

ROSYJSKA ENERGETYKA JĄDROWA

Jerzy Kubowski

Pomimo trudności w rozwoju energetyki jądrowej w latach 80., wywołanych głównie katastrofą czarnobylską, Rosja obecnie przystąpiła znów do rozbudowy tego przemysłu. Jego dzisiejszy stan charakteryzuje zestawienie elektrowni jądrowych będących w eksploatacji (Tabela 1).

Tabela 1. Czynne elektrownie jądrowe
(wg. <www.world-nuclear.org>, luty 2005 r.)

Nazwa elektrowni	Typ reaktora	Moc elektryczna netto, MWe	Data przekazania do eksploatacji
Bałakowo	WWER	950	5/86-12/93
Biełojarsk	BN	560	11/81
Bilibino	EGP	11	4/74-1/77
Kalinin-1	WWER	950	6/85-3/87
Kalinin-2	WWER	950	12/04
Kola-1	WWER	411	12/73-2/75
Kola-2	WWER	411	12/82-12/84
Kursk	RBMK	925	10/77-2/86
Leningrad	RBMK	925	11/74-8/81
Nowoworoneż-1	WWER	385	6/72-3/73
Nowoworoneż-2	WWER	950	2/81
Smoleńsk	RBMK	925	9/83-1/90
Wołgodońsk	WWER	950	3/01
Razem		21743	-



POŁOŻENIE GEOGRAFICZNE ROSYJSKICH ELEKTROWNI JĄDROWYCH
(wg. <http://rosatom.ru/?razdel=12>)

Oznaczenia: WWER - Wodo-Wodianoj Energeticzeskij Reaktor (reaktor wodny ciśnieniowy), inaczej: np. VVER - 440, gdzie 440 - moc w MW;
 BN - reaktor o neutronach prędkich (rozmnażający, reaktor prędkie);
 EGP - reaktor grafitowy chłodzony wodą;
 RBMK - Reaktor Bolszoi Mosz'cz'nosti Kanalnyj (reaktor kanałowy chłodzony wodą, typu czarnobylskiego);
 Leningrad - elektrownia w Obwodzie Leningradzkim o nazwie: "Elektrownia Leningradzka", nie mylić z dawną nazwą miasta Leningrad, obecnie - Sankt Petersburg;
 ROSENERGOATOM - nazwa energetycznego koncernu;

Tabela 2. REAKTORY W BUDOWIE
 (wg. <www.world-nuclear.org>)

Przewidywany rok rozpoczęcia eksploatacji	Nazwa elektrowni	Typ reaktora	Moc netto, w MWe
2008	Wołgodońsk	WWER	950
2010	Bałakowo	WWER	950
2010	Kalinin	WWER	950
2010	Biełojarsk	BN	750
2011	Bałakowo	WWER	950
?	Kursk	RBMK	925
Razem			4675

Rozbudowa kurskiej elektrowni stoi pod znakiem zapytania.

Tabela 3. PLANY BUDOWY LUB ZAMÓWIENIA

Nazwa	Typ reaktora	MWe	Początek budowy
zamiana reaktorów istniejących			
Leningrad	WWER	1500	2012-2015
Nowoworonież	WWER	950	2016
Kursk	WWER	1500	2016-2019
reaktory nowe			
Kursk-6	WWER	950	?
Baszkir-1	WWER	950	2012
Północno - zachodnia	BWR	300	2011
Smoleńsk-4	WWER	950	2012
Baszkir-2	WWER	950	2014
Wołgodońsk-3	WWER	950	2015
Wołgodońsk-4	WWER	950	2017
Tatar-1	WWER	950	2016
Smoleńsk NPP-2;1 i 2	WWER	950	2017-2019
Tatar-2	WWER	950	2018
Południowy Ural	WWER	950	2016-2019
Nowoworonież-7	WWER	950	2016
Baszkir-3 i 4	WWER	1500	2018-2020
Tatar-3	WWER	1500	2020
Biełojarsk-5	BREST	300	2020

BWR - Boiling Water Reactor - reaktor z wrzącą wodą
 BREST - pierwszy reaktor o neutronach prędkich, chłodzony ciekłym ołowiem

Długoterminowe plany koncernu ROSENERGOATOM, do 2050 r., przewidują budowę reaktorów prędkich pracujących w cyklu zamkniętym (tzn. z przerobem paliwa wypalonego). Zakłada się eliminację w energetyce paliw kopalnych. Począwszy od 2020-2025 r., produkcja energii będzie oparta głównie na reaktorach prędkich.

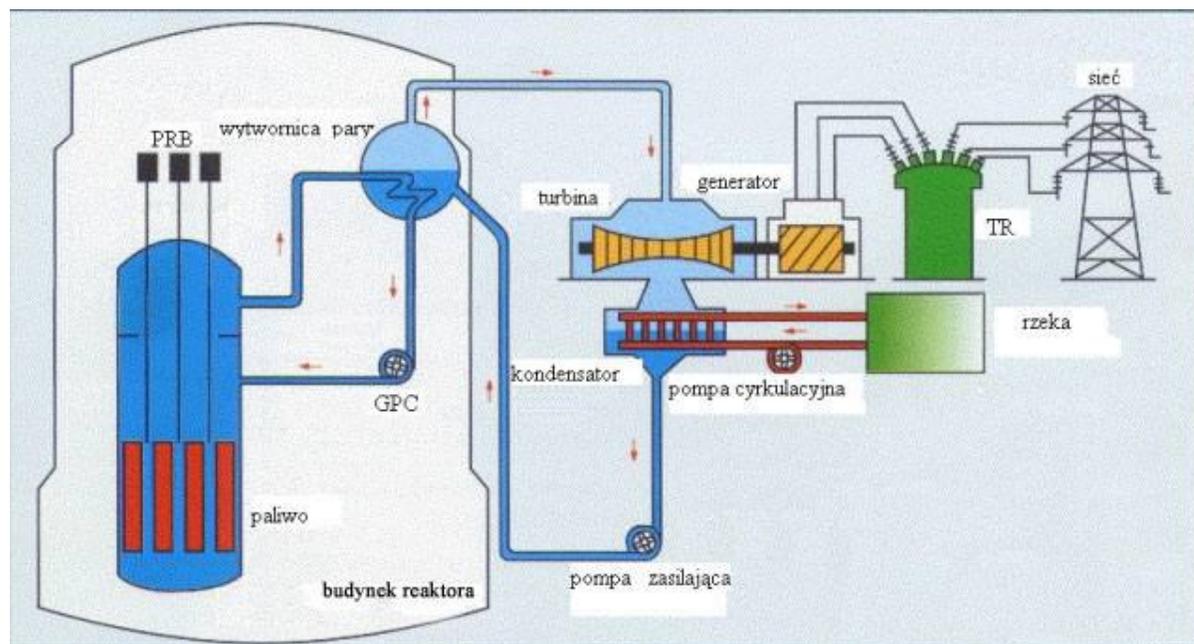
Optymistyczny scenariusz przewiduje zainstalowanie w elektrowniach jądrowych do 2050 r. - reaktorów o łącznej mocy 90 GWe.

Wielką rolę zaczynają odgrywać projekty nowych reaktorów o poziomie bezpieczeństwa odpowiadającym zachodnim standardom. Obecnie, uwaga konstruktorów jest skupiona na reaktorze czwartej generacji WWER - 1000 o mocy elektrycznej 950 MWe. Znany jest pod nazwą AES-92 (atomnaja elektrostancija). Reaktor tego typu buduje się już w Indii, przeznaczony jest również dla elektrowni "Nowoworonież 6 i 7". Jego sprzedaż przewiduje się także Chinom.

W marcu 2004 r. w Moskwie odbyło się posiedzenie europejskiej koordynacyjnej grupy ds. opracowania założeń bezpieczeństwa dla elektrowni jądrowych (EUR), w której udział wzięli przedstawiciele Francji, Włoch, Szwecji, Rosji oraz projektanci z ROSENERGOATOM-u, moskiewskiego instytutu ATOMENERGOPROJEKT, biura konstrukcyjnego GIDROPRESS i naukowego centrum "KURCZATOWSKI INSTYTUT". Poświęcone było ocenie bezpieczeństwa rosyjskiej elektrowni AES-92 z reaktorem WWER - 1000. W 2003 r. projekt był skierowany do EUR z prośbą o przeprowadzenie analizy bezpieczeństwa zgodnie z europejskimi normami w tym zakresie. Z wnioskiem takim - po dokładnej wstępnej analizie dokumentacji - wystąpiło francuskie stowarzyszenie EDF. Oczekuje się, że prace zostaną zakończone do 2006 r. i rosyjska elektrownia jądrowa stanie się siódmą z kolei, zatwierdzoną przez klub EUR (do którego należy dziesięć europejskich organizacji zajmujących się eksploatacją elektrowni) - do budowy i eksploatacji na terenie Unii Europejskiej.

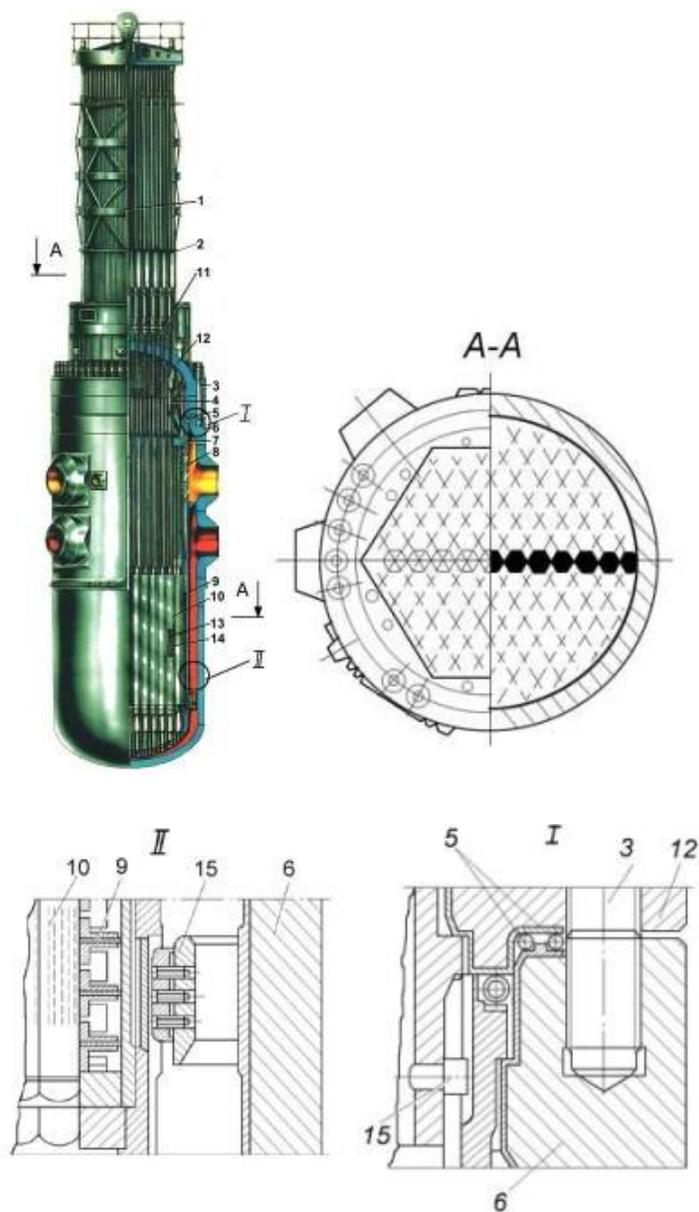
Przy projektowaniu AES-92 dążono do maksymalnego ograniczenia tzw. "czynnika ludzkiego", który w znacznym stopniu wpływa na poziom bezpieczeństwa eksploatacji. Dlatego na szeroką skalę zastosowano bierne i kombinowane systemy bezpieczeństwa, wytrzymałą zewnętrzną obudowę bezpieczeństwa, dodatkowy - o dużym stopniu pewności - system biernego odprowadzanie ciepła z rdzenia itp. Konstrukcje barier bezpieczeństwa praktycznie uniemożliwiają wydostanie się substancji promieniotwórczej poza teren elektrowni. Stworzenie inherentnych cech bezpieczeństwa i zastosowanie autonomicznych, o dużym stopniu pewności, źródeł zasilania awaryjnego - w przypadku zaniku napięcia, wywołanego np. awarią systemu energetycznego, typu - "black-out" - pozwalają zapobiec naruszeniu pracy głównych technologicznych układów elektrowni. Reaktor posiada ważną zdolność do samoregulacji: przy wzroście temperatury chłodziwa lub mocy następuje samoczynny proces zmniejszania intensywności reakcji łańcuchowej i w efekcie - mocy, czyli występuje ujemne temperaturowe sprzężenie zwrotne.

Ważną cechą elektrowni AES-92 jest zdolność do pracy w zmiennym reżimie obciążenia, co ma zasadnicze znaczenie dla podtrzymania częstotliwości w systemie energetycznym. Jest to istotna zmiana charakterystyki elektrowni jądrowych w ogóle, gdyż dotychczas były przeznaczone do pracy podstawowej, wymagającej dużego czasu użytkowania, tzn. posiadały małą zdolności manewrowania.



Rys. 1. Schemat elektrowni AES-92

PRB - pręty regulacyjne i bezpieczeństwa, GPC - główna pompa cyrkulacyjna, TR - transformator



Rys. 2. Konstrukcja reaktora WWER - 1000 <<http://www.rosatom.ru>>

1 - górny blok, 2 - napędy PRB, 3 - śruby mocujące pokrywę, 4 - rura technologiczna, 5 - uszczelnienie, 6 - zbiornik ciśnieniowy reaktora, 7 - blok rur ochronnych, 8 - szyb reaktora, 9 - przegroda rdzenia, 10 - kasety paliwowe, 11- izolacja cieplna reaktora, 12- pokrywa reaktora, 13 - PRB, 14 - elementy (pręty) paliwowe, 15 - wpust nastawczy

Podstawowe parametry reaktora

Średnica wewnętrzna	4155 mm
Wysokość reaktora	10880 mm
Wysokość rdzenia	3550 mm
Ciśnienie robocze	16 MPa
Temperatura chłodziwa:	na wejściu - 289 st. C; na wyjściu - 320 st. C
Masa zbiornika	304 ton
Masa paliwa	75000 kg
Wzbogacenie paliwa w izotop U-235:	4,4 - 3,3 %
Średni czas pracy między przeładunkami paliwa:	7000 h
Moc cieplna	3200 MWt
Moc elektryczna	1000 MWe



Rys. 3. Montaż rur ochronnych prętów regulacyjnych i bezpieczeństwa na irańskim reaktorze

Rozwój wielkich, nowoczesnych reaktorów w Rosji jest oparty na założeniu uzyskania następujących ekonomicznych wskaźników:

- koszt wytwarzania energii - nie większy od 3 $\text{¢}/\text{kWh}$,
- koszt inwestycji - poniżej 1000 $\text{\$/kW}$,
- okres eksploatacji - co najmniej 50 lat,
- współczynnik wykorzystania mocy - nie mniejszy od 90 %

Ostatnio ROSENERGOATOM przystąpił do pierwszoplanowego zadania: projektowania reaktora WWER - 1500, jako podstawowej jednostki dla energetyki. Zakończenie przewidziano na rok 2007, a przekazanie do eksploatacji - w latach 2012 - 2013. Wstępnie na miejsce budowy wybrano Kursk i Obwód Leningradzki, gdzie obecnie pracuje osiem reaktorów typu czarnobylskiego (RBMK), których stopień bezpieczeństwa - po katastrofie czarnobylskiej- został zwiększony w znacznym stopniu.