

**inż. Piotr Spinalski**

Studiował fizykę na Politechnice Warszawskiej. Pracuje w Biurze Komunikacji i Promocji NCBJ, gdzie zajmuje się upowszechnianiem wyników badań naukowców instytutu. piotr.spinalski@ncbj.gov.pl

APARATURA JĄDROWA W SŁUŻBIE BEZPIECZEŃSTWU

Wszelka aparatura wykorzystująca promieniowanie jest kojarzona przede wszystkim z ogromnymi wymogami bezpieczeństwa. Jednak urządzenia, takie jak akceleratory, detektory czy nawet reaktory jądrowe, mogą służyć jego poprawie.



Piotr Spinalski

Narodowe Centrum Badań Jądrowych
w Świerku

Instytut w Świerku od samego początku istnienia zajmował się budową akceleratorów, detektorów, a także rozwijaniem metod analizy uzyskiwanych z nich danych. Pierwsze komercyjne akceleratory powstały tu już w latach 70. ubiegłego wieku, a niektóre z nich pracują do dziś. Choć urządzenia te są utożsamiane głównie z działalnością naukową, tak jak największy na świecie kompleks akceleratorowy LHC w CERN, ta technologia jest upowszechniona również w przemyśle czy medycynie. Jeden z obszarów, w których jest wykorzystywana, to kontrola przewożonych towarów, by zwiększyć bezpieczeństwo. Jedyny polski badawczy reaktor jądrowy MARIA także ma swój udział w zagadnieniach związanych z bezpieczeństwem, choć być może nie bezpośrednio. Badania prowadzone w reaktorze pomagają bowiem ocenić bezpieczeństwo stosowanych materiałów konstrukcyj-

nych w instalacjach jądrowych, gdzie są one narażone na działanie ekstremalnych warunków.

Rentgenowska mądra głowa

Gdy zbliżamy się do terenu ośrodka jądrowego w Świerku, oprócz najbliższych budynków i odległego komina wentylacyjnego reaktora uwagę zwraca stojący nieopodal parkingu niewielki morski kontener. Kryje się w nim zaprojektowany przez zespół naukowców, inżynierów i konstruktorów z Departamentu Aparatury i Technik Jądrowych NCBJ pierwszy na świecie mobilny skaner pojazdów SOWA. W dachu konstrukcji jest umiejscowiona lampa rentgenowska, a w ścianach i podłodze układ detektorów, które pozwalają na przechwycenie przechodzącego przez badany obiekt promieniowania i zobrazowanie w czasie rzeczywistym najmniejszych detali skanowanego pojazdu, wielkości ułamków milimetra. Dodatkowe oprogramowanie pozwala nadać odrębny kolor podejrzanym elementom czy też je wyostrzyć, więc wynik skanowania może być natychmiast analizowany. Prześwietlenie całego samochodu przesuwanego zdalnie trwa zaledwie kilka minut, kierowca nie jest narażony na działanie promieniowania. Urządzenie było projektowane dla urzędów celnych, straży granicznej, wojska i innych służb ochrony, może również znaleźć zastosowanie w kontrolach bezpieczeństwa i badaniach technicznych pojazdów. Bardzo duża dokładność skanowania umożliwia dostrzeżenie niewielkich ukrytych przedmiotów, modyfikacji i uszkodzeń elementów technicznych. Cały system jest zbudowany na bazie kontenera morskiego, może być więc łatwo przewożony.

Fot. 1, 2
Skaner pojazdów SOWA pozwala na prześwietlenie samochodów, by wykryć w nich przemycane przedmioty lub uszkodzenia techniczne, oraz natychmiastowe analizowanie otrzymanych danych

Na straży granic

Innym rozwiązaniem opracowanym w NCBJ niestraszne są nawet ładunki o dużo większych gabarytach, takie jak kontenery morskie i lotnicze czy wagony kolejowe. Do tego typu zadań jest przeznaczony Polski System Kontroli Cargo CANIS, poprzednik systemu SOWA. Sercem całego urządzenia jest specjalny akcelerator elektronów, w którym przez wyhamowanie na tarczy powstaje wiązka promieniowania rentgenowskiego o dużej energii, znacznie wyższej niż np. w przypadku rentgenowskich aparatów medycznych. Dzięki temu promieniowanie jest dużo bardziej przenikliwe, co pozwala na całkowite prześwietlenie konstrukcji i towarów w ładunkach wielkogabarytowych. Unikatową właściwością akceleratora napędzającego system CANIS jest możliwość naprzemiennego wytwarzania wiązki o dwóch różnych energiach. Prześwietlenie tego typu umożliwia dokładniejszą identyfikację materiałów o różnej gęstości. Istnieje kilku producentów na świecie potrafiących tworzyć taką aparaturę, a specjaliści z Zakładu Aparatury Jądrowej NCBJ są jednymi z nich. Użyte w systemie CANIS



NCBJ (2)

ACADEMIA BADANIA W TOKU Fizyka jądrowa

rozwiązania pozwalają na zmianę energii wiązki nawet tysiąc razy w ciągu sekundy, a można prześwietlać płynnie np. jadące wagony kolejowe. Polski System Kontroli Cargo został skomercjalizowany przy współpracy ze spółką PID Polska i obecnie takie urządzenie dba o bezpieczeństwo na jednym z granicznych przejść kolejowych, kontrolując wagony przyjeżdżające spoza Unii Europejskiej. System CANIS został również doceniony i nagrodzony w 2022 roku statuetką „Teraz Polska” w kategorii „Innowacje”.

Fot. 3
System nieinwazyjnej inspekcji kontenerów C-BORD podczas testów w Gdańsku



Fot. 4
System CANIS prześwietla wagony kolejowe wjeżdżające na teren Unii Europejskiej



Fot. 5
Mobilne urządzenie ISWOT, wykorzystujące fotony rozpraszane wstecznie, pozwala na wykrywanie osób ukrytych w pojazdach ciężarowych



Naukowcy NCBJ brali także udział w opracowaniu metod szybkiej i nieinwazyjnej inspekcji kontenerów w portach i na lądowych przejściach granicznych w ramach projektu C-BORD. System ten integruje pięć różnych metod – zarówno fizycznych, jak i chemicznych – sprawdzania zawartości ładunków. Rozwiązanie wykorzystuje neutrony, promieniowanie gamma, przemysłowy skaner rentgenowski, bramki do wykrywania izotopów promieniotwórczych, a nawet układ do chemicznej analizy składu powietrza. W NCBJ opracowano system detekcji, poszukujący charakterystycznych sygnałów pochodzących z neutronów i promieniowania gamma. Testy systemu C-BORD przeprowadzono w portach kontenerowych w Gdańsku i Rotterdamie, a także na Węgrzech, w drogowym punkcie kontrolnym. System okazał się skuteczny pod względem wykrywania oraz przyjazny w użyciu dla obsługujących go inspektorów.

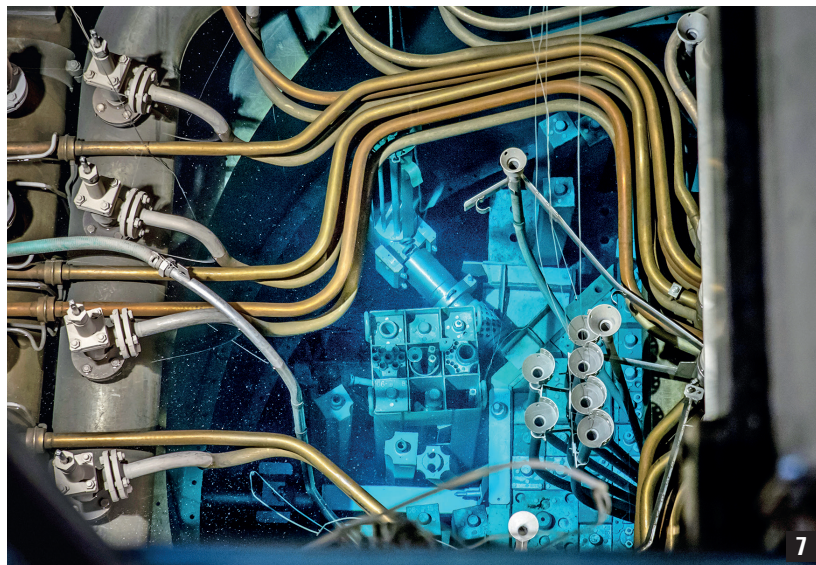
Fotony! W tył zwrot!

Większa część procedur wykorzystujących promieniowanie rentgenowskie odbywa się metodą transmisyjną. Po jednej stronie znajduje się źródło, które omiata badany obiekt wiązką promieniowania, a po drugiej są umieszczone detektory, które wylapują fotony przechodzące przez obiekt i pozwalają interpretować uzyskany sygnał pod kątem właściwości prześwietlanych przedmiotów. Takie rozwiązanie jest skuteczne, jednak wymaga oddzielnych modułów – źródła i detektora, a zatem więcej miejsca, by skanować obiekt z dwóch stron. Alternatywą może być wykorzystanie zjawiska tzw. rozpraszania wstecznego (ang. *backscattering*). W tym rozwiązaniu generowane cząstki lub promieniowanie odbijają się w kierunku, z którego pochodziły. W ten sposób zarówno źródło promieniowania, jak i zbierające je detektory mogą być umieszczone w tym samym punkcie i wystarczy dostęp do badanego przedmiotu z jego jednej strony.

Takie urządzenie opracowali naukowcy z Departamentu Aparatury i Technik Jądrowych NCBJ, tworząc mobilny skaner do poszukiwania osób ukrytych w pojazdach. Możliwości urządzenia pozwalają na wykorzystanie go także do innych badań, np. do prześwietlania kompozytowych elementów lotniczych w poszukiwaniu nagromadzonej wody. Dodatkową innowacją w tej konstrukcji było zastosowanie unikatowej metody kolimacji *spinning (flying) line* zamiast tradycyjnej kolimacji punktowej (*flying spot*). Nowa metoda wykorzystuje cały wycinek płaszczyzny, dzięki czemu źródło promieniowania może być mniej intensywne, gdyż jest efektywniej użyte, co ma duże znaczenie w urządzeniu do wykrywania ludzi. Sam aparat składa się z elektrycznego wózka z podnośnikiem, głowicy mającej źródło promieniowania z ruchomym kolimatorem, zestawu detektorów scyntylacyjnych



NCBJ (2)



oraz komputera operatora z oprogramowaniem pozwalającym na bezprzewodowe sterowanie procesem skanowania. Kontynuacją projektu ma być system skanowania z wykorzystaniem zjawiska rozpraszania wstecznego o jeszcze większej mobilności, gdyż będzie umieszczony we wnętrzu samochodu dostawczego.

Reaktorowe podróże w czasie

Badania nad szeroko rozumianą poprawą bezpieczeństwa nie są w NCBJ jedynie domeną specjalistów od akceleratorów i systemów detekcyjnych. Naukowcy pracujący przy znajdującym się tutaj jedynym w Polsce badawczym reaktorze jądrowym MARIA również mogą pochwalić się osiągnięciami w tej dziedzinie. W rdzeniu MARIII poza tarczami do produkcji radioizotopów można umieszczać także inne materiały i analizować, jak wpływa na nie promieniowanie neutronowe. W ostatnich latach tego typu badania były prowadzone pod kątem elementów mających znaleźć zastosowanie w przyszłych instalacjach jądrowych, a nawet termojądrowych. Wyjątkową cechą badawczego reaktora jądrowego MARIA jest bardzo intensywny strumień neutronów w rdzeniu, o kilka rzędów wielkości większy niż w reaktorach energetycznych, generatorach neutronów lub źródłach izotopowych. Materiały umieszczone w gęstym strumieniu neutronów odbywają niemalże podróż w czasie – w trakcie zaledwie kilku tygodni czy miesięcy doświadczają warunków, które odpowiadają pracy w typowym reaktorze jądrowym przez całe lata, a nawet dekady. W ten sposób naukowcy mogą zaobserwować, jak takie elementy zachowują się pod wpływem długotrwałego wystawienia na ekstremalne warunki i jakie zniszczenia w nich powstają. A to one, zwłaszcza te w materiałach konstrukcyjnych instalacji jądrowych bądź termojądrowych, są istotnym zagadnieniem w analizach bezpieczeństwa takich urządzeń.

Dużym sukcesem w tej dziedzinie była stworzona w ramach projektu GoHTR i zaprojektowana od podstaw przez naukowców z Zakładu Badań Reaktorowych NCBJ sonda wysokotemperaturowa ISHTAR (Irradiation System for High Temperature Reactors). Jak wskazuje nazwa, miała ona służyć do napromieniania próbek elementów konstrukcyjnych reaktora wysokotemperaturowego chłodzonego gazem (HTGR). Konstrukcja sondy pozwoliła na uzyskanie w niej temperatury nawet 1000 st. C w atmosferze helowej, czyli warunków, które panują w reaktorze wysokotemperaturowym. Sonda z powodzeniem spędziła kilka cykli napromieniania w rdzeniu reaktora, a materiały z jej wnętrza są dalej analizowane.

Badania z użyciem sond termostatycznych nie ograniczają się wyłącznie do reaktorów jądrowych. Do rdzenia MARIII trafiła również sonda MAKARONI, która zawierała komponenty urządzenia IFMIF-DONES, przeznaczone do naświetlenia i przebadania. Urządzenie to powstaje w Granadzie w Hiszpanii i pozwoli na ostateczne testowanie elementów pierwszej na świecie elektrowni termojądrowej DEMO, następcy powstającego obecnie urządzenia badawczego ITER. Zaprojektowana sonda jest o tyle wyjątkowa, że pozwala uzyskać równocześnie trzy różne temperatury pracy, od 300 do 550 st. C. Było to jednocześnie pionierskie w regionie wykorzystanie druku 3D w technologii jądrowej. Program sond termostatycznych nadal jest rozwijany i został już doceniony, m.in. odznakami „Za Zasługi dla Wynalazczości”, które otrzymali ich twórcy.

Choć konstruowanie i obsługiwanie aparatury jądrowej różnego rodzaju wymaga specjalistycznej wiedzy technicznej, jej wkład w poprawę bezpieczeństwa jest widoczny i doceniany, a sama aparatura nie jest tak straszna i tajemnicza, jak jest to czasami przedstawiane. ■

Fot. 6

Manipulator wciągający kapsułę wysokotemperaturową ISHTAR do komory gorącej

Fot. 7

Widok na rdzeń reaktora badawczego MARIA i jego elementy, w których można umieszczać materiały do napromieniania

Chcesz wiedzieć więcej?

Airport Passenger Screening Using Backscatter X-Ray Machines: Compliance with Standards, 2015, <https://doi.org/10.17226/21710>.

Jaskóła M., Czosnyka T., Kielsznia R., Kuliński S., Pachan M., Prac J., Pławski E., Zimek Z., *Fizyka i technika akceleratorowa w rozwoju Instytutu Badań Jądrowych, a następnie IPI, IChTJ i ŚLCJ UW, „Postępy Techniki Jądrowej”, 2005, z. 2.*

<https://www.ncbj.gov.pl/badawczy-reaktor-jadrowy-maria>.