Strop – stropodach;

Posadzka – brak piwnic.

2. Wymagania dla pracowni.

2.1 Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006r powierzchnia pomieszczenia pracowni rentgenowskiej powinna być nie mniejsza niż 25 m².

Ustawienie aparatu w gabinecie rtg zapewni swobodny dostęp do pacjenta co najmniej z dwóch stron, a odległość ogniska lampy od najbliższej ściany wynosić będzie 1,5 metra przy pionowym kierunku wiązki promieniowania.

2.2 Konstrukcja ścian i stropów oraz okien i drzwi oraz zainstalowane urządzenia ochronne w pracowni rentgenowskiej powinny zabezpieczać osoby pracujące :

- w gabinecie rtg przed otrzymaniem w ciągu roku dawki przekraczającej - **6 mSv**,
- w pomieszczeniach pracowni rtg poza gabinetem rtg przed otrzymaniem w ciągu roku dawki przekraczającej - **3 mSv**,
- w pomieszczeniach poza pracownią rtg, a także osoby z ogółu ludności przebywające

w sąsiedztwie przed otrzymaniem w ciągu roku dawki przekraczającej - **0.5 mSv**,

- w budynkach mieszkalnych – **0.1 mSv**.

3. Wentylacja .

W pracowni rtg oraz sterowni istnieje wentylacja zapewniająca min. 1,5 - krotną wymianę powietrza na godzinę.

Powinna być zapewniona odpowiednia temperatura wymagana przez producenta aparatu.

4. Wyposażenie technologiczne.

W skład aparatu Axiom Artis Zee Floor wchodzi:

- lampa rentgenowska Megalix Cat.,
- konsola operatorska (sterownie, monitory, klawiatura),
- stół pacjenta,
- kardiomonitor
- tablica rozdzielcza,
- szafa generatora,
- system cyfrowy .

5. Wyposażenie dodatkowe pracowni rentgenowskiej.

Pracownia rtg wyposażona będzie w:

- fartuchy ochronne z gumy ołowiowej,
- półfartuchy ochronne z gumy ołowiowej,
- kołnierze z gumy ołowiowej,
- okulary ochronne ze szkła ołowiowego,
- parawany ochronne z gumy ołowiowej i ze szkła ołowianego montowane wokół aparatu.

6. Oznakowanie pomieszczeń.

Drzwi do pracowni oznakowane będą tablicą informacyjną ze znakiem ostrzegawczym przed promieniowaniem jonizującym zgodną ze wzorem określonym w załączniku nr 1 Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 22 sierpnia 2006.

7. Oświetlenie ostrzegawcze.

Nad drzwiami prowadzącymi do pracowni rtg winna być zamontowana sygnalizacja świetlna-ostrzegawcza, która wskazywać będzie włączenie wyłącznika aparatu rtg.

8. Komunikacja pomiędzy personelem i pacjentem.

Musi być zapewniona łączność głosowa i wizualna pomiędzy personelem przebywającym w sterowni, a pacjentem w gabinecie rentgenowskim.

9. WC dla pacjentów i personelu oraz pokój socjalny personelu.

Budynek i pracownia hemodynamiki istniejące.

WC dla pacjentów znajduje się na korytarzu.

Toaleta oraz pokój socjalny dla personelu znajdują się za pokojem wybudzeń.

10. Obsługa aparatu rtg.

Badania wykonywać będą lekarze, technicy rtg i pielęgniarki przeszkoleni w tym zakresie. Nadzór nad gabinetem z aparatem rtg sprawować będzie Inspektor Ochrony Radiologicznej.

Personel winien być objęty kontrolą dawek indywidualnych lub środowiska pracy oraz posiadać aktualne badania lekarskie.

Personel musi posiadać certyfikat Ochrony Radiologicznej Pacjenta.

11. Struktura pracowni.

W pracowni badaniom będą poddawani pacjenci szpitalni i ambulatoryjni.

Przewiduje się przyjmowanie około 5 pacjentów dziennie (na jednej zmianie).

Zapis cyfrowy przeprowadzanych badań. Badania wydawane są pacjentom na płycie CD.

Umywalki znajdują się obok pracowni - w pokoju przygotowań lekarzy.

12.0 Zalecenia bezpieczeństwa

Aparat rtg będzie sterowany z za szyby ołowiowej (okienko obserwacyjne o odpowiednim równoważniku ołowiu z zamontowaną szybą ołowiową o wym. 100x80 cm dolna krawędź na wys. 85 cm od poziomu podłogi) za pomocą zestawu komputerowego. Aparat posiada zestaw wyłączników awaryjnych zabezpieczającymi przed ekspozycją, awarią zasilania lub aparatu.

13.0. Konstrukcja murów.

Ściany pracowni wykonane z cegły pełnej o grubości 300 mm i 250 mm, pokryte obustronnie tynkiem cementowo- wapiennym o grubości łącznej 30 mm.

Posadzka i strop betonowe o grubości 240 mm.

Ściany, posadzka, drzwi, okna oraz okienko obserwacyjne zostaną zabezpieczone wg zestawienia podanego na końcu opracowania.

14.0. Wykończenie pomieszczenia pod względem sanitarnym

Ściany i posadzki pomieszczenia powinny być wykonane z materiałów atestowanych, ściany pomalowane farbą nietoksyczną, łatwo zmywalną.

Posadzka z wykładziny antystatycznej.

15.0 Dane techniczne aparatu.

Aparat rentgenowski Axiom Artis Zee firmy SIEMENS z ramieniem typu „C” jest aparatem do badań angiograficznych

- Napięcie nominalne na lampie: 40 kV - 125 kV;
- Natężenie prądu na lampie (skopia pulsacyjna): 4-20 mA
- Natężenie prądu na lampie grafia małe ognisko: 200 mA
- Natężenie prądu na lampie grafia duże ognisko: 500 mA
- Filtracja całkowita: 2.5 mm Al.

Aparat powinien posiadać testy odbiorcze i specjalistyczne wykonane przez firmę posiadającą uprawnienia na wykonywanie testów.

II. Część obliczeniowa

1. Obliczanie grubości osłon.

1.1. Dane i wzory stosowane do obliczeń.

Obliczenia wykonano w oparciu o normę PN-86/J-80001.

Grubość osłon określono na podstawie zawartych tam tabel i wykresów posługując się następującymi wzorami:

Dawka tygodniowa przyjmowana do obliczeń

Zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. Nr 20, poz.168) do obliczeń przyjęto następujące wartości dawek:

- Dla osób zatrudnionych w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące w gabinecie rtg:

$$6 \text{ mSv/rok} - 0.522 \text{ cGy/rok} - 0.01044 \text{ cGy/tydz.} = 104.4 \text{ } \mu\text{Gy/tydz.}$$

- W pracowni rtg poza gabinetem rtg:

$$3 \text{ mSv/rok} - 0.261 \text{ cGy/rok} - 0.00522 \text{ cGy/tydz.} = 52.2 \text{ } \mu\text{Gy/tydz.}$$

Dla osób z ogółu ludności :

$$0.5 \text{ mSv/rok} - 0.0435 \text{ cGy/rok} - 0.87 \times 10^{-3} \text{ cGy/tydz} = 8.7 \text{ } \mu\text{Gy/tydz.}$$

- Dla budynków mieszkalnych:

$$0.1 \text{ mSv/rok} - 0.0087 \text{ cGy/rok.} - 0.000174 \text{ cGy/tydz} - 1.74 \text{ } \mu\text{Gy/tydz..}$$

1.1.2. Czas (t) 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.

Jeżeli nie udokumentowano innych wartości należy przyjmować:

T=1 – dla miejsc stałego przebywania ludzi (miejsca ciągłej pracy, pomieszczenia mieszkalne, miejsca przeznaczone dla dzieci);

T=0.25 – dla miejsc czasowo wykorzystywanych przez ludzi (np. korytarze, WC, stołówki itp.);

T=0.05 - dla miejsc krótkiego czasu przebywania (np. ulice, place, klatki schodowe);

U=1 – dla podłóg;

U=1 – dla ścian i sufitów jeżeli przewiduje się ich napromieniowanie wiązką główną przy pracach rutynowych;

U= 0.25 - dla ścian nie napromieniowanych wiązką główną przy pracach rutynowych;

U= 0.05 - dla sufitów nie napromieniowanych wiązką główną przy pracach rutynowych;

Dla osłon chroniących tylko przed promieniowaniem rozproszonym lub ubocznym **U=1**

1.1.3. Osłony przed promieniowaniem pierwotnym

Krotność (k) osłabienia promieniowania przez osłonę.

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

W którym:

D – moc dawki wg PN-86/J-80001 pkt. 2.5.1.1. w odległości 1m od ogniska lampy przeliczona dla prądu anodowego 1mA, (cGy*min⁻¹*m²*mA⁻¹);

I – nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej (mA);

t- czas narażenia w ciągu tygodnia osób przebywających w miejscu osłanianym ;wyznaczony zgodnie z 1.1.2. w (min).;

D- dawka tygodniowa określona zgodnie z 1.1.1. w (cGy);

l- najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy, (m);

y- współczynnik zgodny z PN-86/J-80001 pkt 2.4.

1.1.4. Osłony przed promieniowaniem rozproszonym.

Zredukowana moc dawki

$$C_1 = \frac{D \cdot I^2}{t \cdot I}$$

w którym:

D- dawka tygodniowa określona zgodnie z 1.1.1. w (cGy);

l- najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy, (m);

t- czas narażenia w ciągu tygodnia osób przebywających w miejscu osłanianym wyznaczony zgodnie z 1.1.2. w (min).;

I – nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej (mA);

W przypadku zdjęć rentgenowskich, gdzie ustala się mAs, I należy obliczyć dzieląc sumę mAs w tygodniu przez czas pracy lampy rtg w tym okresie.

1.1.5. dane do obliczeń.

Przewiduje się przyjmowanie około 5 pacjentów na jednej zmianie, w systemie dwuzmianowym, przez 5 dni w tygodniu:

- Czas skopii dla jednego pacjenta średnio – 7 min. - 420 s;
- Napięcie na lampie rtg. – do 125 kV;
- Natężenie prądu anodowego lampy – 20 mA;
- Filtracja całkowita – 2.5 mmAl.

1.1. Obliczenia.

Założenia:

Przyjęto, że wiązka główna promieniowania X podczas badań skierowana jest na elektroniczny wzmacniacz obrazu E.W.O.

W związku z tym promieniowanie rozproszone skierowane jest na wszystkie ściany, strop i posadzkę.

Obliczenia czasu (t) narażenia na promieniowanie X – skopia pulsacyjna

$$t_0 = 5 \text{ pacjentów} * 420 \text{ s} * 5 \text{ dni} = 10500 \text{ s/tydz.}$$

1) dla stałego przebywania osób:

$$T=1 \quad U=1;$$

$$t = 1 * 1 * 10500 \text{ s} = 2.92 \text{ h,}$$

2) dla czasowego przebywania osób:

$$T = 0.25 \quad U = 1;$$

$$t = 0.25 * 1 * 10500 \text{ s} = 2625 \text{ s} = 0.73 \text{ h;}$$

3) Dla sporadycznego przebywania osób:

$$T = 0.05 \quad U = 1;$$

$$t = 0.05 * 1 * 10500 \text{ s} = 525 \text{ s} = 0.15 \text{ h;}$$

Obliczanie osłon stałych przed promieniowaniem rozproszonym

ŚCIANA AB (wolna przestrzeń, trawnik)

$$D = 8.7 \mu\text{Gy/tydz.}$$

$$L = 2.5 \text{ m}$$

$$t = 0.15 \text{ h}$$

$$I = 20 \text{ mA}$$

$$T = 0.05$$

$$U = 1$$

$$C_1 = \frac{D * l^2}{t * I} = \frac{8.7 * (2.5)^2}{0.15 * 20} = 18.1 \mu\text{Gyh}^{-1}\text{m}^2\text{mA}^{-1}$$

Zgodnie z pkt. 2.5.2.1. oraz rys.3 PN-86/J-80001 grubość wymaganej osłony wynosi < 2 mm Pb (ok.1.5 mm Pb), co odpowiada < 200 mm (150 mm) cegły pełnej o gęstości $\rho = 1.9 \text{ g cm}^{-3}$

ŚCIANA BC (pokój wybudzeń, drzwi)

$$D = 8.7 \mu\text{Gy/tydz.}$$

$$l = 5.7 \text{ m}$$

$$t = 0.73 \text{ h}$$

$$I = 20 \text{ mA}$$

$$T = 1$$

$$U = 1$$

$$C_1 = \frac{D \cdot l^2}{t \cdot I} = \frac{8.7 \cdot (5.5)^2}{2.92 \cdot 20} = 4.51 \mu\text{Gyh}^{-1}\text{m}^2\text{mA}^{-1}$$

Zgodnie z pkt. 2.5.2.1. oraz rys.3 PN-86/J-80001 grubość wymaganej osłony wynosi 2 mm Pb, co odpowiada < 200 mm cegły pełnej o gęstości $\rho=1.9 \text{ g cm}^{-3}$.

ŚCIANA CD (kabina, drzwi)

$$D = 8.7 \mu\text{Gy/tydz.}$$

$$l = 5.9 \text{ m}$$

$$t = 0.73 \text{ h}$$

$$I = 20 \text{ mA}$$

$$T = 0.25$$

$$U = 1$$

$$C_1 = \frac{D \cdot l^2}{t \cdot I} = \frac{8.7 \cdot (5.9)^2}{0.73 \cdot 20} = 20.7 \mu\text{Gyh}^{-1}\text{m}^2\text{mA}^{-1}$$

Zgodnie z pkt. 2.5.2.1. oraz rys.3 PN-86/J-80001 grubość wymaganej osłony wynosi 1 mm Pb, co odpowiada 100 mm cegły pełnej o gęstości $\rho=1.9 \text{ g cm}^{-3}$.

Podczas wykonywania badań kabina będzie nieużywana przez pacjentów.

ŚCIANA DE (korytarz)

$$D = 8.7 \mu\text{Gy/tydz.}$$

$$l = 3.7 \text{ m}$$

$$t = 0.73 \text{ h}$$

$$I = 20 \text{ mA}$$

$$T = 0.25$$

$$U = 1$$

$$C_1 = \frac{D \cdot l^2}{t \cdot I} = \frac{8.7 \cdot (3.7)^2}{0.73 \cdot 20} = 8.2 \mu\text{Gyh}^{-1}\text{m}^2\text{mA}^{-1}$$

Zgodnie z pkt. 2.5.2.1. oraz rys.3 PN-86/J-80001 grubość wymaganej osłony wynosi < 2 mm Pb, co odpowiada < 200 mm cegły pełnej o gęstości $\rho=1.9 \text{ g cm}^{-3}$.

W korytarzu nie ma poczekalni, nikt nie przebywa na stałe.

ŚCIANA EF (pomieszczenie przygotowania lekarzy, drzwi)

$$D = 8.7 \mu\text{Gy/tydz.}$$

$$L = 3.6 \text{ m}$$

$$t = 0.73 \text{ h}$$

$$I = 20 \text{ mA}$$

$$T = 0.25$$

$$U = 1$$

$$C_1 = \frac{D \cdot l^2}{t \cdot I} = \frac{8.7 \cdot (3.6)^2}{0.73 \cdot 20} = 7.7 \mu\text{Gyh}^{-1}\text{m}^2\text{mA}^{-1}$$

Zgodnie z pkt. 2.5.2.1. oraz rys.3 PN-86/J-80001 grubość wymaganej osłony wynosi < 2 mm Pb, co odpowiada < 200 mm cegły pełnej o gęstości $\rho = 1.9 \text{ g cm}^{-3}$.

ŚCIANA FA (sterownia, drzwi)

$$D = 52.2 \mu\text{Gy/tydz.}$$

$$l = 3.5 \text{ m}$$

$$t = 2.92 \text{ h}$$

$$I = 20 \text{ mA}$$

$$T = 1$$

$$U = 1$$

$$C_1 = \frac{D \cdot l^2}{t \cdot I} = \frac{52.2 \cdot (3.5)^2}{2.92 \cdot 20} = 10.9 \mu\text{Gyh}^{-1}\text{m}^2\text{mA}^{-1}$$

Zgodnie z pkt. 2.5.2.1. oraz rys.3 PN-86/J-80001 grubość wymaganej osłony wynosi < 2 mm Pb (ok. 1.5 mm Pb), co odpowiada < 200 mm (150 mm) cegły pełnej o gęstości $\rho = 1.9 \text{ g cm}^{-3}$.

STROP – stropodach

Obliczeń nie wykonano – brak pomieszczeń.

POSADZKA - brak piwnic

Obliczeń nie wykonano – brak pomieszczeń.

1.2.4 Obliczenia czasu (t) narażenia na promieniowanie X – grafia

Zakładając, że wykonamy zdjęcie każdemu pacjentowi:

- Ilość pacjentów dziennie na jednej zmianie – 5;
- Czas ekspozycji dla jednego pacjenta – 0.1 s;
- Napięcie na lampie rtg. – do 125 kV;
- Natężenie prądu anodowego lampy – 500 mA;
- Filtracja całkowita – 2.5 mmAl.

$$t_0 = 5 \text{ pacjentów} * 0.1 \text{ s} * 5 \text{ dni} = 2.5 \text{ s/tydz.}$$

Czas jest tak mały, że można zredukowaną moc dawki zdjęć pominąć, uwzględniając tylko skopię (grafię wykonuje się bardzo rzadko).

ZESTAWIENIE GRUBOŚCI OSŁON odczyt dla U = 150 kV (wg. PN – 86/J – 80001)
 Grubość podano w mm

Miejsce osłanianie	Wymagana grubość osłony z ołowiu (mm)	Oslonność własna (mm)	Istniejąca grubość osłony (mm)
AB	< 2.0 (1.5)	3.0 mm Pb	300 mm cegła pełna + 15 mm tynk cementowo-wapniowy
BC	2.0	2.5 mm Pb	250 mm cegła pełna + 15 mm tynk cementowo-wapniowy. Drzwi zabezpieczyć blachą ołowianą o Pb = 2 mm.
CD	1	2.5 mm Pb	250 mm cegła pełna + 15 mm tynk cementowo-wapniowy. Drzwi zabezpieczyć blachą ołowianą o Pb = 1 mm.
DE	< 2.0	2.5 mm Pb	250 mm cegła pełna + 15 mm tynk cementowo-wapniowy. Drzwi zabezpieczyć blachą ołowianą o Pb = 2 mm.
EF	< 2.0	3.0 mm Pb	300 mm cegła pełna + 15 mm tynk cementowo-wapniowy. Drzwi zabezpieczyć blachą ołowianą o Pb = 2 mm.
FA	< 2.0 (1.5)	3.0 mm Pb	300 mm cegła pełna + 15 mm tynk cementowo-wapniowy. Drzwi zabezpieczyć blachą ołowianą o Pb min. = 1.5 mm Okienko obserwacyjne zabezpieczyć Pb min = 1.5 mm.
Posadzka brak piwnic	-	3.0 mm Pb	240 mm beton

WNIOSKI KOŃCOWE

Ściana AB (wolna przestrzeń) – grubość wymaganej osłony wynosi poniżej 2 mm Pb, ok. 1.5 mm Pb.

Ściana o grubości 300 mm wykonana z cegły pełnej i pokryta tynkiem cementowo-wapiennym jest wystarczającym zabezpieczeniem.

Ściana BC (pokój wybudzeń, drzwi) - grubość wymaganej osłony wynosi 2.0 mm Pb.

Ściana o grubości 250 mm wykonana z cegły pełnej i pokryta tynkiem cementowo-wapiennym jest wystarczającym zabezpieczeniem.

Drzwi należy zabezpieczyć blachą ołowianą o równoważniku Pb = 2.0 mm.