

SYSTEMY DETEKCJI SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH OPRACOWANE W INSTYTUCIE CHEMII I TECHNIKI JĄDROWEJ

Adrian Jakowiuk, Jan Pieńkos, Ewa Kowalska, Łukasz Modzelewski

Wstęp

Planowana w Polsce budowa elektrowni jądrowej [EJ] wymaga od nas szerokiego spojrzenia na problemy związane z ochroną radiologiczną. Jest to dziedzina bardzo ważna nie tylko z punktu widzenia zdrowia i bezpieczeństwa pracy pracowników, ale także z punktu widzenia ogółu społeczeństwa, które powinno być informowane o zagrożeniach związanych z eksploatacją EJ.

Obecnie większość profesjonalnej aparatury dozymetrycznej dostępnej na rynku polskim jest opracowywana i produkowana za granicą. Dobrze by było, aby stosowana w polskiej EJ aparatura, jak i systemy pomiarowe zostały opracowane oraz produkowane przez polskie przedsiębiorstwa. Wychodząc naprzeciw temu zadaniu w Instytucie Chemii i Techniki Jądrowej prowadzone są prace nad opracowaniem szeregu urządzeń, które mogą zostać zastosowane w systemach ochrony radiologicznej elektrowni jądrowej i jej otoczenia.

Laboratorium Technik Jądrowych

Instytut Chemii i Techniki Jądrowej [ChTJ] jest jednostką prowadzącą w kraju w pełnym zakresie badania naukowe i prace rozwojowe w dziedzinach radiochemii, chemii jądrowej, chemii radiacyjnej i jądrowej inżynierii chemicznej [fot. 1]. Tematyka badawcza instytutu obejmuje ponadto zastosowanie technik jądrowych w przemyśle, ochronie środowiska, oraz ochronie dziedzictwa kulturowego. [1]

Częścią IChTJ jest Laboratorium Technik Jądrowych [LTJ] w którym opracowywane są m.in. urządzenia, koncentrujące się na praktycznym zastosowaniu promieniowania jądrowego. Powstają tutaj projekty i konstrukcje nowatorskich urządzeń wykorzystywanych w nauce, przemyśle oraz medycynie [2, 3]. Są to między innymi mierniki stężenia radonu oraz jego produktów rozpadu stosowane w górnictwie, bramki dozymetryczne przeznaczone do pomiaru całego ciała, dłoń, stóp i odzieży oraz urządzenia służące do ciągłego monitoringu tła promieniowania, sondy radiometryczne przeznaczone do pomiarów terenowych i przemysłowych, mierniki zapylenia powietrza stosowane w ochronie środowiska, liczniki



Fot.1. Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, budynek Centrum Radiochemii i Chemii Jądrowej

ni i analizatory promieniowania gamma stosowane w medycynie i ochronie środowiska oraz analizatory fluorescencyjne służące między innymi do analizy składu chemicznego materiałów. W Laboratorium prowadzone są także prace badawcze i rozwojowe w dziedzinie inżynierii procesowej, badań diagnostycznych obiektów technologicznych oraz aparatury badawczo pomiarowej z zastosowaniem metod jądrowych i izotopów promieniotwórczych.

Wymagania dotyczące detekcji skażeń promieniotwórczych w obiektach jądrowych

W trakcie eksploatacji obiektów jądrowych, jak również w obiektach, w których wykorzystywane są źródła promieniotwórcze, bardzo ważnym zagadnieniem jest system ochrony radiologicznej, którego zadaniem jest zapewnienie bezpieczeństwa pracy zarówno pracownikom jak i ogółowi społeczeństwa przebywającego w pobliżu obiektu jądrowego. W ramach ochrony radiologicznej dokonywane są pomiary poziomu promieniowania zarówno wewnątrz jak i na zewnątrz obiektu. Kontroli pod kątem skażenia materiałami promieniotwórczymi poddawane są także osoby wchodzące i wychodzące z obszaru kontrolowanego.

Przeprowadzane w ramach działań ochrony radiologicznej pomiary można podzielić na następujące grupy:

- monitoring dawki promieniowania na terenie obiektu. Zakres pomiarów dozymetrycznych w środowisku pracy obejmuje pomiar mocy dawki oraz określenie rodzaju promieniowania z podziałem na wartość mocy dawki pochodzącej od promieniowania gamma i promieniowania neutronowego, określenie widma energetycznego promieniowania, a w przypadku ryzyka rozprzestrzeniania się skażeń promieniotwórczych, również pomiar stężeń radionuklidów w powietrzu i osadzonych na powierzchni. Przepisy prawne regulujące wymagania dotyczące monitoringu promieniowania na terenach kontrolowanych obiektów jądrowych zawarte są w:
 - Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 20 lutego 2007 r. w sprawie podstawowych wymagań dotyczących terenów kontrolowanych i nadzorowanych [Dz. U. nr 131, poz. 910].
 - Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie planów postępowania awaryjnego w przypadku zdarzeń radiacyjnych [Dz. U. nr 20, poz. 169].
 - Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących sprzętu dozymetrycznego [Dz. U. nr 239, poz. 2032].
- monitoring dawki otrzymanej przez pracowników. Zgodnie z istniejącymi przepisami wszyscy pracownicy mający dostęp do stref kontrolowanych powinni być poddani stałej kontroli dozymetrycznej w celu sprawdzenia stopnia ich narażenia na promieniowanie jonizujące. Szczegółowe przepisy dotyczące niezbędnych informacji jak i warunków pomiarów zawarte są w:
 - Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 23 marca 2007 r. w sprawie wymagań dotyczących rejestracji dawek indywidualnych [Dz. U. nr 131, poz. 913].
- pomiary skażenia osób wchodzących i wychodzących z terenu kontrolowanego. Pomiary te powinny być przeprowadzane wszędzie tam, gdzie istnieje kontrolowana, istnieje możliwość wystąpienia skażenia materiałami promieniotwórczymi. Identyfikacji i kontroli powinny być tam poddawane wszystkie osoby wchodzące i wychodzące z terenu obiektu kontrolowanego. Szczegółowe informacje znajdują się w:
 - Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 20 lutego 2007 r. w sprawie podstawowych wymagań dotyczących terenów kontrolowanych i nadzorowanych [Dz. U. nr 131, poz. 910].
- pomiary promieniowania emitowanego bezpośrednio przez obiekt. Dokonywane powinny być pomiary promieniowania gamma na granicach obiektu jądrowego wewnątrz ogrodzenia terenu zewnętrznego strefy kontrolowanej. W zakres tych pomiarów wchodzi także pomiary ścieków i badania powietrza usuwanego z obiektu. Przepisy prawne regulujące wymagania dotyczące monitoringu promieniowania wokół terenów kontrolowanych obiektów jądrowych zawarte są między innymi w:
 - Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 20 lutego 2007 r. w sprawie podstawowych wymagań dotyczących te-

renów kontrolowanych i nadzorowanych [Dz. U. nr 131, poz. 910].

- Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie planów postępowania awaryjnego w przypadku zdarzeń radiacyjnych [Dz. U. nr 20, poz. 169].
- Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących sprzętu dozymetrycznego [Dz. U. nr 239, poz. 2032].

Urządzenia opracowane
w Laboratorium Technik Jądrowych

Bramka Dozymetryczna Całego Ciała DSP-15



Fot. 2. Bramka dozymetryczna całego ciała

Bramka Dozymetryczna Całego Ciała (fot. 2) ma zastosowanie w ośrodkach produkcyjnych i laboratoriach stosujących izotopy promieniotwórcze. Przeznaczona jest do szybkiego pomiaru skażenia pracowników wchodzących bądź wychodzących z terenu objętego kontrolą dozymetryczną.

Pomiar skażenia alfa, beta i gamma dłoni, stóp, oraz odzieży dokonywany jest przez 15 sond detekcyjnych typu SGi09 odpowiednio rozmieszczonych w bramce. Każda

z sond SG-09 zawiera 6 liczników okienkowych GM typu "pancake". Bramka wyposażona jest dodatkowo w lokalny monitor umieszczony w pomieszczeniu inspektora ochrony ułatwiający kontrolę skażenia. Przedstawia on na wyświetlaczu stan bramki oraz wyniki ostatnio wykonanego pomiaru.

Bramka może być zaprogramowana do kontroli wejścia i wyjścia z terenu objętego kontrolą skażenia, kontroli tylko wyjścia lub bez obowiązkowej kontroli. Wyniki każdego pomiaru wysyłane są do lokalnego monitora oraz do zewnętrznego komputera sieci monitoringu. W przypadku wykrycia skażenia, pokazywane jest miejsce skażenia na lokalnym wyświetlaczu bramki, uruchamiany jest alarm akustyczny oraz wysyłany jest sygnał blokowania wejścia i wyjścia. Podobnie w przypadku niedozwolonego przejścia przez bramkę uruchamiany jest alarm i blokowane jest wyjście. Kierunek przejścia przez bramkę wykrywany jest automatycznie. Kontrolę i rejestrację pracowników przechodzących przez bramkę zapewnia czytnik indywidualnych kart zbliżeniowych typu UNIQUE posiadających niepowtarzający się piętnastocyfrowy kod.

Stanowisko Dozymetryczne SD-09G



Fot.3. Stanowisko dozymetryczne SD-09G

Stanowisko dozymetryczne SD-09G (fot. 3) służy do szybkiej kontroli i pomiaru powierzchniowych skażeń rąk i obuwi izotopami alfa, beta i gamma promieniotwórczymi u osób znajdujących się na terenie objętym kontrolą dozymetryczną. Stanowisko wyposażone jest w cztery sondy z licznikami okienkowymi GM typu "pancake". Stanowisko dozymetryczne SD-09G jest urządzeniem autonomicznym wyposażonym w mikrokomputer, zasilanym z sieci 230 V / 50Hz.

Do kontroli pozycji rąk zainstalowane są czujniki oświetlane przez diody emitujące modulowane promieniowanie podczerwone. Zapewnia to niewrażliwość na inne źródła podczerwieni np. żarówki oświetleniowych, grzejników itp. Rozpoczęcie pomiaru inicjowane jest przez zasłonięcie wszystkich czujników przez osobę poddawaną kontroli, po czym przez stanięcie w miejscu wyznaczonym na podłodze przy rzedu i położenie dłoni na pulpicie rąk. Pomiar sygnalizowany jest akustycznie odpowiednim komunikatem. Czujniki muszą być zasłonięte przez cały czas trwania pomiaru; w przypadku odsłonięcia któregoś czujnika następuje przerwanie pomiaru i sygnalizowany jest błąd. Po prawidłowo wykonanym pomiarze, wyświetlany jest wynik w imp/sek. Następny pomiar możliwy jest po opuszczeniu stanowiska przez osobę kontrolowaną odsłonięcie wszystkich czujników. Zarejestrowane wyniki mogą być przesyłane do zewnętrznego komputera. Programowanie miernika i ustawianie parametrów pomiaru odbywa się za pomocą klawiatury. Informacje i instrukcje o przebiegu pomiaru są wyświetlane na wyświetlaczu oraz sygnalizowane akustycznie za pomocą głośnika.

Mobilna Bramka Dozymetryczna



Fot.4. Mobilna bramka

Mobilna Bramka Dozymetryczna (fot. 4) jest urządzeniem służącym do ciągłego monitoringu promieniowania w miejscu, gdzie występuje zagrożenie, gdzie mieszczone są liczne grupy ludności (dworce, lotniska, metro), a także tam gdzie istnieje możliwość skażenia substancjami promieniotwórczymi.

Mobilna Bramka Dozymetryczna jest urządzeniem autonomicznym, które może pracować w sieci. Wiele takich bramek połączonych ze sobą i ze stanowiskiem operatora. Bramka jest zaopatrzona we własne źródło zasilania celem zapewnienia jej mobilności. Zapewnia zdalne przekazywanie informacji do centrum nadzoru o występującym zwiększeniu tła promieniowania. Może zostać wyposażona w analizator wielokanałowy, który pozwala ocenić rodzaj wykrytego promieniowania i izotopu promieniotwórczego.

Działanie Bramki Dozymetrycznej polega na ciągłym pomiarze wielkości tła promieniowania. W przypadku jego wzrostu zostaje przesłany komunikat do komputera sterującego osoby odpowiedzialnej za monitoring oraz włączony jest alarm dźwiękowy i świetlny.

Zestaw do Radiometrii Przemysłowej



Fot. 5. Zestaw do Radiometrii Przemysłowej

Zestaw do radiometrii przemysłowej (fot. 5) jest urządzeniem przeznaczonym do pomiarów promieniowania jonizującego w warunkach przemysłowych i terenowych. Składa się z sond scyntylacyjnych [4], z których sygnały są zbierane i przetwarzane przez dedykowane oprogramowanie. Sondy posiadają wbudowany akumulator oraz wyposażone są w system do bezprzewodowej komunikacji z jednostką centralną. Zarządzanie sondami, odbywa się z wykorzystaniem laptopa przemysłowego lub PDA. Dedykowane oprogramowanie oprócz sterowania pracą sond zapewnia odbieranie, przetwarzanie i przechowywanie wyników pomiarów.

Komunikacja za pomocą sieci WiFi pomiędzy sondą pomiarową a komputerem centralnym odbywa się gdy odległość pomiędzy nimi nie przekracza 300 m. W przypadku, gdy odległość pomiędzy nimi jest większa, wówczas stosowana jest komunikacja GSM wykorzystująca dostęp do Internetu dzięki wykorzystaniu sieci telefonii komórkowej. W takim przypadku wyniki pomiarów są przesyłane bezpośrednio do Internetu i mogą być prezentowane w dowolnym miejscu. Dane za pośrednictwem łącza GSM mogą być też przesyłane do jednostki centralnej komputera. Gdy sonda pomiarowa znajduje się w miejscach, w których nie jest możliwe użycie komunikacji bezprzewodowej sonda może komunikować się za pomocą przewodowego łącza szeregowego RS485.

Jednostka centralna (komputer PC) wyposażona w moduł komunikacji WiFi oraz w dostęp do sieci Internet, a także w odpowiednie oprogramowanie sprawuje nadzór nad systemem monitoringu (programowanie sond pomiarowych) oraz umożliwia prezentację wyników pomiarów. Dane mogą być magazynowane w internetowej bazie danych (BD), jak i na komputerze (PC).

Projekt Zestawu do Radiometrii Przemysłowej jak i Mobilnej Bramki Dozymetrycznej współfinansowany został przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach projektu „Nowa generacja inteligentnych urządzeń radiometrycznych z bezprzewodową teletransmisją informacji” (UDA-FOIG.01.03.01-14-065/08)

Podsumowanie

Zaprezentowany przegląd aparatury opracowanej i wykonanej w Laboratorium Technik Jądrowych pokazuje, że Instytut Chemii i Techniki Jądrowej posiada odpowiedni potencjał naukowy jak i doświadczenie praktyczne w projektowaniu i konstrukcji aparatury dozymetrycznej. Aparatura ta jest wciąż modernizowana, wraz ze zmieniającymi się wymaganiami ochrony radiologicznej, jak i wraz ze zmianami technologii produkcji detektorów czy też postępem w dziedzinie informatyki w zakresie przetwarzania i analizy wyników pomiarów.

Ostatnia kompleksowa modernizacja urządzeń do pomiarów promieniowania została przeprowadzona w latach 2009-2012. Dotyczyła ona między innymi zastosowania najnowszych detektorów, wprowadzenia kontroli i sterowania przebiegiem pomiaru jak i opracowania nowego systemu przesyłania i prezentacji wyników pomiarów. Aparatura ta znalazła zastosowanie między innymi w Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Świerku i bramki dozymetryczne całego ciała w reaktorze Maria oraz w Ośrodku Radioizotopów POLATOM.

W 2013 r. Instytut Chemii i Techniki Jądrowej podjął współpracę z Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej oraz firmą energetyczną EDF Polska S.A. w celu przygotowania zintegrowanego systemu ochrony radiologicznej dla obiektów jądrowych, który mógłby być zastosowany w polskiej elektrowni jądrowej.

mgr inż. Adrian Jakowiuk,
mgr inż. Jan Pieńkos,
mgr inż. Ewa Kowalska,
mgr inż. Łukasz Modzelewski,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa

Literatura

- [1] Jan Pluta, Praca zbiorowa, Fizyka i technika jądrowa w okręgu warszawskim Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2013
- [2] B. Machaj J. Mirowicz, J. Świstowski, J. Pieńkos. Nowe urządzenia do pomiaru promieniowania i kontroli zagrożenia. Materiały sympozjum „Technika Jądrowa w Przemśle, Medycynie, Rolnictwie i Ochronie Środowiska” Kraków, wrzesień 2005r.
- [3] P. Urbański i inni Portable instrument for acquisition and processing data from radiometric experiments in field and industrial conditions. Proceedings. Tracers and Tracing Methods, June 2004, Issued by Institute of Nuclear Chemistry and Technology, Warszawa 2004.
- [4] A. Jakowiuk et al. The radiometric probes for industrial measuring systems. Annual Report 2011, Institute of Nuclear Chemistry and Technology.