

Elementy dokumentacji technicznej pomieszczenia pracowni RTG, w którym będzie wykonywana działalność będąca przedmiotem wniosku, wskazujące na spełnienie warunków bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej

Autor opracowania: Katarzyna Doner

Lokalizacja:

**Akademia Wojsk Lądowych
im. gen. Tadeusza Kościuszki
ul. Czajkowskiego 109
51-147 Wrocław**

Katarzyna Doner
Inspektor Ochrony Radiologicznej
uprawnienia IOR-3, nr IOR/58/2018



Wrocław, 2024 r.

1. WSTĘP

1.1 CEL OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest określenie warunków bezpiecznej pracy z promieniowaniem jonizującym przy stosowaniu urządzenia wytwarzającego promieniowanie jonizujące w pracowni RTG z wydzieloną sterownią.

Opracowanie zawiera analizę zagrożenia i zasady prowadzenia pracy w pracowni, gdzie czynnikiem narażenia jest promieniowanie jonizujące pochodzące od lampy RTG. Podstawowym celem pracowni jest działalność dydaktyczna.

Niniejsze opracowanie uwzględnia aktualny stan prawny w zakresie ochrony radiologicznej działalności polegającej na stosowaniu promieniowania jonizującego w pracowni.

1.2 MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

Opracowania dokonano w oparciu o aktualnie obowiązujące przepisy prawne i normy:

1. Dokumentacja źródłowa – „PROJEKT OSŁON STAŁYCH - PRACOWNIA RENTGENOWSKA WYŻSZEJ SZKOŁY OFICERSKIEJ WOJSK LĄDOWYCH im. gen. T. Kościuszki we Wrocławiu, ul. Czajkowskiego 109; Aparat: SMART 200 firmy YXLON”, autor: Beata Ćwiklińska, maj 2017 r.
2. Ustawa z dnia 29 listopada 2000r. – Prawo atomowe wraz z aktami wykonawczymi
3. Dokumentacja projektowa – jednostka projektowa: Tecla sp. z o.o., ul. Daszyńskiego 3/6, 50-309 Wrocław
4. Dokumentacja projektowa - Archimmodicus s.j. Dariusz Fabjanowski, Grzegorz Kędzierski 50-323 Wrocław, ul. Kluczborska 13/1A; Przekrój D-D projekt osłon pracowni RTG

1.3 ZAŁOŻENIA DO PROJEKTU

LOKALIZACJA i ORGANIZACJA PRACY

Elementy istotne z punktu widzenia ochrony radiologicznej związane z lokalizacją Pracowni RTG:

Pracownia jest zlokalizowana na parterze niemieszkalnego budynku, wysokość pracowni – 3,30 m. Znajduje się ona w kompleksu pomieszczeń dydaktycznych o numerach 017-020:

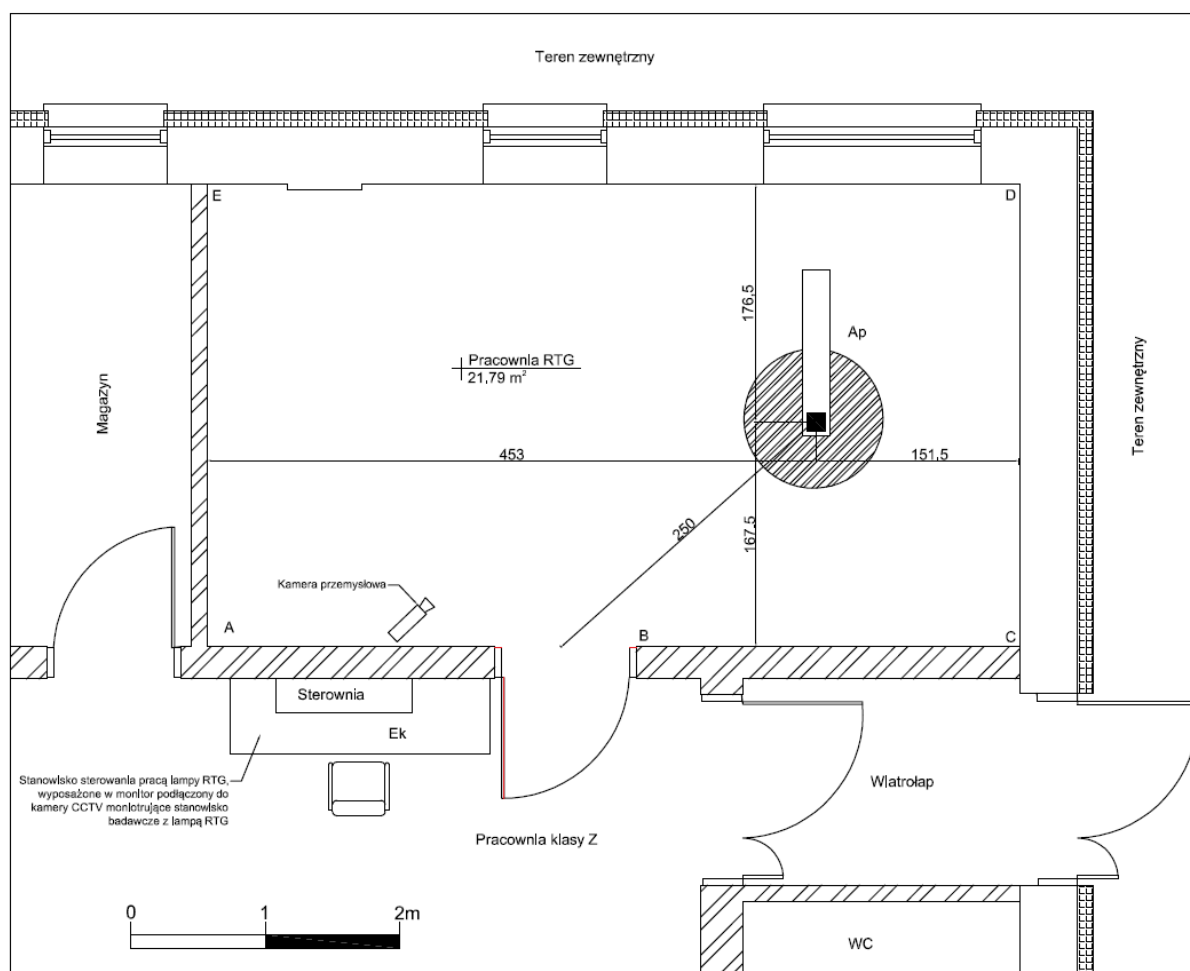
- Pomieszczenie 017 – Pomieszczenie pracowni izotopowej klasy Z o pow. 37,0 m², przeznaczona do pracy dla 12-16 osób (studenci), pomieszczenie posiada okna z

roletami zewnętrznymi; w pomieszczeniu tym wydzielona została sterownia pracowni RTG;

- Pomieszczenie 018 – Pomieszczenie RTG (defektoskopia), pow. 20,7 m², pomieszczenie posiada okna z roletami zewnętrznymi
- Pomieszczenie 019 – Pomieszczenie magazynu źródeł promieniotwórczych, pow. 6,8 m², pomieszczenie nie posiada okna (zamurowane), pomieszczenie wyposażone we wzmocnione drzwi z kontrolą dostępu;
- Pomieszczenie 020 – Pomieszczenie WC

Pracownia RTG sąsiaduje bezpośrednio z:

- pracownią izotopową klasy Z (od strony wejścia do pracowni RTG, pomieszczenie 017) będącą jednocześnie sterownią dla pracowni RTG;
- magazynem źródeł promieniotwórczych (na lewo od wejścia, pomieszczenie 019);
- wiatrołapem;
- terenem zewnętrznym (z dwóch stron – plac asfaltowy (od strony litej ściany), trawnik (od strony okien)).



Układ przestrzenny jest zgodny z wymogami ochrony przeciwpożarowej. Wszystkie elementy wyposażenia wewnętrznego wykonane będą z materiałów ognioodpornych. Obiekt zaliczony zostanie do kategorii zagrożenia ludzi ZL II w myśl *rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. z 2010 r. Nr 109 poz. 719)*. Obiekt mieści się w klasie odporności pożarowej „B”.

Lokalizacja pracowni zapobiega narażeniu na zalanie wodą.

Nad pracownią znajdują się pomieszczenia biurowe, pod pracownią znajduje się grunt.

Istniejące osłony stałe:

- Strop nad pracownią zbudowany jest następująco:

P2	STROP MIĘDZYKONDYGNACYJNY	
	warstwa wykończeniowa (płytki/kamień)	2 cm
	wylewka cementowa zbrojona siatka/jastrych	5 cm
	warstwa rozdzielająca - folia PE	
	styropian akustyczny, elastyczny	5 cm
	np. Austrotherm STK EPS T	
	strop żelbetowy gęstożebrowy istniejący	24 cm
	tynk wewnętrzny gipsowy *	1,5 cm

gęstość betonu 2100kg/m³

- Ściana pomiędzy pracownią a terenem zewnętrznym wykonana jest m. in. z materiału o gęstości 1900kg/m³ + tynk cementowo-wapienny (41 cm).

S1	ŚCIANA ZEWNĘTRZNA (system ETICS)	
	tynk zewnętrzny cienkowarstwowy strukturalny lub okładzina ceramiczna wg. elewacji	2 cm
	styropian fasadowy $\lambda \leq 0.038$ W/(mK), np. Austrotherm EPS 038 Fasada Super	16 cm
	istniejąca ściana z cegły pełnej	41 cm
	tynk wewnętrzny gipsowy *	1,5 cm

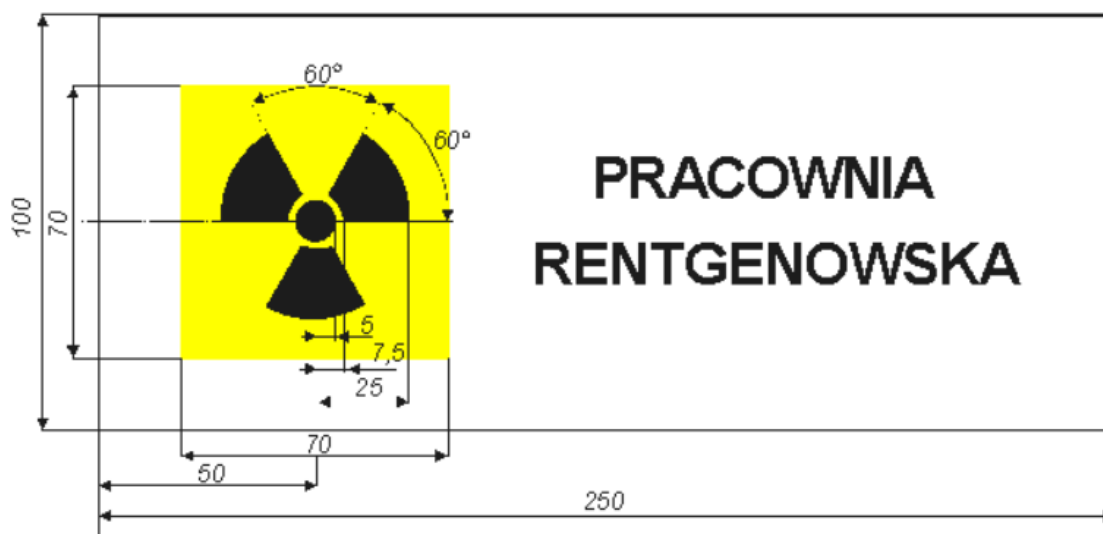
- Ściana pomiędzy pracownią RTG i magazynem wykonana jest m. in. z bloczków ceramicznych (cegła pełna) o gęstości 1600kg/m³ i grubości 12 cm.

W3	ŚCIANA WEWNĘTRZNA	
	tynk wewnętrzny gipsowy *	1,5 cm
	istniejąca ściana z bloczków ceram.	12 cm
	tynk wewnętrzny gipsowy *	1,5 cm

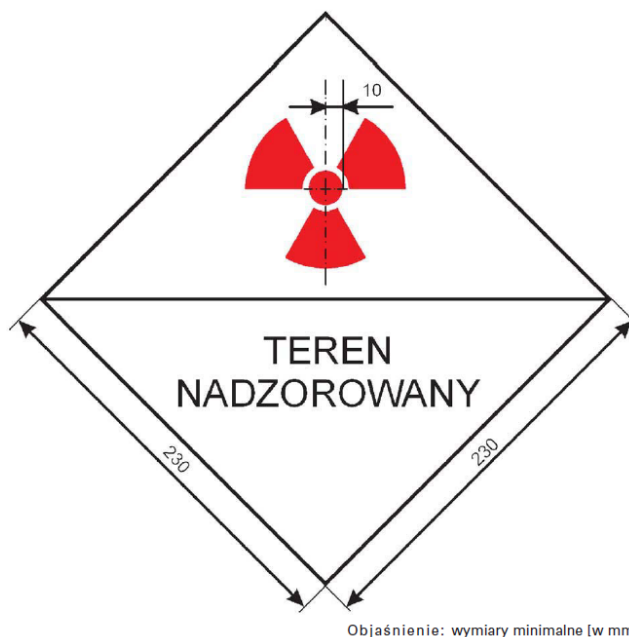
- Ściana pomiędzy pracownią RTG i wiatroląpem oraz pomiędzy pomieszczeniem 017 i 018 wykonana jest m. in. z materiału o gęstości 1600kg/m³ i grubości 24 cm (cegła pełna).

W2	ŚCIANA WEWNĘTRZNA	
	tynk wewnętrzny gipsowy *	1,5 cm
	istniejąca ściana z bloczków ceram.	24 cm
	tynk wewnętrzny gipsowy *	1,5 cm

Wejście do pracowni RTG jest oznaczone jest tablicą informacyjną, której wzór jest określony w załączniku nr 1 do rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 29 marca 2022 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego (Dz. U. z 2022, poz. 967).



Teren kompleksu pracowni RTG i pracowni izotopowej klasy Z z magazynem źródeł promieniotwórczych stanowi teren nadzorowany oznakowany zgodnie z załącznikiem 2 do rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 20 lutego 2007 r. w sprawie podstawowych wymagań dotyczących terenów kontrolowanych i nadzorowanych (Dz.U. 2007 nr 131 poz. 910 oraz Dz. U. z 2020 r. poz. 2303).



Teren ten objęty jest szczególnym nadzorem w celu ochrony przed promieniowaniem jonizującym i dostęp do niego jest ograniczony zastosowanymi środkami technicznymi.

Podłogi, ściany i instalacje przygotowane zostaną w sposób umożliwiający usunięcie powstałych na ich powierzchniach potencjalnych skażeń promieniotwórczych (łatwo zmywalne).

Zapewnia się wentylowanie mechaniczne pomieszczenia pracowni RTG odrębnym systemem wentylacyjnym umożliwiającym co najmniej 1,5-krotną wymianę powietrza w ciągu godziny. Budynek AWL jest budynkiem wolnostojącym bez podpiwniczenia. W otoczeniu zewnętrznym przylegającym bezpośrednio do pracowni rentgenowskiej nie znajduje się żadna zabudowa przeznaczona na pobyt stały.

1.4. WYTYCZNE BRANŻOWE

Wszelkie prace budowlane – instalacyjne należy prowadzić zgodnie z zasadami sztuki budowlanej. Poza tym przyjęto, że:

- wszystkie materiały budowlane i wykończeniowe zastosowane w pracowni muszą posiadać odpowiednią odporność ogniową,
- podłoga pokryta zostanie wykładziną homogeną gładką nienasiąkliwą zachodzącą łukiem na ściany,
- powierzchnie określone jako antyelektrostatyczne powinny posiadać rezystancje w zakresie $50 \text{ k}\Omega < R < 100 \text{ M}\Omega$,

- ściany i sufity będą pomalowane farbą zmywalną,
- wszystkie powierzchnie robocze oraz meble winny być pokryte materiałem gładkim, nienasiąkliwym i łatwo zmywalnym bez możliwości trwałego zabrudzenia.

1.5. INSTALACJA PRZECIWPOŻAROWA

Instalacje elektryczne będą zabezpieczone na wypadek pożaru wyłącznikami znajdującymi się na zewnątrz pracowni (wg ogólnych zasad) wyposażone będą w podstawowy sprzęt przeciwpożarowy zgodnie z obowiązującymi przepisami.

1.6 INSTALACJA ELEKTRYCZNA

Pomieszczenie zostanie wyposażone w instalację podtynkową dostosowaną do przewidywanego obciążenia. Osprzęt zewnętrzny będzie gładki, łatwy do dekontaminacji. Oświetlenie zgodne z normami obowiązującymi w laboratoriach konwencjonalnych.

1.7 ZABEZPIECZENIA

Wejście do kompleksu pracowni izotopowej klasy Z, magazynu i pracowni RTG po zakończeniu pracy zamykane będzie na klucz, dodatkowo wejście do magazynu wyposażono w drzwi pancerne dodatkowo zabezpieczane. Drzwi do szafy w magazynie źródeł promieniotwórczych będą zamykane na zamek.

2.0 OCHRONA RADIOLOGICZNA W PRACOWNI RTG

Dokumentacja pracowni zawierać będzie m. in.:

- 1) zezwolenie;
- 2) regulamin pracy, o którym mowa w Kodeksie pracy;
- 3) instrukcje pracy z urządzeniami wytwarzającymi promieniowanie jonizujące, ustalające szczegółowe postępowanie w zakresie ochrony radiologicznej dla każdego rodzaju wykonywanych prac;
- 4) zakładowy plan postępowania awaryjnego;
- 5) rejestr wyników pomiarów dozymetrycznych w środowisku pracy;
- 6) wykaz pracowników wykonujących pracę w pracowni, z podziałem na kategorie
- 7) instrukcje obsługi i świadectwa wzorcowania sprzętu dozymetrycznego;

Osoby biorące udział w pracach prowadzonych w pracowni wyposaża się w środki ochrony indywidualnej właściwe dla prowadzonych prac.

2.1 CHARAKTERYSTYKA APARATU RTG

Pracownia będzie wyposażona w aparat SMART 200 firmy YXLON.

Prąd lampy: zakres 0,5 -4,5 mA; regulacja co 0,1

Napięcie lampy: zakres 60-200 kV ; regulacja co 1

SMART System	160E/0.4	160E/1.5	160W	200
Typical applications/ Special benefits	- Designed for very short FFD e.g. aircraft industry - Especially suited for detection of small defects in radioscopic systems	- Suitable for inspection of composite materials, plastics and other easily penetrable materials in radioscopic systems	- Water cooling - Designed for very short FFD e.g. aircraft industry - Especially suited for detection of small defects	- Designed for medium-sized steel welds and thick aluminum parts
High voltage				
Adjustment range	10-160 kV	10-160 kV	10-160 kV	60-200 kV
Adjustment increments	1 kV/step	1 kV/step	1 kV/step	1 kV/step
Tube current				
Adjustment range	2.0-6.0 mA	2.0-6.0 mA	2.0-6.0 mA	0.5-4.5 mA
Adjustment increments	0.1 mA/step	0.1 mA/step	0.1 mA/step	0.1 mA/step
Max. power	640 W	960 W	640 W	900 W
Focal spot size				
acc. EN12543	1.0 mm	3.0 mm	1.0 mm	3.0 mm
acc. IEC 336	0.4	1.5	0.4	1.5
Beam angle	40° x 55° ¹	40° x 55° ¹	40° x 40°	40° x 55°
Inherent filtration	1 mm Be	1 mm Be	1 mm Be	1 mm Be
Additional filters	3 mm Al	3 mm Al	3 mm Al	3 mm Al
Duty cycle at P_{max}	70 % at 20 °C	50 % at 20 °C	100 % at 20 °C	100 % at 20 °C
Anode cooling	air	air	water, 5 l/min	air
Pointer available	no	no	yes	yes
Mechanical data				
Tube head:				
- Dimensions [mm] incl. hand rings (length x diameter)	667 x 284	667 x 284	606 x 295	670 x 295
- Weight [kg] incl. hand rings	23.0	23.0	21.5	26.5
Control unit:				
- Dimensions [mm] (w x h x d)	444 x 342 x 166	444 x 342 x 166	465 x 323 x 154	465 x 323 x 154
- Weight [kg]	10.5	10.5	11.3	11.3
Penetration	32 mm Fe	32 mm Fe	32 mm Fe	43 mm Fe

¹typical value

2.3. CHARAKTERYSTYKA WYKONYWANYCH PRAC W PRACOWNI RTG

- 1) Pracownia defektoskopii wykorzystywana będzie wyłącznie do celów dydaktycznych.
- 2) Maksymalne napięcie lampy i prąd lampy przedstawione zostały na zamieszczonym powyżej zdjęciu.

– parametry ekspozycji deklarowane przez użytkownika urządzenia to

- $U = 200 \text{ kV}$,
- $I = 4,5 \text{ mA}$,
- $t = 30 \text{ sek./zdjęcie}$;

– liczba ekspozycji, która będzie wykonywana w pracowni – 6 ekspozycje/tyg.

- 3) Maksymalne tygodniowe obciążenie lampy – 810 mAs przy założeniu do 6 ekspozycji w tygodniu.

- 4) Przyjmuje się, że w pracowni będzie wykonywane do 6 radiogramów w tygodniu.

$$It_0 = 6 \text{ ekspozycji/tydz.} \cdot 135 \text{ mAs/ekspozycja} = 810 \text{ mAs w ciągu tygodnia}$$

$$It_0 = 13,5 \text{ [mAmin./tydz.]}$$

$$It_0 \approx 0,23 \text{ [mAh /tydz.]}$$

Podczas ekspozycji wiązka pierwotna jest skolimowana, skierowana prostopadle do podłogi i nie generuje promieniowania poza wyznaczone pole. W kierunku ścian emitowane jest wyłącznie promieniowanie rozproszone.

3.0 DAWKI GRANICZNE I LIMITY DAWEK

Zgodnie z Załącznikiem nr 4 do ustawy Prawo atomowe dawka graniczna, wyrażona jako dawka skuteczna (efektywna) wynosi:

- 20 mSv/rok lub inaczej 0,4 mSv/tydzień – dla osób zatrudnionych w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące,
- 1 mSv/rok lub inaczej 0,02 mSv/tydzień – dla osób z ogółu ludności.

Równocześnie zgodnie z rozporządzeniem Rady Ministrów w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego zapisane jest dodatkowe ograniczenie dla otoczenia pracowni:

- Stopień osłabienia promieniowania jonizującego przez ściany zewnętrzne i stropy pracowni zapobiega otrzymaniu przez osoby z ogółu ludności w ciągu kolejnych 12 miesięcy dawki skutecznej (efektywnej) promieniowania jonizującego, związanej z prowadzeniem działalności z promieniowaniem jonizującym w pracowni, przekraczającej:

- 0,1 milisiwerta (mSv) w przypadku pracowni zlokalizowanej w budynku mieszkalnym albo w budynku zamieszkania zbiorowego,
- 0,3 milisiwerta (mSv) w przypadku pozostałych pracowni, z uwzględnieniem czasu narażenia tych osób, rodzaju prowadzonych w pracowni prac rodzaju stosowanych osłon.

W niniejszym opracowaniu przyjęto, że osoby pracujące w warunkach narażenia zawodowego w Pracowni RTG będą kwalifikowane tylko do kat. B.

Do obliczeń przyjęto następujące ograniczniki (limity użytkowe dawek):

Dla osób z ogółu ludności:

0,3 milisiwerta (mSv) = 0,006 mSv/tydz. = 0,000522 cGy/tydz.= 5,22 [μ Gy/tydz.], dla osób niezatrudnionych w pracowni AWL – osoby z ogółu ludności.

Dla pracowników pracujących w narażeniu na promieniowanie jonizujące:

5,0[mSv/rok] = 0,435 cGy/rok = 87 [μ Gy/tydz.]

W związku z tym, że w kompleksie pracowni dydaktycznych znajduje się również pracownia izotopowa klasy Z, ww. limity użytkowe dawek uwzględniają narażenie od wszystkich źródeł promieniowania.

4.0 OSŁONY PRACOWNI RTG

4.1 METODYKA OBLICZEŃ

Wzory zastosowane do obliczeń

- Czas narażenia na promieniowanie.

Czas (t) narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia należy obliczyć wg wzoru 1 (p.2.3 normy PN-86/J-80001)

$$t = T \cdot U \cdot t_0 \quad (\text{wzór 1}),$$

w którym:

Zgodnie z PN - 86/J – 80001 :

- współczynnik przebywania osób w osłanianym miejscu:

T = 1 dla miejsc stałego przebywania osób (miejsca ciągłej pracy, pomieszczenie mieszkalne, miejsca przeznaczone do zabaw dzieci)

T = 0,25 dla miejsc czasowo wykorzystywanych przez osoby (korytarz, WC, stołówki, palarnie)

T = 0,05 dla miejsc krótkiego czasu przebywania (ulice, place, klatki schodowe)

- współczynnik skierowania wiązki:

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

Dla osłon chroniących tylko przed promieniowaniem rozproszonym lub ubocznym przyjmuje się $U = 1$.

t_0 – maksymalny czas pracy źródła promieniowania w ciągu tygodnia na 1 zmianie

- Zredukowana moc dawki promieniowania rozproszonego przez tkankę lub wodę bez uwzględniania promieniowania ubocznego:

$$C_1 = D \times d^2 / t \times I \quad (\text{wzór 2})$$

gdzie:

C_1 - zredukowana moc dawki promieniowania rozproszonego przez tkankę lub wodę bez uwzględniania promieniowania ubocznego,

D - dawka tygodniowa określana przez dawki dopuszczalne dla osób należących do określonej kategorii narażenia,

d – najmniejsza odległość powierzchni materiału rozpraszającego promieniowanie wiązki głównej od miejsca osłanianego w określonych warunkach pracy aparatu rentgenowskiego,

t – tygodniowy czas narażenia na promieniowanie rozproszone w miejscu osłanianym,

I – nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej.

Wyznaczenie grubości osłony na podstawie wartości C_1 , zgodnie z p. 2.5.2.2. PN-86/J-80001, jest możliwe przy spełnieniu warunków:

$$l \geq 0,5\text{m}$$

$$f^2/s \geq 2$$

gdzie:

s – powierzchnia materiału rozpraszającego napromieniana wiązką główną,

f – odległość powierzchni rozpraszającej promieniowanie wiązki głównej od ogniska lampy rtg.

s – powierzchnia materiału rozpraszającego napromieniana wiązką główną,

f – odległość powierzchni rozpraszającej promieniowanie wiązki głównej od ogniska lampy rtg.

Dla aparatu przyjęto następujące parametry:

$$s = 35 \text{ cm} \times 35 \text{ cm} \Rightarrow 0,1225 \text{ m}^2$$

$$f = 65 \text{ cm} \Rightarrow 0,65 \text{ m}$$

W związku z tym warunek:

$$l \geq 0,5\text{m}$$

$$f^2/s \geq 2$$

został spełniony, ponieważ przyjmując powyższe parametry

$$f^2/s \approx 3,45.$$

Wniosek:

Spełniony został warunek korzystania z krzywych zależności grubości ołowiu od zredukowanej mocy dawki C1, o którym mowa w pkt. 2.5.2.2. Polskiej Normy PN-86/J-80001 – Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma.

4.2 OBLICZENIA OSŁON

Założenie. Osłona powinna w każdym swym miejscu zmniejszać moc dawki promieniowania co najmniej do przyjętej wartości (Polska Norma PN-86/J-80001 „Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych”).

PUNKT KONTROLNY – teren zewnętrzny (ściana z oknami, za ścianą trawnik)

Ściana zewnętrzna (z oknami) jest osłoną przed promieniowaniem rozproszonym. Oddziela pracownię RTG od terenu zewnętrznego (trawnik), gdzie sporadycznie mogą przebywać osoby z ogółu ludności (teren AWL).

Do obliczeń przyjęto:

$D = 5,22$ [$\mu\text{Gy}/\text{tydz.}$] za tą osłoną narażenie będzie pochodzić od jednego źródła (lampa RTG)

$d = 1,7$ m

$T = 0,05$ dla osób potencjalnie przebywających za ścianą – usytuowanie trawnika w bezpośrednim sąsiedztwie budynku nie pozwala na dłuższe przebywanie w tym miejscu (ogrodzony teren Akademii Wojsk Lądowych).

$U = 1$

$I t_0 = 0,23$ mA h/tydz.

$$C_1 = \frac{D \cdot d^2}{t_0 I \cdot U \cdot T} = \frac{5,22 \cdot 1,7^2}{0,23 \cdot 1 \cdot 0,05} = 1311,8 \left[\frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{mA} \cdot \text{h}} \right]$$

Zgodnie z rys. 3 normy PN-86/J-80001 im wyższa wartość C_1 tym mniejsza grubość ołowiu.

Dla tej samej grubości ołowiu im niższa wartość napięcia (U [kV]) tym mniejsza wartość C_1 .

Dokonano odczytu dla wartości 200 kV i wynosi ona:

0,3 mm ołowiu ($11,3 \text{ g}/\text{cm}^3$) dla $C_1 = 1311,8$ [$\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{h}$]

Dodatkowa osłona ściany zewnętrznej z oknami (za ścianą trawnik) nie jest wymagana.

Osłonność własna tej ściany wynosi minimum 4 mm Pb^{*}).

Okna w ścianie zewnętrznej osłonięte folią ołowianą o grubości 0,5 mm Pb (do wysokości min. 2 m mierząc od powierzchni gruntu) również stanowią wystarczającą osłonę.

PUNKT KONTROLNY – teren zewnętrzny (ściana lita, za ścianą utwardzony plac)

Ściana zewnętrzna (lita) jest osłoną przed promieniowaniem rozproszonym. Oddziela pracownię RTG od terenu zewnętrznego (utwardzony plac), gdzie mogą przebywać osoby z ogółu ludności (teren AWL).

Do obliczeń przyjęto:

$D = 5,22$ [$\mu\text{Gy}/\text{tydz.}$] za tą osłoną narażenie będzie pochodzić od jednego źródła (lampa RTG)

$d = 1,5$ m

$T = 0,25$ dla osób potencjalnie przebywających za ścianą – usytuowanie placu w bezpośrednim sąsiedztwie wejścia do budynku pozwala na przebywanie w tym miejscu żołnierzy AWL (ogrodzony teren Akademii Wojsk Lądowych).

$U = 1$

$I_{t_0} = 0,23$ mAh/tydz.

$$C_1 = \frac{D \cdot d^2}{t_0 I \cdot U \cdot T} = \frac{5,22 \cdot 1,5^2}{0,23 \cdot 1 \cdot 0,25} = 204,3 \left[\frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{mA} \cdot \text{h}} \right]$$

Zgodnie z rys. 3 normy PN-86/J-80001 im wyższa wartość C_1 tym mniejsza grubość ołowiu.

Dla tej samej grubości ołowiu im niższa wartość napięcia ($U[\text{kV}]$) tym mniejsza wartość C_1 .

Dokonano odczytu dla wartości 200 kV i wynosi ona:

0,7 mm ołowiu ($11,3 \text{ g}/\text{cm}^3$) dla $C_1 = 204,3$ [$\mu\text{Gym}^2/\text{mAh}$]

Dodatkowa osłona ściany zewnętrznej litej (za ścianą utwardzony plac) nie jest wymagana.

Oslonność własna tej ściany wynosi minimum 4 mm Pb^{*}).

PUNKT KONTROLNY – wiatrołap

Ściana wewnętrzna jest osłoną przed promieniowaniem rozproszonym. Oddziela pracownię RTG od wiatrołapu, gdzie mogą przebywać osoby z ogółu ludności (wejście do kompleksu pracowni RTG i Z budynku).

Do obliczeń przyjęto:

$D = 5,22/2$ [$\mu\text{Gy}/\text{tydz.}$] za tą osłoną narażenie będzie pochodzić od dwóch źródeł promieniowania (lampa RTG/ źródła zamknięte)

$d = 1,6$ m

$T = 0,25$ dla osób potencjalnie przebywających za ścianą – usytuowanie wiatrołapu i jego wielkość nie pozwala na dłuższe przebywanie osób w tym miejscu.

$U = 1$

$I t_0 = 0,23$ mAh/tydz.

$$C_1 = \frac{D \cdot d^2}{t_0 I \cdot U \cdot T} = \frac{5,22/2 \cdot 1,6^2}{0,23 \cdot 1 \cdot 0,25} = 116,2 \left[\frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{mA} \cdot \text{h}} \right]$$

Zgodnie z rys. 3 normy PN-86/J-80001 im wyższa wartość C_1 tym mniejsza grubość ołowiu.

Dla tej samej grubości ołowiu im niższa wartość napięcia ($U[\text{kV}]$) tym mniejsza wartość C_1 .

Dokonano odczytu dla wartości 200 kV i wynosi ona:

1,0 mm ołowiu ($11,3 \text{ g}/\text{cm}^3$) dla $C_1 = 116,2$ [$\mu\text{Gym}^2/\text{mAh}$]

Dodatkowa osłona ściany wewnętrznej (za ścianą wiatrołap) nie jest wymagana.

Oslonność własna tej ściany wynosi minimum 2 mm Pb^{*}).

PUNKT KONTROLNY – drzwi do pracowni RTG i ściana pomiędzy pomieszczeniem 017 i 018 (ściana oddzielająca pracownię izotopową klasy Z i pracownię RTG, sterownia)

Ściana wewnętrzna jest osłoną przed promieniowaniem rozproszonym. Oddziela pracownię RTG od pracowni izotopowej klasy Z, gdzie mogą przebywać osoby pracujące w narażeniu na promieniowanie jonizujące oraz studenci (za ww. ścianą znajduje się również sterownia pracowni RTG).

Do obliczeń przyjęto:

$D = 5,22/2$ [$\mu\text{Gy}/\text{tydz.}$] za tą osłoną narażenie będzie pochodzić od dwóch źródeł promieniowania (lampa RTG/ źródła zamknięte)**)

$d = 2,5$ m

$T = 1$ dla osób potencjalnie przebywających za ścianą – sterownia - stanowisko sterowania pracą lampy RTG, wyposażone w monitor podłączony do kamery CCTV monitorujące stanowisko badawcze z lampą RTG

$U = 1$

$I_{t_0} = 0,23$ mAh/tydz.

$$C_1 = \frac{D \cdot d^2}{t_0 I \cdot U \cdot T} = \frac{5,22/2 \cdot 2,5^2}{0,23 \cdot 1 \cdot 1} = 70,9 \left[\frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{mA} \cdot \text{h}} \right]$$

Zgodnie z rys. 3 normy PN-86/J-80001 im wyższa wartość C_1 tym mniejsza grubość ołowiu.

Dla tej samej grubości ołowiu im niższa wartość napięcia ($U[\text{kV}]$) tym mniejsza wartość C_1 .

Dokonano odczytu dla wartości 200 kV i wynosi ona:

1,8 mm ołowiu ($11,3 \text{ g}/\text{cm}^3$) dla $C_1 = 70,9$ [$\mu\text{Gym}^2/\text{mAh}$]

Dodatkowa osłona ściany wewnętrznej (za ścianą sterownia) nie jest wymagana.

Oslonność własna tej ściany wynosi minimum 2 mm Pb*).

Drzwi w ścianie o ekwiwalencji ołowiu 2 mm zapewniają wystarczającą ochronę przed promieniowaniem pochodzącym od lampy RTG.

PUNKT KONTROLNY – magazyn (ściana oddzielająca magazyn źródeł promieniotwórczych i pracownię RTG)

Ściana wewnętrzna jest osłoną przed promieniowaniem rozproszonym. Oddziela pracownię RTG od magazynu źródeł promieniotwórczych, gdzie mogą przebywać wyłącznie osoby pracujące w narażeniu na promieniowanie jonizujące. W magazynie nie będą przebywać żadne osoby z ogółu ludności, nie będą przebywać również studenci.

Do obliczeń przyjęto:

$D = 87/2$ [$\mu\text{Gy}/\text{tydz.}$] za tą osłoną narażenie będzie pochodzić od dwóch źródeł promieniowania (lampa RTG/ źródła zamknięte)

$d = 4,5$ m

$T = 0,25$ w magazynie źródeł promieniotwórczych brak stałego miejsca pracy – brak stanowiska pracy, przechowywane są tu zamknięte źródła promieniotwórcze, pracownik przebywa w magazynie wyłącznie w czasie pobierania/zwrotu źródeł z szafy.

$U = 1$

$I_{t_0} = 0,23$ mA $h/\text{tydz.}$

$$C_1 = \frac{D \cdot d^2}{t_0 I \cdot U \cdot T} = \frac{87/2 \cdot 4,5^2}{0,23 \cdot 1 \cdot 0,25} = 15319,6 \left[\frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{mA} \cdot \text{h}} \right]$$

Zgodnie z rys. 3 normy PN-86/J-80001 im wyższa wartość C_1 tym mniejsza grubość ołowiu.

Dla tej samej grubości ołowiu im niższa wartość napięcia ($U[\text{kV}]$) tym mniejsza wartość C_1 .

Dokonano odczytu dla wartości 200 kV i wynosi ona:

$\lll 0,1$ mm ołowiu ($11,3$ g/ cm^3) dla $C_1 = 15319,6$ [$\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{mA} \cdot \text{h}$]

Dodatkowa osłona ściany wewnętrznej (za ścianą magazyn) nie jest wymagana.

Osłonność własna tej ściany wynosi minimum 1 mm Pb^{*}).

PUNKT KONTROLNY – pomieszczenia powyżej pracowni (strop oddzielający pracownię RTG od pomieszczeń powyżej pracowni)

Strop górny jest osłoną przed promieniowaniem rozproszonym. Oddziela pracownię RTG od pomieszczeń, gdzie mogą przebywać osoby z ogółu ludności.

Do obliczeń przyjęto:

$D = 5,22/2$ [$\mu\text{Gy}/\text{tydz.}$] za tą osłoną narażenie będzie pochodzić od dwóch źródeł promieniowania z kompleksu dwóch pracowni (lampa RTG/ źródła zamknięte)

$d = 2,5$ m

$T = 1$

$U = 1$

$I t_0 = 0,23$ mA h/tydz.

$$C_1 = \frac{D \cdot d^2}{t_0 I \cdot U \cdot T} = \frac{5,22/2 \cdot 2,5^2}{0,23 \cdot 1 \cdot 1} = 70,9 \left[\frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{mA} \cdot \text{h}} \right]$$

Zgodnie z rys. 3 normy PN-86/J-80001 im wyższa wartość C_1 tym mniejsza grubość ołowiu.

Dla tej samej grubości ołowiu im niższa wartość napięcia ($U[\text{kV}]$) tym mniejsza wartość C_1 .

Dokonano odczytu dla wartości 200 kV i wynosi ona:

1,8 mm ołowiu ($11,3 \text{ g}/\text{cm}^3$) dla $C_1 = 70,9$ [$\mu\text{Gym}^2/\text{mAh}$]

Dodatkowa osłona stropu nie jest wymagana.

Oslonność własna stropu wynosi minimum 1,8 mm Pb^{*)}.

*) określono na podstawie tablic 7-9 normy PN-86/J-80001

**) w kompleksie pracowni RTG i pracowni izotopowej klasy Z zajęcia dydaktyczne w obu pracowniach nie będą odbywały się jednocześnie, ale pracownicy pracujący w narażeniu na promieniowanie jonizujące pracują w całym kompleksie dydaktycznym pracowni RTG i Z.