

# REAKTOR MARIA WIDZIANY W 2004 ROKU Z PERSPEKTYWY TRZYDZIESTOLECIA JEGO EKSPLOATACJI

## *Reactor MARIA as seen in 2004 after thirty years of operation*

Wacław Dąbek

Artykuł przedstawia nieznaną lub mało znane informacje dotyczące projektowania i budowy polskiego uniwersalnego, wysokostrumieniowego reaktora badawczego o mocy ok. 30 MW w Instytucie Badań Jądrowych (IBJ) w Świerku. W ramach prowadzenia prac projektowych zbudowano dwa zestawy krytyczne do badania rdzeni reaktorów. W artykule przytoczono niezwykle trudne na owe czasy problemy, które musiał rozwiązać IBJ w związku z konstrukcją tak nietypowego obiektu docelowego. Zgodnie z harmonogramem w połowie grudnia 1974 r. przeprowadzono doświadczenie krytyczne reaktora, któremu nadano imię MARIA. Artykuł został napisany przez doc. Wacława Dąbka zmarłego w 2014 r. byłego zastępcy dyrektora IBJ ds. energetyki.

The paper describes generally unknown works connected with the design and construction of a new, general purpose high-flux research reactor of 30 MW power in Institute of Nuclear Research (INR) at Swierk. In a frame of design two critical assemblies were constructed for testing of reactor cores. The paper describes unusual difficult problem at those times to be solved by INR staff in a connection with construction of such no usual object. According to schedule in December 1974 critical experiment of the new reactor, named MARIA has been carried out. The paper was written by Mr. Wacław Dąbek, former deputy director of INR, who passed away in 2014.

**Słowa kluczowe:** reaktor MARIA, projekt reaktora MARIA, budowa reaktora MARIA

**Key words:** reactor MARIA, design of MARIA, construction of MARIA reactor

Problematyką reaktorową Instytut Badań Jądrowych (IBJ) zajmował się od czasów swojego powstania. Już w 1955 r. w Warszawie na ul. Panieńskiej zbudowano grafitowy zestaw wykładniczy z wykorzystaniem wyprodukowanego w Polsce „prawie” jądrowo czystego grafitu, który może jeszcze przetrwać do obecnych czasów. Jako ciekawostkę można podać, że zapewne doc. Cyryl Dąbrowski mierzył długość dyfuzji w betonowych płytach chodnikowych. Już wtedy pertraktowano z ZSRR w sprawie zakupu reaktora jądrowego do badań naukowych, co zostało zrealizowane i taki reaktor został uruchomiony w 1958 r. otrzymując nazwę EWA. Pierwsza ekipa eksploatacyjna została przeszkolona w ZSRR. W czasie długiej eksploatacji po dwukrotnym zwiększeniu mocy i wymianie paliwa reaktor ten pracował na mocy 10 MW do 1995 r.

Krótko po uruchomieniu pierwszego reaktora rozpoczęto prace projektowe drugiego reaktora wysokostrumieniowego, uniwersalnego o mocy ok. 30 MW. Najpierw skoncentrowano się na projektowaniu reaktora grafitowo-wodnego ze wzbogaconym paliwem, opierając się o konstrukcję reaktora RFT pracującego w Instytucie im. I. Kurczatowa w Moskwie. W wyniku działalności projektowo-konstrukcyjnej i konsultacji w Moskwie powstał najpierw zestaw krytyczny ANNA projektowanego reaktora, który został uruchomiony

w 1963 r. Równolegle w Instytucie Badań Jądrowych (IBJ) w Zakładzie (XI) Eksploatacji Reaktora EWA w 1963 r. zbudowano basenowo-wodny reaktor o mocy zerowej na paliwo EK-10, jak się okazało mogący pracować na mocy do 1 kW. Nadawał on się do pracy również jako reaktor uniwersytecki. W tym też roku 1963 uruchomiono grafitowy podkrytyczny zestaw wykładniczy HELENA z uranem naturalnym.

Projektując reaktor wysokostrumieniowy należało mieć założenia jak ten reaktor będzie wykorzystywany i jacy będą jego przyszli użytkownicy. Dlatego też w 1964 r. opracowano szczegółowy program prac na reaktorach jądrowych w IBJ, co było również podstawą dla ówczesnych władz do podjęcia decyzji o budowie drugiego reaktora w Polsce. W 1965 r. program był analizowany przez Komitet Nauki i Techniki, a głównym koreferentem był Cyryl Dąbrowski. W koreferacie napisał on, że jest to pierwszy kompleksowo potraktowany program badań na reaktorze wysokostrumieniowym. Raport powyższy opracowany przez wiodących specjalistów w poszczególnych kierunkach użytkowania reaktora stanowił analizę potrzeb naukowych i technicznych jak również dawał podstawę do stwierdzenia, że pod groźbą opóźnienia i poważnych konsekwencji z tym związanych - w rozwoju nauki i techniki - budowa wysokostrumieniowego reaktora badawczego jest zagadnieniem palącym. Przygotowana tematyka pracy wskazywała na ogólną prawidłowość użytkowania reaktora.

Budowa wspomnianych zestawów reaktorowych umożliwiła pracownikom IBJ nabycie doświadczenia zarówno w inżynierii reaktorowej, jak i w technikach pomiarowych dotyczących fizyki i techniki reaktorowej.

Projektowanie w PROATOMIE, we współpracy z pracownikami IBJ, reaktora RFT trwało zapewne do 1965 r. Trzeba przyznać, że ten reaktor nie bardzo nam się podobał, szczególnie z punktu widzenia naszych potrzeb, ale mieliśmy zapewnienie dostaw odpowiedniego paliwa.

W 1965 r. delegacja Amerykańskiej Komisji Atomowej (US AEC) była z wizytą w ZSRR i po tej wizycie w publikacjach światowych ukazało się sprawozdanie, z którego wynikało, że w Instytucie im. I. Kurczatowa w miejsce reaktora RFT został zbudowany inny reaktor typu MR. Oczywiście, Rosjanie podczas wcześniejszych konsultacji o zbudowanym na miejscu reaktora RFT, reaktorze MR nas nie poinformowali. Generalny Projektant naszego reaktora doc. Wacław Frankowski pojechał z kolegami na kolejną konsultację i pokazał Rosjanom amerykańskie sprawozdanie. Wtedy dopiero pozwolono nam zobaczyć ten nowy reaktor, którego rdzeń składał się z rurowych elementów paliwowych zamkniętych w kanałach typu Field'a, chłodzonych wodą pod ciśnieniem i umieszczonych w chłodzonej wodą matrycy berylowej. Po tej konsultacji prace nad reaktorem RFT wstrzymano, a W. Frankowski zrezygnował z funkcji Generalnego Projektanta. Nowym Generalnym Projektantem został Tadeusz Berens – główny mechanik reaktora EWA. Po krótkich dyskusjach, ze względu na oczywiste zalety, szybko przystąpiono do projektowania na bazie rdzenia reaktora MR, naszego reaktora MARIA. Należy wyraźnie podkreślić, że we wszystkich fazach projektowania bardzo ważną rolę odegrali pracownicy IBJ.

Około 1969 r. nastąpił podział Biura Projektowego PROATOM. Projektanci reaktora MARIA przeszli do ENERGOPROJEKTU (ze względu na to, że miał on się zająć w przyszłości elektrowniami jądrowymi) i tam kończono projekt, a Generalnym Projektantem został Jan Brzeski.

Równolegle przystąpiono do projektowania i budowy stanowiska do badań rdzeni reaktorów wysokostrumieniowych jakim był zestaw krytyczny AGATA, który uruchomiono w 1972 r. Natomiast w 1970 r. przebudowano zestaw krytyczny ANNA na zestaw prędko-termiczny z centralną strefą rdzenia z uranu naturalnego zasilaną neutronami z pierścieniowej strefy termicznej.

Tak więc po tych długoletnich przygotowaniach 16 czerwca 1970 r. nastąpiło uroczyste wmurowanie kamienia węgielnego w płytę fundamentową budynku głównego reaktora (umieszczoną na kilkuset palach). Zbudowana też była w stanie surowym część administracyjna budynku „A”, gdyż tzw. roboty cyklowe rozpoczęto już wcześniej w kwietniu 1970 r.

Zaczęła się więc budowa jakiej nigdy w Polsce wcześniej nie wykonywano. Biuro projektów ENERGOPROJEKT odmówiło oficjalnie (poprzez ministra) sprawowania nadzoru autorskiego nad technologią i realizacją rdzeni reaktora łącznie z częściami ruchomymi i związaną z tym technologią materiałów. Prace te przejął w całości na siebie IBJ łącznie z wykonawstwem i rozruchem. Była to decyzja bardzo odważna i odpowiedzialna, ale my przyszli wykonawcy wierzyliśmy, że jej podaliśmy, no cóż byliśmy młodzi i znaleźliśmy swoje możliwości.

Cykl budowy wraz z rozruchem mechanicznym miał trwać 60 miesięcy, a technologiczny rozruch jądrowy sześć miesięcy, ale dzięki zobowiązaniom terminy te skrócono o dziewięć miesięcy, aby reaktor oddać do rozruchu jądrowego 22 lipca 1974 r.

Głównym kierownikiem budowy został pracownik firmy „Beton-Stal” Mieczysław Puczko. Z ramienia IBJ prace budowlane nadzorował zastępca dyrektora ds. inwestycji Józef Szczesiuk, zaś koordynacją prac związanych z rdzeniem i bezpośrednio związanych urzędzeń zajmował się zastępca dyrektora IBJ ds. Energetyki Wacław Dąbek (autor niniejszego tekstu). Utworzyliśmy Zespół ds. Koordynacji Wykonania Rdzenia Reaktora MARIA, który też zajmował się również innymi problemami związanymi z rdzeniem i promieniowaniem. Zespół zbierał się głównie raz w tygodniu dokonując przeglądu postępu prac wykonawców głównie instytutowych, rozwiązując powstałe problemy, wyznaczając terminy itd. Z każdego spotkania, sekretarz Marian Lenard robił szczegółowe sprawozdanie z podjętych decyzji, które na ogół były ściśle przestrzegane.

Można przykładowo przytoczyć niektóre niezwykle trudne na owe czasy problemy do rozwiązania w części prac należących do IBJ jak:

1. Dostawy i przechowywanie materiałów. Bardzo szybko okazało się, że dostawy (poprzez centrale handlowe), transport jak i przechowywanie np. stali kwasoodpornej nie spełniają wymagań reaktorowych, gdyż dostawcy przechowują stal zwykłą z nierdzewną, transport odbywa się w warunkach podobnych nie zachowując czystości, a przechowywanie w Instytucie również było takie jak wszędzie. Trzeba więc było zmienić cały proces obrotu i wykorzystania materiałów zgodnie z wymaganiami zapewnienia jakości (o czym ja dowiedziałem się dopiero kilka lat temu). Ilustracją tego problemu niech będzie taki fakt. Potrzebna była duża ilość rur ze stali kwasoodpornej o małych średnicach. Huta bodajże im. M. Buczka w Sosnowcu mogła wykonać takie rury, ale pod warunkiem, że otrzyma wlewki z takiej stali, np. ze Szwecji, więc IBJ dążąc do zmniejszenia kosztów, zakupił i dostarczył wlewki, a Huta wykonała rury, które po wytrawieniu okazały się nieszczelne. Trzeba więc było zakupić rury w Szwecji, które były dobrej jakości.

2. Płyta nośna rdzenia wykonana ze stopu aluminium o wymiarach (nie pamiętam dokładnie) ok. 2 m x 2 m i grubości 0,15 m, musiała zostać obrobiona i należało wykonać w niej gniazda do mocowania elementów rdzenia. Jak wiadomo (z przyjętej konstrukcji rdzenia w postaci rozchylonego graniastosłupa) gniazda te muszą być wykonane każde pod innym kątem. Żaden zakład produkcyjny nie mógł się tego podjąć. Instytut zakupił więc dla Zakładu Doświadczalnego nowoczesną wytaczarkę przy pomocy której dopiero obrobiono płytę.
3. Koszulkowanie w aluminium zakupionych w ZSRR bloków grafitowych składało się z następujących głównych operacji:
  - a) dobór spawalnego stopu aluminiowego na koszulki i denka,
  - b) wygrzewanie bloków grafitowych w temperaturze ok. 800°C i jednoczesne odgazowanie w próżni ok.  $10^{-3}$  Tr,
  - c) opracowanie i zbudowanie pieca do operacji opisanych w punkcie „b”,
  - d) zamykanie bloków w koszulkach spawając automatycznie denka z koszulką,
  - e) sprawdzenie szczelności zamkniętego bloku wykrywaczem helu, odpompowanie, napełnienie azotem do ciśnienia poniżej atmosferycznego i zamknięcie.
4. Opracowanie i wykonanie bloków wielokrotnych do wyprowadzania kanałów poziomych. Opracowano bloki poczwórne do kanałów stycznych i rzędowe do kanału przelotowego i radialnego. Proces przygotowania tych bloków jest taki sam jak bloków pojedynczych lecz ich mechaniczna obróbka i przygotowanie do spawania jak również wykonanie dna kanału i złącza z rurą kanału poziomego wymagają dużej precyzji.
5. Napędy elementów regulacyjnych i zabezpieczających wykonano i zaprojektowano również w Instytucie, przeszły one wiele prób i poprawek na stanowisku badawczym pochylonym zgodnie z pracą w rzeczywistym usytuowaniu w rdzeniu reaktora.
6. Rury na kanały paliwowe zakupiono w ZSRR. Wykonanie kanałów i głowic do nich oraz montaż w nich paliwa było dość trudne.
7. Kolektory chłodzenia kanałów paliwowych, ich montaż w reaktorze i uprzednie wykonanie w zakładzie produkcyjnym w Wyrach, wymagało bardzo dużej precyzji i dokładności. Podziwialiśmy ich wykonanie i kolektory te zyskały miano pajaków.

Wydaje się, że wymienione problemy są jedynie nie-licznymi przykładami jakie musiano rozwiązać, budując reaktor MARIA.

Muszę przypomnieć o dwóch (było więcej) wpadkach przy projektowaniu i budowie: pierwsza to zamiana rurociągów chłodzenia reaktora – trzeba je było skrzyżować

i tak pewno pozostały do obecnych czasów. Skandalem można nazwać wykonawstwo zrzutowych zbiorników jednokomorowego i trójkomorowego, które niedostatecznie zabezpieczono przed wodami podskórnymi, które je deformowały i powodowały nawet ich rozszczelnienie. Nie przypominam sobie, żeby je zdołano naprawić.

Reaktor zbudowano na podstawie projektu rdzenia reaktora Instytutu im. I. Kurczatowa typu MR. Materiały jądrowe rdzenia: paliwo, beryl, grafit i niektóre rury i płyty ze stopów aluminium zakupiono w ZSRR. Zdecydowaną większość konstrukcji, układów i systemów wykonano w polskim przemyśle i warsztatach IBJ.

Należy stwierdzić, że reaktor ten będąc typem basenowym z rozbiernym rdzeniem i reflektorem można było łatwo dostosować do dominującego programu, a możliwości produkcji izotopów pozostaną zawsze duże. C. Dąbrowski udowodnił możliwość zastosowania reflektora ciężkowodnego, aby znacznie polepszyć parametry wyprowadzania wiązek neutronów (strumień neutronów termicznych  $1,5 \div 2$  razy większy, czystość wiązki termicznej  $3 \div 8$  razy większa)<sup>1</sup>. W konstrukcji reaktora przewidziano możliwość zwiększenia mocy cieplnej do 60 MW.

W czasie rozpoczęcia budowy reaktora MARIA w sześciu Zakładach Pionu Energetyki IBJ było zatrudnionych 334 pracowników, w tym 23 profesorów i docentów. Przy budowie natomiast pracowało 15 większych przedsiębiorstw głównie z Warszawy i Górnego Śląska zatrudniających razem 1940 osób z czego 620 z IBJ-Świerk (łącznie z Zakładami Doświadczalnymi).

W lipcu 1974 r. powołano trzy zespoły specjalistów do odbioru technicznego wszystkich układów i systemów reaktora, którzy zakończyli po miesiącu swoje prace.

Zgodnie z harmonogramem w połowie grudnia 1974 r. przeprowadzono doświadczenie krytyczne reaktora MARIA. Doświadczenie to zamknęło drugi etap prac związanych z rozruchem reaktora. Prace poprzedzające doświadczenie krytyczne obejmowały doprowadzenie wszystkich układów do stanu pozwalającego na załadunek paliwa jądrowego. Tak więc z końcem 1974 r. IBJ przejął obiekt reaktora z zadaniem doprowadzenia go do projektowych parametrów i wdrożenia do eksploatacji.

*doc. Wacław Dąbek,  
były dyrektor Instytutu Badań Jądrowych i Instytutu  
Energii Atomowej ds. energetyki,  
Tekst napisany 17 grudnia 2004 r.*

*opracowany przez dr Andrzeja Mikulskiego*

#### Przypisy

- 1 ale ostatecznie zrezygnowania z reflektora ciężkowodnego.