

TECHNIKA JĄDROWA	N O R M A B R A N Ż O W A	BN-88
	Urządzenia elektroniczne dla techniki jądrowej	3411-26
	Aparatura do kontroli stanu koszulek	
	elementów paliwowych reaktorów	
	jądrowych	
	Ogólne wymagania i metody badań	Grupa katalogowa 1830

BN-88/3411-26 (idt CT CƏB 5490-86)

PRZEDMOWA

Norma jest tłumaczeniem normy międzynarodowej CT CƏB 5490-86, z niezbędnymi zmianami redakcyjnymi nie naruszającymi zgodności merytorycznej obu tekstów.

Norma dotyczy aparatury stosowanej do kontroli stanu koszulek elementów paliwowych reaktorów (w dalszej części normy — aparatury) w czasie pracy i przestojów w elektrowniach, ciepłowniach i elektrociepłowniach jądrowych.

Aparatura ta jest stosowana do: wykrywania powstających w koszulkach elementów paliwowych wad, które powodują wyciek do czynnika wymiany ciepła radionuklidów z produktów rozszczepienia lub z paliwa jądrowego; obserwacji rozwoju tych wad; wykrywania kaset z wadliwymi elementami paliwowymi. W tym celu przy pomocy impulsowych systemów i urządzeń detekcyjnych przeprowadza się kontrolę aktywności właściwej czynnika wymiany ciepła w reaktorze oraz innych czynników technologicznych lub kontrolę zmian gęstości strumienia promieniowania jonizującego.

Norma branżowa nie dotyczy aparatury do kontroli w systemach bezpieczeństwa radiacyjnego i jądrowego w elektrowniach, ciepłowniach i elektrociepłowniach jądrowych.

Przedmowa oraz Informacje dodatkowe stanowią krajowe uzupełnienie treści normy CT CƏB 5490-86.

NORMA MIĘDZYNARODOWA CT CƏB 5490-86**1. Wymagania techniczne**

1.1. Aparatura powinna być wykonana zgodnie z CT CƏB 6122-87.

1.2. Aparatura powinna spełniać następujące podstawowe funkcje:

a) ciągłą kontrolę aktywności jednego lub grupy radionuklidów z produktów rozszczepienia w ciągach technologicznych obiegu pierwotnego albo kontrolę zmian gęstości strumienia promieniowania, które sygnalizują powstawanie lub zmiany przecieków radionuklidów z elementów paliwowych do czynnika wymiany ciepła w reaktorze,

b) okresową kontrolę aktywności poszczególnych radionuklidów z produktów rozszczepienia w czynniku wymiany ciepła w obiegu pierwotnym, która umożliwia uzyskiwanie informacji o stanie koszulek elementów paliwowych oraz o rodzajach występujących w nich wad,

c) uzyskiwanie informacji umożliwiających wykrywanie obszarów z wadliwymi elementami paliwowymi w aktywnej strefie działającego reaktora,

d) kontrolę kaset paliwowych po zatrzymaniu reaktora w celu wybrakowania kaset z wadliwymi elemen-

tami paliwowymi, w tym kontrolę z wykorzystaniem oprzyrządowania do pobierania i przygotowania próbek.

1.3. Aparatura służąca ww. funkcjom powinna zawierać:

a) urządzenia detekcyjne,

b) urządzenia do gromadzenia, przetwarzania i odtwarzania informacji dotyczących wstępnej i awaryjnej sygnalizacji,

c) urządzenia do sprawdzania gotowości do pracy aparatury kontrolnej.

1.4. Aparatura powinna być konstruowana dla konkretnego typu reaktora.

1.5. Aparatura może zawierać oprócz urządzeń pomiarowych inne urządzenia techniczne nie będące urządzeniami pomiarowymi.

1.6. Dla aparatury powinny być wyznaczone i znormalizowane następujące parametry i charakterystyki:

a) parametry wyjściowych sygnałów urządzeń detekcyjnych,

b) wykaz kontrolowanych radionuklidów i (lub) zakres energetyczny promieniowania jonizującego,

Zgłoszona przez Instytut Problemów Jądrowych
Ustanowiona przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki dnia 6 lipca 1988 r.
jako norma obowiązująca od dnia 1 stycznia 1989 r.
(Dz. Norm. i Miar nr 10/1988, poz. 25)

c) energetyczna zdolność rozdzielacza aparatury, w której skład wchodzi spektrometryczne urządzenia detekcyjne,

d) zakresy kontroli stanu koszulek elementów paliwowych,

e) czułość,

f) granica dopuszczalnego podstawowego błędu urządzeń pomiarowych i (lub) urządzeń technicznych,

g) dodatkowe błędy uwarunkowane odchyleniem wielkości wpływających od normalnego obszaru ich wartości,

h) szybkość pracy (dla zestawów urządzeń technicznych do kontroli ciągłej),

i) niestabilność (dla zestawów urządzeń technicznych do kontroli ciągłej),

j) czas ustalania się roboczych warunków pracy,

k) wartość sygnałów ostrzegawczych i awaryjnych (dla urządzeń technicznych do kontroli ciągłej),

l) odporność na oddziaływania mechaniczne i wytrzymałość na oddziaływania sejsmiczne,

ł) odporność na działanie narażeń klimatycznych,

m) parametry niezawodności,

n) odporność elektryczna.

1.7. Wartości parametrów i charakterystyk poszczególnych urządzeń technicznych wchodzących w skład aparatury powinny być wyznaczone dla każdego zestawu oddzielnie.

1.8. Podstawowymi parametrami wyjściowych sygnałów urządzeń detekcyjnych powinny być amplituda impulsu, czas trwania i narastania impulsu oraz biegunowość. Amplituda impulsu powinna być znormalizowana w woltach lub w woltach/dżul i wyznaczana na podstawie parametrów wejściowych danej aparatury rejestrującej i (lub) norm ustalających wartości amplitudy impulsu dla danych urządzeń detekcyjnych.

1.9. Rodzaj rejestrowanego promieniowania, wykaz kontrolowanych radionuklidów i energetyczny zakres rejestracji ustala się w zależności od metody zastosowanej do kontroli stanu koszulek elementów paliwowych i wykrywania kaset z wadliwymi elementami paliwowymi, przyjętej dla danego reaktora.

W wykazie kontrolowanych radionuklidów powinny znajdować się radionuklidy jodu.

Wartości dolnej i górnej granicy energetycznego zakresu pomiarowego w dżulach powinny być dobierane z dwójkowo-dziesiątego szeregu liczb:

$$\dots 10^i; 2 \cdot 10^i; \frac{10^{i+1}}{2}; 10^{i+1} \dots$$

gdzie i — liczba całkowita dodatnia lub ujemna.

Uwaga. Zakres energetyczny należy ustalić tylko dla urządzeń technicznych, których działanie jest oparte na rejestracji fizycznych wielkości promieniowania jonizującego.

1.10. Energetyczna zdolność rozdzielcza spektrometrycznej aparatury detekcyjnej lub zestawów urządzeń technicznych, zawierających taką aparaturę, powinna być wyznaczona w kiloelektronowoltach np. przy stosowaniu detektora półprzewodnikowego) lub w procentach od rejestrowanej energii (np. przy stosowaniu detektora scyntylacyjnego).

Przy tym powinna być wskazywana energia promieniowania, dla której wyznacza się zdolność rozdzielczą. Zależność między zdolnością rozdzielczą a zarejestrowaną energią, w razie konieczności, może być podana w tablicy lub w postaci funkcji analitycznej. Wyrażanie tej zależności w postaci wykresu jest niedopuszczalne.

Wartości energetycznej zdolności rozdzielczej dla poszczególnych urządzeń detekcyjnych powinny być określone w normach szczegółowych.

1.11. Do oceny stanu koszulek elementów paliwowych i wykrywania kaset z wadliwymi elementami paliwowymi są niezbędne następujące parametry:

a) czułość urządzeń technicznych wchodzących w skład aparatury kontrolującej stan koszulek elementów paliwowych, która powinna być wyrażana następująco:

$$\frac{\text{liczba zliczeń}}{s \cdot Bq}; \frac{\text{liczba zliczeń} \cdot m^3}{s \cdot Bq};$$

$$\frac{\text{liczba zliczeń}}{\text{cząsteczka } (\gamma\text{-kwant)}}; \frac{\text{liczba zliczeń} \cdot m^2}{\text{cząsteczka } (\gamma\text{-kwant)}};$$

b) wartości zakresów dopuszczalnego podstawowego błędu ($\Delta_{podst.}$) w %, które powinny być dobierane z rzędu liczb: 10, 15, 25, 40 i 60;

c) dolna granica zakresu pomiarowego aparatury, która powinna umożliwiać kontrolę aktywności właściwej radionuklidów lub gęstości strumienia promieniowania jonizującego dla czynnego reaktora rozpoczynając na poziomie określonym wartością projektową powierzchniowego zanieczyszczenia aktywnej strefy paliwem jądrowym. Górna granica zakresu kontroli powinna być co najmniej dwukrotnie wyższa od dopuszczalnych poziomów aktywności lub gęstości strumienia, ustalonych dla reaktora;

d) cały zakres kontroli, który może być podzielony na kilka podzakresów. Wartości górnych i dolnych granic zakresów i podzakresów kontroli w jednostkach przyjętych dla danego zestawu pomiarowego powinny być wybierane z szeregu liczb: $\dots 10^i, 2 \cdot 10^i, \frac{10^i + 1}{2}, 10^i + 1 \dots$

gdzie i — dowolna liczba całkowita dodatnia lub ujemna.

1.12. Dodatkowe błędy zestawów pomiarowych, w zależności od zmian wpływających wielkości, w zakresie pracy nie powinny przekraczać następujących części błędu podstawowego ($\Delta_{podst.}$):

a) $\pm 0,33$ — przy zmianie napięcia zasilania od -15 do $+10\%$;

b) $\pm 0,5$ — przy zmianie temperatury otoczenia z warunków normalnych na każde 10°C ;

c) $\pm 0,33$ — przy zmianie wilgotności;

d) $\pm 0,5$ — przy zmianie ciśnienia atmosferycznego.

1.13. Szybkość pracy zestawu pomiarowego do kontroli ciągłej nie powinna przekraczać 50 s. Jej wartość w sekundach należy wybrać z rzędu liczb: 1, 2, 5, 10, 20 i 50.

1.26.8. Zaleca się, aby zestawy pomiarowe do kontroli ciągłej zawierały rezerwowy kanał przetwarzania i odczytu danych.

1.27. Wszystkie urządzenia wchodzące w skład aparatury powinny zapewniać parametry normalnej pracy przy zasilaniu z jednofazowej sieci prądu zmiennego napięciem $220\text{ V }^{+10\%}_{-15\%}$ i (lub) z trójfazowej sieci $380/220\text{ V }^{+10\%}_{-15\%}$ o częstotliwości $50\text{ Hz } \pm 2\%$, współczynnika wyższych harmonicznych nie większym niż 5% , odchyleniu kąta fazy napięcia $\pm 5^\circ$.

1.28. Wytrzymałość elektryczna na prąd stały izolacji między korpusem a izolowanymi od niego elektrycznymi obwodami powinna być taka, aby wytrzymała w ciągu 1 min bez przebicia napięcia 1500 V (wartość skuteczna). Rezystancja izolacji powinna być nie mniejsza niż $10\text{ M}\Omega$.

1.29. Wymagania na przechowywanie i transport. Aparatura powinna być przechowywana i transportowana zgodnie z CT CЭB 1636-79.

Dopuszcza się transportowanie aparatury dowolnymi środkami, z wyjątkiem transportu lotniczego, przy temperaturze otoczenia od $+40$ do -40°C .

2. Metody badań

2.1. Zasady ogólne

2.1.1. Badania stanu koszułek i wykrywanie kaset z wadliwymi elementami paliwowymi przeprowadza się na podstawie wyników kontroli aktywności właściwej czynników technologicznych i gęstości strumienia promieniowania jonizującego za pomocą metod określonych indywidualnie dla każdego rodzaju reaktora.

2.1.2. Każdy komplet aparatury wykonujący jedną z głównych funkcji kontrolnych powinien być sprawdzony przed dostawą przez producenta wg 1.6.

2.1.3. Przy sprawdzaniu aparatury powinny być przestrzegane warunki pracy z radioaktywnymi substancjami, normy ochrony radiologicznej i przepisy pracy z urządzeniami elektrycznymi.

2.1.4. Przed sprawdzeniem parametrów i charakterystyk wg 1.6, cała aparatura kontrolna powinna być sprawdzona na zgodność z dokumentacją konstrukcyjną przez oględziny, porównania z rysunkami i schematami, sprawdzenie kompletności.

2.1.5. Do badań aparatury kontrolnej powinny być stosowane znormalizowane oprzyrządowanie i aparatura: stanowiska do badań na uszkodzenie w warunkach transportu i odporności na wibrację, komory klimatyczne, wagi, linijki, suwmiarki, generator, woltomierz cyfrowy, oscyloskop, miernik częstotliwości, watomierz i inne.

2.1.6. Badania aparatury powinny być wykonywane za pomocą wzorcowych zamkniętych źródeł promieniowania jonizującego.

Do sprawdzenia kompletów aparatury rejestrującej promieniowanie gamma i beta, wzorcowe źródła promieniowania jonizującego powinny być wybierane spośród następujących radionuklidów: sód — 22; potas — 42; kobalt — 57, 58 i 60; cynk — 65; itr — 88; stront — 90 + itr — 90; jod — 131; bar — 133; cez — 137; europ — 152 i 154; rtęć — 203.

Do sprawdzenia aparatury rejestrującej promieniowanie neutronowe powinny być użyte źródła promieniowania polon-berylowe.

2.1.7. Jeśli aparatura zawiera kontrolne źródła promieniowania jonizującego, to wykorzystywanie ich podczas prób jest dopuszczalne tylko wówczas, jeśli były one sprawdzone uprzednio za pomocą źródeł wzorcowych.

2.1.8. Błędy pomiarowe urządzeń, aparatów i przyrządów do mierzenia nie powinny przekroczyć $1/3$ zakresu dopuszczalnego błędu podstawowego sprawdzanej aparatury.

2.1.9. Podczas wszystkich badań, statystyczny błąd pomiaru nie powinien przekroczyć $0,1$ zakresu dopuszczalnego błędu podstawowego aparatury.

2.1.10. Wszystkie badania, jeśli nie ustalono inaczej, powinny być wykonane w warunkach normalnych wg CT CЭB 6122-87, po ustaleniu się roboczych warunków pracy.

2.1.11. Poszczególne rodzaje badań mogą być przeprowadzane jednocześnie, jeśli umożliwia to metodyka badań i oprzyrządowanie.

Kolejność badań, w razie konieczności, może ulec zmianie, ale badania klimatyczne powinny być jednak zawsze wykonywane przed mechanicznymi.

2.2. Badania podstawowych parametrów sygnałów wyjściowych urządzeń detekcyjnych. Podstawowe parametry sygnałów wyjściowych urządzeń detekcyjnych: biegunowość, amplituda, czas trwania i czas narastania są sprawdzane za pomocą kontroli wizualnej na oscyloskopie.

2.3. Badania energetycznej zdolności rozdzielczej urządzeń detekcyjnych i spektrometrów wchodzących w skład aparatury pomiarowej powinny być przeprowadzane wg CT CЭB 5053-85.

2.4. Badania czułości

2.4.1. Do badań powinny być użyte dwa wzorcowe źródła promieniowania różniące się między sobą pod względem aktywności $10 \div 100$ razy lub jedno źródło promieniowania usytuowane względem detektora w dwóch różnych położeniach geometrycznych tak, aby gęstość strumienia promieniowania skierowana od źródła na detektor różniła się $10 \div 100$ razy. Gęstości strumieni promieniowania M_1 i M_2 powinny być wstępnie zmierzone przyrządami wzorcowymi.

2.4.2. Ustala się częstość zliczeń (N_{i1}) i (N_{i2}) na jednostkę czasu (prędkość światła) dla dwóch źródeł promieniowania o aktywności A_1 i A_2 lub dwóch geometrycznych położeniach pomiaru. Dla n większego lub równego 10 takim pomiarom określa się średnią wartość częstości zliczeń (N_1) i (N_2) wg wzorów

$$N_1 = \frac{\sum_{i=1}^n N_{i1}}{n} \quad (1)$$

$$N_2 = \frac{\sum_{i=1}^n N_{i2}}{n} \quad (2)$$

2.4.3. Czulość określa się jako stosunek różnicy częstości zliczeń do różnicy aktywności źródeł $\left(\frac{\bar{N}_1 - \bar{N}_2}{A_1 - A_2}\right)$, tj. jako liczbę zliczeń na jednostkę aktywności lub jako stosunek różnicy częstości zliczeń do różnicy gęstości strumieni $\left(\frac{\bar{N}_1 - \bar{N}_2}{M_1 - M_2}\right)$.

2.4.4. Gdy czulość detektora zastosowanego w zestawie aparatury w istotnym stopniu zależy od energii promieniowania, ale nie jest on spektrometrycznym, to jego czulość określa się na podstawie kilku wzorcowych źródeł. Źródła te są dobierane tak, żeby otrzymywany zakres energii gamma-kwantów umożliwił zbudowanie krzywej zależności czulości od energii dla całego energetycznego zakresu.

2.4.5. Dla zestawu aparatury, w której skład wchodzi urządzenie spektrometryczne, określa się całkową nieliniowość wg CT CЭB 5053-85.

Uwaga. W realnych warunkach eksploatacji zestawu aparatury do kontroli ciągłej wg metod podanych w załączniku I zaleca się dokładnie określić czulość i wartość minimalnych rejestrowanych przez aparaturę zmian kontrolowanego parametru.

2.5. Badania składu kontrolowanych radionuklidów i (lub) kontrolowanego zakresu energetycznego promieniowania jonizującego

2.5.1. Sprawdzenie składu kontrolowanych radionuklidów obejmuje również kontrolę zakresu energetycznego. Przy tym za kontrolowany zakres energetyczny przyjmuje się minimalny zakres energii gamma-promieniowania, w którego skład wchodzi wszystkie podstawowe rodzaje energii gamma-kwantów objęte kontrolą.

2.5.2. Badania kontrolowanego energetycznego zakresu należy przeprowadzać wykorzystując wzorcowe źródła promieniowania gamma. W tym celu należy wybrać kilka źródeł, żeby ich energia gamma-kwantów znajdowała się na początku, w środku i na końcu kontrolowanego zakresu energetycznego.

2.5.3. Dla każdego wybranego wzorcowego źródła promieniowania pomiar częstości zliczeń należy przeprowadzić w położeniu geometrycznym, w którym sprawdzano czulość.

Na podstawie czulości i częstości zliczeń należy określić aktywność źródeł lub gęstość strumienia promieniowania i porównać wartości wyliczone ze znamionowymi.

2.5.4. Dla zestawu aparatury spektrometrycznej należy określić zakres energii rejestrowanego promieniowania wg CT CЭB 5053-85.

2.6. Określanie błędu podstawowego

2.6.1. Dla zestawów aparatury kontrolującej, z wyjątkiem spektrometrycznej, określenie błędu podstawowego pokrywa się ze sprawdzeniem czulości wg p. 2.4.

Błąd podstawowy ($\Delta_{podst.}$) w procentach określa się jako średnie kwadratowe odchylenie różnic $N_{i1} - N_{i2}$ otrzymanych przy i -tym pomiarze pierwszego i drugiego źródła od wartości $N_1 - N_2$ wg wzoru

$$\Delta_{podst.} = \frac{1}{N_1 - N_2} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(N_{i1} - N_{i2}) - (N_1 - N_2)]^2}{n - 1}} \cdot 100 \quad (3)$$

2.6.2. Dla zestawów aparatury spektrometrycznej błąd podstawowy należy określić wg CT CЭB 5053-85.

2.7. Sprawdzanie błędu dodatkowego

2.7.1. Do sprawdzenia błędu dodatkowego wystarczy jedno źródło, którego energia promieniowania leży w granicach kontrolowanego zakresu energetycznego.

W celu określenia dowolnego błędu dodatkowego należy określić częstość zliczeń N_0 od źródła wzorcowego w normalnych warunkach i częstość zliczeń N_i od tego samego źródła, w tym samym położeniu geometrycznym, przy jednej z granicznych wartości mierzono parametru.

Dodatkowy błąd ($\Delta_i \text{ dod.}$) w jednostkach względnych określa się wg wzoru

$$\Delta_i \text{ dod.} = \frac{N_i - N_0}{N_0} \quad (4)$$

2.7.2. Określenie błędu dodatkowego aparatury przy pomiarze napięcia zasilania elektrycznego przeprowadza się dla dopuszczalnych wartości napięcia 242 i 187 V.

2.7.3. Określanie błędu dodatkowego przy zmianie temperatury przeprowadza się dla krańcowych wartości (podwyższonej i obniżonej) temperatury.

Jeżeli urządzenia detekcyjne i rejestrujące, które wchodzi w skład zestawu urządzeń technicznych wykonujących jedną z funkcji kontrolnych muszą być zainstalowane w różnych pomieszczeniach, to błąd dodatkowy należy określić osobno dla urządzenia detekcyjnego (aparatura rejestrująca powinna znajdować się w normalnych warunkach) i dla aparatury rejestrującej (urządzenie detekcyjne powinno znajdować się w normalnych warunkach). W takim przypadku błąd dodatkowy zestawu urządzeń technicznych określa się jako sumę bezwzględnych wartości dwóch błędów.

2.7.4. Czas aklimatyzacji aparatury w każdej granicznej wartości temperatury przed pomiarem powinien wynosić nie mniej niż 2 h. Czas aklimatyzacji w normalnych warunkach przed rozpoczęciem pomiarów zmian temperatury powinien wynosić nie mniej niż 2 h.

2.7.5. Określanie błędu dodatkowego aparatury przy zmianie wilgotności i ciśnienia otaczającego środowiska przeprowadza się w odpowiednich komorach klimatycznych zgodnie z parametrami wg 1.24.1 i 1.24.2. Błąd dodatkowy należy określić oddzielnie dla urządzeń detekcyjnych i aparatury rejestrującej analogicznie jak w 2.7.3.

2.8. Sprawdzanie dolnej i górnej granicy zakresu kontroli

2.8.1. Do sprawdzania dolnej i górnej granicy zakresu kontroli należy wykorzystać dwa wzorcowe źródła promieniowania, których aktywności powinny odpowiadać — jedno — dolnej granicy zakresu kontroli, a drugie — górnej granicy zakresu kontroli z dokładnością do $\pm 10\%$ lub (w razie kontroli gęstości strumienia promieniowania jonizującego) należy w miejscu rozmieszczenia detektora wytworzyć strumienie promie-

niowania odpowiadające z dokładnością do $\pm 10\%$ górnej i dolnej granicy zakresu kontroli.

2.8.2. Przy pomocy aparatury należy określić aktywność tych źródeł lub odpowiednich gęstości strumienia, wykorzystując do tego celu wyniki pomiarów częstości zliczeń i wartość czułości aparatury. Następnie należy porównać otrzymane wyniki z danymi wg dokumentacji.

2.9. Sprawdzanie czasu ustalania się roboczych warunków pracy

2.9.1. Czas ustalania się roboczych warunków pracy sprawdza się za pomocą jednego źródła promieniowania.

2.9.2. Źródło promieniowania należy ustawić w położeniu, w którym częstość zliczeń odpowiada w przybliżeniu środkowi zakresu kontrolnego.

2.9.3. Częstość zliczeń N_0 należy sprawdzić po 1 h pracy aparatury.

2.9.4. Następnie aparaturę należy wyłączyć, nie zmieniając położenia źródła promieniowania.

2.9.5. Po upływie 4 h aparaturę należy ponownie włączyć i po ustaleniu się roboczych warunków pracy, ponownie zmierzyć częstość zliczeń N_1 . Wartość N_1 nie powinna różnić się od N_0 bardziej niż o wielkość błędu podstawowego.

2.10. Sprawdzanie stabilności pracy aparatury w czasie

2.10.1. Stabilność określa się za okres 24 h pracy ciągłej. W tym celu należy zmierzyć częstość zliczeń po upływie czasu ustalania się roboczych warunków pracy, wykorzystując wzorcowe lub kontrolne źródło promieniowania. Następnie należy 12 razy określać częstość zliczeń N_i co 2 h, przy niezmiennym położeniu źródła promieniowania.

2.10.2. Niestabilność aparatury (G) w jednostkach określa się wg wzoru

$$G = \frac{1}{\bar{N}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{13} (N_i - \bar{N})^2}{12}} \quad (5)$$

gdzie $\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^{13} N_i}{13}$.

2.11. Sprawdzanie szybkości pracy

2.11.1. Badanie przeprowadza się z jednym źródłem promieniowania, ale w dwóch położeniach geometrycznych, zapewniających gęstość strumienia promieniowania na detektorze, różniące się co najmniej dziesięciokrotnie.

Gęstość strumienia promieniowania zmienia się przemieszczając detektor lub zmieniając aperturę otworu kolimatora. Skokowe zmiany gęstości strumienia należy przeprowadzać za okres nie większy niż 0,1 wartości szybkości pracy.

2.11.2. Częstość zliczeń N_1 i N_2 mierzy się przy dwóch gęstościach strumienia (N_2 większe niż N_1) w ustalonych warunkach pracy.

2.11.3. Źródło promieniowania należy ustawić w położeniu odpowiadającym mniejszemu strumieniowi po ustaleniu częstości zliczeń N_1 . Następnie, skokowo zmieniając gęstość strumienia, zmierzyć odstęp czasu od

zmiany strumienia do osiągnięcia częstości zliczeń o wartości N , gdzie $N = N_1 + 0,63 (N_2 - N_1)$.

2.12. Sprawdzenie zadziałania sygnalizacji przy osiągnięciu założonych granicznych parametrów

2.12.1. Do badań stosuje się jedno lub dwa źródła. Przemieszczając źródło (źródła) promieniowania lub zmieniając aperturę otworu kolimatora uzyskuje się płynną zmianę gęstości strumienia promieniowania na detektor.

2.12.2. Granice zadziałania sygnalizacji są kolejno ustalane na 20, 50 i 80% górnej wartości każdego podzakresu kontroli.

2.12.3. Przez płynną zmianę gęstości strumienia promieniowania określa się częstość zliczeń, przy której ma zadziałać sygnalizacja przekroczenia wyznaczonego poziomu.

2.12.4. Wartość częstości zliczeń, przy których zadziała sygnalizacja nie powinna różnić się od ustalonych poziomów więcej niż o 10%.

2.13. Sprawdzanie wytrzymałości elektrycznej i rezystancji izolacji

2.13.1. Sprawdzanie wytrzymałości elektrycznej aparatury przeprowadza się prądem zmiennym o napięciu 1500 V (wartość skuteczna), podłączając napięcie między obudową aparatury a izolowane od niej dla prądu stałego układy elektryczne. Przy tym sprawdza się brak przebiegów elektrycznych w aparaturze.

2.13.2. Rezystancję izolacji sprawdza się megomierzem między tymi samymi punktami, do których podłączano napięcie wg 2.13.1, po zdjęciu tego napięcia.

2.14. Sprawdzanie na zgodność z wymaganiami konstrukcyjnymi przeprowadza się za pomocą oględzin zewnętrznych i porównania z rysunkami i schematami.

2.15. Sprawdzanie wytrzymałości i odporności aparatury na działanie mechaniczne

2.15.1. W razie niemożliwości sprawdzenia poszczególnych urządzeń i aparatów na wytrzymałość i odporność (np. z uwagi na ich wymiary gabarytowe lub masę), dopuszcza się potwierdzenie ich charakterystyk za pomocą obliczeń. Obliczenia przeprowadza się zakładając obciążenie urządzenia równoważnym obciążeniem statycznym.

2.15.2. Dopuszcza się sprawdzanie zestawu aparatury w częściach, jeżeli ustawienie go na stanowisku do badań wibracyjnych jest niemożliwe.

2.15.3. Dopuszcza się badania urządzeń detekcyjnych bez osłon przewidzianych w ich konstrukcji.

2.15.4. Badania wytrzymałości na wibracje przeprowadza się na dwuczęściowym stanowisku.

Badaną aparaturę należy ustawić i zamocować w położeniu roboczym. Następnie przez płynną zmianę częstotliwości określić częstotliwości rezonansowe w przyjętym dla aparatury zakresie 5 ÷ 35 Hz.

W razie wykrycia częstotliwości rezonansowych na każdej z nich przeprowadza się badania w ciągu 30 s. Ogólny czas badań nie powinien przekroczyć 10 min.

2.15.5. Podczas badań należy ustalić częstość zliczeń od wzorcowego lub wmontowanego kontrolnego źródła promieniowania i porównać z częstością zliczeń w normalnych warunkach.

2.15.6. Badania odporności na wstrząsy sejsmiczne są przeprowadzane za pomocą metody wahającej się częstotliwości lub za pomocą metody stałej częstotliwości ustalonych.

Przy wykorzystaniu pierwszej metody, badania przeprowadza się zmieniając w sposób ciągły częstotliwość w całym wyznaczonym zakresie. Szybkość zmian częstotliwości nie powinna być większa niż 2 Hz/min. Czas badań w jednym położeniu (poziomym lub pionowym) nie powinien być dłuższy niż 25 min.

Przy wykorzystaniu drugiej metody, częstotliwość zmienia się co 1 Hz w zakresie do 20 Hz oraz co 2 Hz w zakresie powyżej 20 ÷ 50 Hz. Czas badania na każdej częstotliwości nie powinien być krótszy niż 30 s. Czas badań w jednym położeniu — nie dłuższy niż 25 min.

Amplituda przyspieszenia podczas badań w położeniu pionowym powinna wynosić 70% amplitudy przyspieszenia w położeniu poziomym.

Po badaniach odporności na wstrząsy sejsmiczne należy sprawdzić wygląd zewnętrzny aparatury oraz utrzymanie czułości w założonych granicach.

2.16. Badania odporności aparatury na warunki transportu należy przeprowadzać w opakowaniu wg CT CЭB 6122-87.

2.17. Badania odporności aparatury na działanie niskich i wysokich temperatur przeprowadza się na zgodność z parametrami wg 1.25.

Czas stabilizowania końcowego po działaniu na aparaturę każdej z granicznych temperatur powinien wynosić co najmniej 4 h.

Po badaniach należy sprawdzić wygląd zewnętrzny i utrzymanie czułości w założonym zakresie.

2.18. Badania niezawodności. Średni zasób pracy między uszkodzeniami i przed uszkodzeniem oraz średnią operatywną pracochłonność obsługi i napraw określa się za pomocą metod analitycznych lub, na podstawie danych dotyczących awaryjności elementów aparatury kontrolnej lub na podstawie danych statystycznych dotyczących awaryjności analogicznej aparatury znajdującej się w eksploatacji.

Średnie zasoby pracy i średnie trwałości należy sprawdzić w procesie eksploatacji.

K O N I E C

Informacje dodatkowe

ZAŁĄCZNIK 1

METODY SPRAWDZANIA CZUŁOŚCI ZESTAWÓW URZĄDZEŃ TECHNICZNYCH I NAJNIŻSZEGO PROGU ZMIAN KONTROLOWANEGO PARAMETRU NA BADANYM OBIEKCIE

1. Metody sprawdzania czułości

Po zainstalowaniu zestawów urządzeń technicznych do kontroli ciągłej na badanym obiekcie należy określić wielkość minimalnych zmian kontrolowanego parametru, które charakteryzują stan strefy aktywnej i mogą być zarejestrowane za pomocą aparatury w znamionowych warunkach pracy reaktora.

W tym celu, stosując spektrometryczną aparaturę o wysokiej zdolności rozdzielczej i oprzyrządowanie do pobierania próbek kontrolowanych czynników w ciągach technologicznych, należy wyznaczyć czułość zestawów urządzeń technicznych do kontroli ciągłej.

Metody wyznaczania czułości dotyczą trzech podstawowych zestawów aparatury działającej na zasadzie:

a) kontroli aktywności (właściwej) jednego lub grupy radionuklidów z produktów rozszczepienia z możliwością aparaturowej kompensacji promieniowania tła od podstawowych produktów aktywacji czynników wymiany ciepła (sód — 24, potas — 42, azot — 16 i inne),

b) kontroli aktywności (właściwej) radionuklidów z produktów rozszczepienia bez możliwości kompensacji promieniowania tła od produktów aktywacji czynników wymiany ciepła,

c) rejestracji gęstości strumienia promieniowania jonizującego.

Dla wszystkich zestawów aparatury przed rozruchem reaktora należy określić częstość zliczeń N_I od kontrolnego źródła promieniowania znajdującego się w urzą-

dzeniu detekcyjnym. W tym celu źródło promieniowania należy ustawić w roboczym położeniu, tj. w położeniu, w którym przeprowadza się kontrolę ciągów technologicznych reaktora.

1.1. Metody sprawdzania czułości pierwszego podstawowego zestawu aparatury. Czułość m określa się wg wzoru

$$m = \frac{N - N_I - N_{tp}}{A} \quad (6)$$

gdzie:

N — zarejestrowana częstość zliczeń z uwzględnieniem aparaturowej kompensacji promieniowania tła,

N_{tp} — częstość zliczeń uwarunkowana promieniowaniem tła pomieszczenia, w którym zostało zainstalowane urządzenie detekcyjne,

A — kontrolowana aktywność środowiska w ciągach technologicznych reaktora w bekerelach.

W celu określenia N_{tp} należy zmierzyć za pomocą urządzenia detekcyjnego częstość zliczeń N_0 przy ustawionym kontrolnym źródle promieniowania i przy osłonięciu osłoną ołowianą detektora od kontrolowanego ciągu technologicznego.

$$\text{Wartość } N_{tp} = N_0 - N_I \quad (7)$$

Wartość aktywności A określa się za pomocą analizy spektrometrycznej próbek pobranych z kontrolowanych ciągów technologicznych.

Pomiary czułości wykonuje się co najmniej dziesięciokrotnie w początkowym okresie rozruchu reaktora po osiągnięciu kilku wartości mocy W_i (rzędu 50, 80 i 100% wartości nominalnej W_n). Na podstawie wyników tych pomiarów należy obliczyć średnią wartość m i średni kwadratowy błąd Δm , który uwzględnia również błąd kompensacji aktywności tła.

1.2. Metoda sprawdzania czułości aparatury drugiego podstawowego zestawu. Zależność między rejestrowaną częstością zliczeń N_i , czułością m i kontrolowaną aktywnością A_i przy zadanej mocy W_i reaktora określa się wg wzoru

$$N_i = mA_i + K_i \cdot N_{ip} + N_I \quad (8)$$

gdzie:

N_{ip} — wartość częstości zliczeń zależna od tła promieniowania produktów aktywacji czynnika wymiany ciepła i pomieszczenia, w którym znajduje się urządzenie detekcyjne,

K_i — współczynnik mocy reaktora

$$K_i = \frac{W_i}{W_n}$$

Dla danej aparatury zakłada się, że częstość zliczeń N_{ip} zależna od promieniowania tła jest proporcjonalna do mocy reaktora.

Czułość aparatury można określić tylko w razie zmiany N_i i A_i , przy nie zmienionych warunkach pracy reaktora lub przy zmianie wielkości A_i nieproporcjonalnej do zmian mocy reaktora.

Przy takim założeniu należy określić N_1 i N_2 oraz za pomocą analizy spektrometrycznej próbek pobranych z ciągów technologicznych reaktora A_1 i A_2 za pomocą W_1 i W_2 .

Czułość m należy określić wg wzoru

$$m = \frac{N_1 - N_I - \frac{W_1}{W_2} (N_2 - N_I)}{A_1 - \frac{W_1}{W_2} A_2} \quad (9)$$

Pomiary czułości przeprowadza się co najmniej pięciokrotnie dla różnych warunków i określa się m i Δm .

1.3. Metoda sprawdzania czułości trzeciego podstawowego zestawu aparatury. Dla trzeciego podstawowego zestawu aparatury przyjmuje się założenie, że pełny strumień promieniowania jonizującego w kontrolowanym zakresie M jest sumą dwóch strumieni: M_{at} — informującego o stanie strefy aktywnej i M_t — proporcjonalnego do mocy reaktora i zależnego od promieniowania produktów aktywacji oraz tła pomieszczenia, w którym zainstalowano urządzenie detekcyjne.

Wartość M_{at} przy określonej mocy reaktora W_i jest proporcjonalna do parametru P_i , charakteryzującego

stan elementów paliwowych w aktywnej strefie i określonego za pomocą analizy spektrometrycznej próbek pobranych z kontrolowanych ciągów technologicznych. W zależności od przyjętej metody kontroli stanu strefy aktywnej, takimi parametrami mogą być:

- współczynnik szybkości uwalniania się produktów rozszczepienia z pod koszulek elementów paliwowych,
- wielkość powierzchni paliwa, z której uwalniają się radionuklidy do czynnika wymiany ciepła,
- aktywność nuklidu (nuklidów) itp.

W przypadku proporcjonalności wybranego parametru, wyznaczanie wartości M_{at} nie jest wymagane, a zależność między rejestrowaną wartością zliczeń N_i , wartością parametru P_i oraz czułością wyznacza się wg wzoru

$$N_i = m \cdot P_i + K_i \cdot M_t + N_I \quad (10)$$

W przypadku gdy zmiany N_i i P_i nie są proporcjonalne do zmian mocy, wartość czułości należy wyznaczyć podobnie, jak dla drugiego podstawowego zestawu aparatury.

Dla dwóch pomiarów przy mocy W_1 i W_2 czułość należy obliczyć wg wzoru

$$m = \frac{N_i - N_I - \frac{W_1}{W_2} (N_2 - N_I)}{P_1 - \frac{W_1}{W_2} P_2} \quad (11)$$

Pomiary czułości należy wykonać co najmniej pięciokrotnie i określić m oraz Δm .

2. Wyznaczanie najmniejszej progowej wartości zmiany kontrolowanego parametru, która może być zarejestrowana za pomocą aparatury

Wartości kontrolowanych minimalnych progowych zmian aktywności ($A_{prog.}$) lub innego parametru ($P_{prog.}$) przyjętego do określenia stanu strefy aktywnej należy wyznaczyć na podstawie otrzymanej wartości czułości m , błędu obliczania czułości $\frac{\Delta m}{m}$, podstawowego błędu $\Delta_{podst.}$ i dodatkowych błędów $\Delta_{dod.}$ aparatury oraz statystycznego błędu pomiaru częstości zliczeń $\frac{\Delta N}{N}$ — wyrażonych w jednostkach względnych.

Błąd całkowity Δ_c w jednostkach względnych należy określić wg wzoru

$$\Delta_c = 3 \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \Delta_{podst.}^2 + \Delta_{dod.}^2 + \left(\frac{\Delta N}{N}\right)^2} \quad (12)$$

Wartości ($A_{prog.}$) i ($P_{prog.}$) należy określić wg wzoru

$$(A_{prog.}) (P_{prog.}) = \Delta_c \cdot m \quad (13)$$

WYKAZ SŁÓW DESKRYPTORÓW

budowa aparatury jądrowej, aparatura jądrowa, kontrola stanu koszulek, elementy paliwowe, reaktory jądrowe, elektrownie jądrowe, ciepłownie jądrowe, elektrownie ciepłownie jądrowe, wymagania techniczne, metody badań.

KONIEC NORMY MIĘDZYNARODOWEJ

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę — Instytut Problemów Jądrowych, Świerk k/Otwocka.

2. Normy międzynarodowe

RWPG СТ СЭВ 5053-85 Изделия ядерного приборостроения. Спектрометры энергии ионизирующих излучений. Методы измерения основных параметров

СТ СЭВ 5490-86 Изделия ядерного приборостроения. Аппаратура контроля состояния оболочек тепловыделяющих

элементов ядерных реакторов. Общие технические требования и методы испытаний — норма идентична.

СТ СЭВ 6122-87 Средства измерения и управления технологическими процессами. Общие технические требования и методы испытаний

3. Autor projektu normy — dr inż. Waldemar Kułyba — Instytut Problemów Jądrowych, Świerk k/Otwocka.