ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

Nr 98 Energetyka z.12 1964

Mgr inż. WŁADYSŁAW ŁUKASZEK

OSŁONY BIOLOGICZNE ŹRÓDEŁ PROMIENIOWANIA JĄDROWEGO

1. Wstęp

Szkodliwy wpływ promieniowania jądrowego na organizmy żywe znany był już z doświadczeń H.A. Becquerela przeprowadzonych w ostatnim dziesięcioleciu 19 w. Eksploatacja źródeł promieniowania jądrowego wymaga z reguły wyposażenia ich w osłony biologiczne. Szczególną uwagę na zagadnienia bezpieczeństwa zwrócono jednak w ostatnim 20-leciu w związku z pojawieniem się mocnych źródeł promieniowania jądrowego, jakimi są reaktory jądrowe.

Projekt osłony w zakres którego wchodzi między innymi dobór materiału i wyznaczenie wymiarów, stanowi zawiły problem inżynieryjny. Projekt uwzględniać musi wiele czynników, często przeciwstawnych, które należy pogodzić w pewnym dopuszczalnym ujęciu, zwykle dość odległym od rozwiązania optymalnego.

2. Materiały osłon biologicznych

Przy wyborze materiału osłony biologicznej bierze się pod uwagę wiele czynników wśród których dużą rolę odgrywają właściwości fizyczne i chemiczne. Z punktu widzenia skuteczności osłaniania przed rozmaitymi rodzajami promieniowania jądrowego, materiały osłon biologicznych podzielić można na trzy grupy:

a) pierwiastki ciężkie,
b) materiały wodorowe,
c) materiały zawierające bor.

Dość duże zastosowanie jako materiały osłon biologicznych posiadają betony i woda. Przez zastosowanie odpowiednich dodatków, beton obok właściwości materiału wodorowego uzyskuje również właściwości materiałów grupy a) i c). Betony speł-

niają również zadania materiału konstrukcyjnego, natomiast woda brana jest pod uwagę jako ważny materiał chłodzący i moderujący.

3. Źródła promieniowania jądrowego

Spotykane w praktyce źródła promieniowania jądrowego podzielić można na trzy grupy:

a) izotopowe,
b) akceleratorowe,
c) rozszczepieniowe.

Do grupy a) zalicza się naturalne źródła izotopowe, sztuczne źródła izotopowe oraz naturalne źródła neutronów oparte na reakcjach (α,n) lub (γ, n).

Ze względu na trajektorię przyspieszanej cząstki wyróżnia się dwie podgrupy akceleratorów: liniowe i kołowe. Najprostszym akceleratorem liniowym jest rurka rentgenowska.

Źródła rozszczepieniowe mogą być podzielone również na dwie podgrupy, a mianowicie na źródła z kontrolowaną i niekontrolowaną reakcją łańcuchową. Do podgrup tych należy odpowiednio reaktor jądrowy i bomba atomowa.

Ze względu na emisję wymienionych źródeł, jak również z uwagi na znaczenie dla zagadnień osłaniania, za podstawowe cząstki uważa się neutrony, fotony i elektrony.

4. Osłony biologiczne źródeł izotopowych

Źródła izotopowe o małych aktywnościach (rzędu mcurie) przeznaczone do neutralizacji ładunków elektrostatycznych, do zamontowania w instrumentach pomiarowych lub kontrolnych umieszczone są w powłokach lub kapsułach wykonanych ze szkła, aluminium, duralu, mosiądzu lub stali. Źródła fotoneutronów o przeznaczeniu badawczym posiadają kształt kulisty lub walcowy. Zewnętrzną powłokę tych źródeł wykonuje się z berylu.

Powłoki i kapsuły spełniają zwykle rolę filtrów promieniowania i w przypadku promieniowania γ lub neutronów bezpieczeństwo zapewniają kontenery wykonane z ołowiu, stali nierdzewnej lub żeliwa. Kontenery mogą być przeznaczone do transportu materiałów radioaktywnych, do przechowywania preparatów (kontenery medyczne), zbierania odpadów itp. Szczególnie ciężkie kontenery (o ciężarze 1 t lub więcej) z natu-

ralnym chłodzeniem (wodą lub powietrzem) przeznaczone są dla transportu źródeł większej mocy lub współpracują z danym urządzeniem reaktorowym, np. w zakresie wymiany elementów paliwowych. Do ciężkich zaliczyć można również kontenery stosowane w urządzeniach służących do wytwarzania sztucznych pól promieniowania γ.

Dość złożona jest budowa kontenerów dla źródeł (α, n). Na wyróżnienie w budowie zasługuje płaszcz ze stali lub żeliwa wypełniony parafiną, dobrze spowalniającą neutrony prędkie.

Dla prac z materiałami radioaktywnymi stosowane są przenośne komory hermetyczne obsługiwane przez osoby znajdujące się na zewnątrz. Komory takie wyposażone są w okna obserwacyjne i otwory dla założenia rękawic gumowych lub manipulatorów. Przenośne komory hermetyczne mają ściany wykonane zwykle ze stali, natomiast komory stacjonarne przeznaczone dla materiałów radioaktywnych o dużych aktywnościach wykonywane są z betonu. Komory stacjonarne wyposażone są w manipulatory. Okna obserwacyjne tych komór, złożone są z kilku płyt szkła ołowianego (dla uzyskania odpowiedniej grubości), ujętych w ramy żeliwne osadzane w betonie.

5. Osłony biologiczne akceleratorów

Osłonę diagnostycznych rurek rentgenowskich stanowi zwykle szczelny płaszcz, wykonany z ołowiu lub stali. Przestrzeń pomiędzy płaszczem i szklaną bańką rurki wypełniona jest czynnikiem chłodzącym (olej), który wzmacnia równocześnie osłonę biologiczną.

Podstawowymi materiałami stosowanymi na osłony akceleratorów jest woda, parafina lub beton. W cyklotronie MIT zastosowano osłonę zewnętrzną, złożoną z dużych zbiorników wypełnionych wodą, które mogą być przesuwane na specjalnych szynach. Osłonę wewnętrzną stanowią szczelnie ustawione skrzynki z parafiną. Osłonę cyklotronu ORNL wykonano z płyt betonowych. Akceleratory o dużych rozmiarach (np. kosmotron na 3 GeV w Brookhaven) prowadzi się zwykle w betonowym tunelu.

Szczelne osłanianie akceleratorów przeciwdziała możliwości rozpraszania promieniowania przez powietrze oraz przez ściany i pułap pomieszczenia.

6. Osłony biologiczne reaktorów jądrowych

W praktycznych przypadkach od osłon reaktorów jądrowych wymaga się przeciętnego osłabienia promieniowania rzędu 10^8 do 10^9, zarówno w stosunku do neutronów jak i w stosunku do promieniowania γ. Wymieniony zakres osłabienia odpowiada warstwie betonu o grubości około 2 do 3 m. Energie promieniowania wydzielające się w przedziałach osłony są z reguły zbyt duże i wymagają zastosowania chłodzenia osłony biologicznej względnie zastosowania osłony cieplnej.

Osłony stacjonarnych reaktorów wykonywane są z betonu lub wody. W reaktorze X-10 osłona biologiczna z betonu posiada grubość 213,5 cm. Strefa aktywna reaktora BSR jest zanurzona w basenie wodnym o ścianach z betonu.

Wymagania stawiane osłonom reaktorów stacjonarnych zaostrzają się w przypadku reaktorów przeznaczonych dla urządzeń ruchomych. Pomyślnie rozwiązano zagadnienie napędu jądrowego w transporcie morskim. Duże postępy osiągnięto również w lotnictwie. W doświadczeniach prowadzonych w Stanach Zjednoczonych w latach 1955 - 1957 wykorzystano samolot B-36H, który dostosowany został do doświadczeń po założeniu reaktora jądrowego. Najnowsze badania dotyczą zastosowania reaktora jądrowego do napędzania rakiet.