

Jacek Marecki, Kazimierz Duzinkiewicz, Andrzej Reński
Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki

KSZTAŁCENIE KADR I ROZWÓJ BADAŃ DLA POTRZEB ELEKTROWNI JĄDROWEJ ŻARNOWIEC (1982 – 1990)

STAFF TRAINING AND THE DEVELOPMENT OF RESEARCH FOR THE NEEDS OF ŻARNOWIEC NUCLEAR POWER PLANT (1982 – 1990)

Streszczenie: Przygotowania do budowy elektrowni jądrowej nad Jeziorem Żarnowieckim rozpoczęto w latach 1972-1973. Powstała wówczas koncepcja stworzenia w okolicach Żarnowca dużego węzła energetycznego, obejmującego elektrownię szczytowo-pompową, elektrownię jądrową i stację rozdzielczą 220/400 kV. Elektrownia wodna Żarnowiec o mocy zainstalowanej 680 MW została uruchomiona w 1983 r. i pracuje do dzisiaj, osiągając bardzo dobre wyniki eksploatacyjne, natomiast budowę Elektrowni Jądrowej Żarnowiec o mocy docelowej 4x400 MW, rozpoczętą w 1982 r., wstrzymano ostatecznie w 1990 r.

Politechnika Gdańska, a w szczególności ówczesny Wydział Elektryczny, przemianowany w 1996 r. na Wydział Elektrotechniki i Automatyki, stanowiła istotną część zaplecza badawczego i szkoleniowego dla Elektrowni Jądrowej Żarnowiec w Budowie w latach 1982-1990. W referacie przedstawiono najważniejsze fakty i osiągnięcia w zakresie kształcenia i szkolenia kadr inżynierskich w tym okresie, jak również wyniki prac badawczych, wykonywanych wówczas na potrzeby budującej się elektrowni jądrowej. Doświadczenia uzyskane w okresie prowadzenia badań naukowych i kształcenia kadr w dziedzinie energetyki jądrowej stwarzają możliwości czynnego włączenia Politechniki Gdańskiej do udziału w realizacji nowego Programu Polskiej Energetyki Jądrowej.

Abstract: The preparations for constructing a nuclear power plant in the vicinity of the Lake Żarnowiec started in the years 1972-1973. At that time it was proposed to locate an electric power system complex in the surroundings of Żarnowiec, consisting of a pumping-storage hydro power plant, a nuclear power plant and a high-voltage transformer station of 220/400 kV. The Żarnowiec hydroelectric power plant with a generating capacity of 680 MW started working in 1983 and it has been operating since that time with good results; whereas the construction of Żarnowiec nuclear power plant with a planned output of 4x400 MW was begun in 1982, it was stopped decisively in 1990. Gdańsk University of Technology and, in particular, the present Faculty of Electrical and Control Engineering was a part of research and teaching potential for Żarnowiec nuclear power plant under construction in the years 1982-1990. In this paper the most important facts and achievements in the field of teaching and staff training in that period as well as the results of applied research required by the nuclear power plant under construction are presented. The experience gained in the course of research and teaching activities in the field of nuclear power engineering gives ground to include Gdańsk University of Technology into the new Polish nuclear power programme.

Słowa kluczowe: elektrownia jądrowa, kształcenie kadr, badania naukowe

Key words: nuclear power plant, staff training, scientific research

1. Koncepcja zespołu elektrowni w Żarnowcu

Przygotowania do budowy pierwszej polskiej elektrowni jądrowej nad Jeziorem Żarnowieckim, w odległości ok. 65 km na północny zachód od Gdańska, rozpoczęto w latach 1972 – 1973. Powstała wówczas koncepcja utworzenia w okolicach Żarnowca dużego węzła energetycznego, obejmującego elektrownię wodną szczytowo-pompową, elektrownię jądrową

i stację rozdzielczą, powiązaną z liniami przesyłowymi o napięciu 220 kV i 400 kV.

Warto tu przypomnieć promotorów koncepcji tego węzła energetycznego, profesorów Politechniki Gdańskiej: Alfonsa Hoffmanna, Kazimierza Kopeckiego i Tomasza Biernackiego. Jako pierwszy z myślą o wykorzystaniu terenów w pobliżu Jeziora Żarnowieckiego do celów energetycznych wystąpił bowiem A. Hoffmann około roku 1960, proponując zlokalizowanie tam dużej elektrowni szczytowo-pompowej.

Koncepcję tę rozwinęli później K. Kopecki i T. Biernacki, którzy uważali, że w Żarnowcu powinien powstać cały węzeł energetyczny, obejmujący stację najwyższych napięć i zespół dwóch elektrowni, w tym elektrownię wodną szczytowo-pompową według projektu A. Hoffmanna oraz elektrownię jądrową dużej mocy, która miała dostarczać energię do pompowania wody w elektrowni szczytowo-pompowej i zasilac cały region Polski Północnej.

Budowę Elektrowni Wodnej Żarnowiec rozpoczęto w 1973 r. i zainstalowano tam cztery hydrozespoły odwracalne, wytwarzające po 170 MW przy pracy turbinowej i pobierające po 185 MW podczas pracy pompowej. Elektrownia ta została uruchomiona w 1983 r. i pracuje do dzisiaj, osiągając bardzo dobre wyniki eksploatacyjne. Budowę Elektrowni Jądrowej Żarnowiec o mocy docelowej 4x400 MW rozpoczęto natomiast w 1982 r. i wstrzymano ostatecznie w 1990 r. Zaniechanie budowy tej elektrowni spowodowało m. in. to, że do pompowania wody w powstałej wcześniej elektrowni szczytowo-pompowej trzeba przysyłać energię elektryczną liniami z dość daleko położonych elektrowni ciepłych, co wiąże się z dużymi stratami energii.

2. Kształcenie kadr dla potrzeb Elektrowni Jądrowej Żarnowiec

Kształcenie kadr inżynierskich w zakresie energetyki jądrowej podjęto i prowadzono przez szereg lat na Wydziale Elektrycznym Politechniki Gdańskiej, przemianowanym w 1996 r. na Wydział Elektrotechniki i Automatyki. Intensywny rozwój kształcenia nastąpił w latach 1986-1990, a więc w okresie budowy Elektrowni Jądrowej „Żarnowiec”. Do współpracy włączyły się również inne Wydziały PG: Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, Chemiczny, Mechaniczny, Budownictwa Lądowego oraz Oceanotechniki i Okrętownictwa.

Na studiach dziennych magisterskich na Wydziale Elektrycznym PG uruchomiono wówczas specjalność Energetyka Jądrowa, którą ukończyło ok. 30 absolwentów. W okresie do 1990 r. zorganizowano również i przeprowadzono 18 jednorocznych studiów podyplomowych dla inżynierów różnych specjalności. Kandydatami na te studia były osoby kierowane przez Elektrownię Jądrową „Żarnowiec” w Budowie lub przez instytucje zaangażowane w adaptację projektu i budowę EJ Żarnowiec.

W latach 1986-1990 prowadzono równoległe kilka rodzajów studiów podyplomowych, a mianowicie:

- Studium Podyplomowe Energetyki Jądrowej,
- Studium Podyplomowe Projektowania Elektrowni Jądrowych,
- Studium Podyplomowe Budowy Elektrowni Jądrowych,
- Studium Podyplomowe Eksploatacji Elektrowni Jądrowych.

Były to studia dwusemestralne, z których każde obejmowało ok. 350 godzin zajęć dydaktycznych (wykładów, seminariów i ćwiczeń laboratoryjnych). W tablicy 1 podano przykładowy program rocznego Studium Podyplomowego Eksploatacji Elektrowni Jądrowych w roku akademickim 1989/1990 [4].

Przygotowano wówczas i wydano zestaw kilkunastu skryptów na potrzeby studiów podyplomowych. Autorami skryptów byli wykładowcy z Politechniki Gdańskiej oraz współpracujących instytucji, do których należały wówczas: Politechnika Warszawska, Instytut Energii Atomowej, Biuro Studiów i Projektów Energetycznych „Energoprojekt” oraz Elektrownia Jądrowa „Żarnowiec” w Budowie. W tablicy 2 podano zestawienie takich skryptów, opracowanych w latach 1987-1988.

Organizacją i prowadzeniem powyższych form kształcenia kadr dla energetyki jądrowej przy Instytucie Elektroenergetyki i Automatyki na Wydziale Elektrycznym Politechniki Gdańskiej w latach 1986-1990 zajmowała się odrębna jednostka uczelniana (Zespół Studiów Podyplomowych). Studia te ukończyło łącznie ok. 300 absolwentów.

W okresie późniejszym, obejmującym lata 1990-2009, na Politechnice Gdańskiej były nadal prowadzone zajęcia dydaktyczne z zakresu energetyki jądrowej, które zawsze cieszyły się dużym zainteresowaniem ze strony studentów. Zajęcia te obejmowały dwa wykłady i jedno seminarium dla Specjalności Elektroenergetyka na kierunku Elektrotechnika oraz dla specjalności Rynki Energii i Systemy Energetyczne, prowadzonej na międzywydziałowym kierunku Energetyka, a także prace dyplomowe z zakresu energetyki jądrowej.

Do prowadzenia zajęć na studiach dziennych magisterskich i na studiach podyplomowych zapraszani byli specjaliści z innych krajowych uczelni, instytutów badawczych oraz ośrodków zajmujących się energetyką, takich jak Uniwer-

sytet Warmińsko-Mazurski, Instytut Energii Atomowej POLATOM w Otwocku-Świerku (od 1.09.2011 r. wchodzący w skład Narodowego Centrum Badań Jądrowych), Instytut Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie, Państwowa Agencja Atomistyki oraz Agencja Rynku Energii w Warszawie. W ostatniej edycji uczestniczył także jako wykładowca przedstawiciel zagranicznej firmy GDF Suez Tractebel z Belgii.

3. Udział Politechniki Gdańskiej w badaniach naukowych, wspomagających rozwój energetyki jądrowej w Polsce

W okresie poprzedniego Programu Jądrowego w latach 1985-1990 ówczesny Instytut Elektroenergetyki i Automatyki na Wydziale Elektrycznym Politechniki Gdańskiej we współpracy z innymi wydziałami włączał się do badań naukowych, mających wspomagać rozwój energetyki jądrowej w Polsce. Udział w tych badaniach realizowany był głównie poprzez wykonywanie projektów naukowo-technicznych, których tematyka była istotnie związana z aktualnymi potrzebami Programu Jądrowego. Początki tego udziału przypadają na pierwszą połowę lat osiemdziesiątych ubiegłego stulecia. W tamtym okresie w ramach Programu Rządowego nr 8 zespół pracowników Politechniki Gdańskiej zrealizował projekt bazy szkoleniowej dla potrzeb szkolenia kadry I etapu budowy Elektrowni Jądrowej „Żarnowiec”.

Bardzo intensywne prace prowadzone były w latach 1986 – 1990. W tym okresie Instytut był koordynatorem i wykonawcą 11 celów z grupy celów 3.19. „Nowoczesne środki techniczne i programy szkolenia kadr dla energetyki jądrowej” Centralnego Programu Badawczo-Rozwojowego 5.3. „Energetyka Jądrowa”. Przygotowywanie nowoczesnych środków technicznych dla szkolenia kadr stwarzało możliwości budowy na Politechnice Gdańskiej dobrze wyposażonego sprzętowo i intensywnie rozwijającego się kadrowo ośrodka badawczo-konsultacyjnego energetyki jądrowej w Polsce. Prowadzone były prace studialne, związane z technologią budowanej wówczas elektrowni jądrowej oraz prace badawcze w zakresie modelowania i symulacji procesów elektrowni jądrowej z reaktorem wodnym ciśnieniowym. Intensywnie prowadzono również badania w zakresie prognozowania niezawodności i bezpieczeństwa układów technologicznych bloku

jądrowego. Wspomniane cele obejmowały następujące tematy:

1. Studium przedprojektowe bazy szkoleniowej energetyki jądrowej.
2. Komputerowy system dydaktyczny do wspomaganie szkolenia kadr dla energetyki jądrowej.
3. Modele matematyczne procesów, elementów i układów elektrowni jądrowej z reaktorami WWER.
4. Pełnozakresowy symulator szkoleniowo-treningowy bloku jądrowego z reaktorem WWER-440.
5. Komputerowe stanowiska symulacyjne działania węzłów technologicznych elektrowni jądrowej z reaktorem WWER.
6. Stanowiska szkoleniowe układów technologicznych obiegu pierwotnego.
7. Stanowiska szkoleniowe układów obiegu wtórnego i urządzeń elektroenergetycznych.
8. Stanowiska szkoleniowe układów automatyki, sterowania i zabezpieczeń elektrowni jądrowej.
9. Stanowiska szkoleniowe w zakresie bezpieczeństwa jądrowego i niezawodności eksploatacyjnej.
10. Stanowiska szkoleniowe w zakresie metrologii elektrowni jądrowej.
11. Programy i materiały szkoleniowe, przystosowane do różnych poziomów szkolenia kadr dla energetyki jądrowej.

Prace te były prowadzone na zlecenie Elektrowni Jądrowej „Żarnowiec” w Budowie w latach 1985-1989 oraz Biura Studiów i Projektów Energetycznych „Energoprojekt” Gdańsk w roku 1990. W realizacji powyższych celów Instytut współpracował z innymi uczelniami i instytucjami naukowymi w kraju: Instytutem Automatyki Systemów Elektroenergetycznych IASE we Wrocławiu, Politechniką Warszawską, Politechniką Wrocławską, Politechniką Śląską w Gliwicach oraz Instytutem Energii Atomowej w Świerku.

Łącznie w okresie realizacji Programu wykonano ponad 200 opracowań, w tym 15 prototypowych stanowisk laboratoryjnych oraz 13 stanowisk/pakietów symulacyjnych wybranych procesów i węzłów technologicznych elektrowni jądrowej. W wielu celach prace te zostały doprowadzone do etapu wdrożenia w Elektrowni Jądrowej „Żarnowiec” w Budowie. Wymienić tu można wdrożenia, których wyniki były prezentowane na międzynarodowych konferencjach naukowych [1] i [2], a mianowicie:

1. Pakiet modeli matematycznych procesów, elementów i układów elektrowni jądrowej z reaktorami WWER dla celów szkoleniowych.
2. Zestaw stanowisk symulacji komputerowej procesów technologicznych oraz sterowania i diagnostyki węzłów technologicznych obiegu pierwotnego EJ.
3. Zestaw stanowisk symulacji komputerowej procesów technologicznych oraz sterowania i diagnostyki węzłów technologicznych obiegu wtórnego EJ.

Ogłoszony w 2014 r. nowy Program Polskiej Energetyki Jądrowej pozostaje ciągle w fazie redagowania przed decyzją o rozpoczęciu budowy pierwszego bloku elektrowni jądrowej. Nie sprzyja to mobilizacji ośrodków uczelnianych do realizacji tematów badawczych, mających ścisły związek z rozwojem energetyki jądrowej. Potrzebne jest więc wzmocnienie centrów badawczych, ukierunkowanych na badania związane z energetyką jądrową.

Tablica 1. Program rocznego Studium Podyplomowego Eksploatacji Elektrowni Jądrowych na Wydziale Elektrycznym Politechniki Gdańskiej w roku akademickim 1989/1990 [4]

Lp.	Przedmiot	Wykł.	Sem.	Lab.
1.	Fizyka jądrowa	20	-	20
2.	Teoria reaktorów jądrowych	28	4	16
3.	Wymiana ciepła w reaktorach jądrowych	20	4	
4.	Ochrona radiologiczna	-	20	8
5.	Procesy i urządzenia ciepłne w elektrowniach jądrowych	28	4	-
6.	Turbiny parowe w elektrowniach jądrowych	16	8	-
7.	Materiałoznawstwo dla elektrowni jądrowych	-	16	8
8.	Paliwa jądrowe	-	8	-
9.	Układy sterowania w elektrowniach jądrowych	20	4	6
10.	Chemia i radiochemia	-	15	-
11.	Urządzenia i układy elektryczne w elektrowniach jądrowych	14	2	-
12.	Bezpieczeństwo w elektrowniach jądrowych	20	4	-
13.	Problemy eksploatacji elektrowni jądrowych	20	6	-
14.	Problemy ekonomiczne elektrowni jądrowych	8	2	-
15.	Organizacja i zarządzanie w elektrowniach jądrowych	-	6	-
	Razem	194	103	58

Tablica 2. Wykaz materiałów szkoleniowych dla studiów podyplomowych w zakresie energetyki jądrowej, opracowane w Instytucie Elektroenergetyki i Automatyki Politechniki Gdańskiej we współpracy z Elektrownią Jądrową „Żarnowiec” w Budowie w latach 1987-1988 [4].

1.	K. Kozłowski, Wybrane działy fizyki jądrowej
2.	W. Żyszkowski, Podstawy teorii reaktorów jądrowych
3.	H. Jezierski, A. Kozieł, G. Krzysztozek, S. Latek, W. Mieszczenko, Wprowadzenie do laboratorium z podstaw techniki reaktorów jądrowych
4.	W. Żyszkowski, Wymiana ciepła w reaktorach jądrowych
5.	A. Reński, Elektrownie jądrowe
6.	S. Perycz, Turbiny parowe elektrowni jądrowych
7.	Urządzenia elektryczne w elektrowniach jądrowych
8.	J. Adamski, Gospodarka paliwowa w elektrowniach jądrowych
9.	W. Hellmann, Sterowanie automatyczne elektrowni jądrowych z reaktorami wodnymi ciśnieniowymi
10.	K. Wincel, A. Polański, Osłony reaktorów jądrowych
11.	E. Augustyniak, A. Błaszczak-Stępiak, D. Dmowski, S. Piotrowska, Wprowadzenie do laboratorium z osłon reaktorów jądrowych
12.	A. Merta, Ochrona radiologiczna
13.	A. Strupczewski, K. Kosmowski, B. Hinz, W. Kielbasa, Bezpieczeństwo elektrowni jądrowych
14.	W. Hellmann, K. Duzinkiewicz, Wybrane zagadnienia eksploatacji elektrowni jądrowych
15.	J. Marecki, Problemy ekonomiczne elektrowni jądrowych
16.	S. Butnicki, Wybrane zagadnienia z teoretycznych podstaw spawalnictwa

4. Podsumowanie

Ze względu na posiadane doświadczenie w kształceniu kadr inżynierskich i prowadzeniu badań naukowych w zakresie energetyki jądrowej, uzyskane w okresie współpracy z budowaną w latach 1982-1990 Elektrownią Jądrową Żarnowiec, Politechnika Gdańska może i powinna odgrywać istotną rolę w realizacji nowego Programu Polskiej Energetyki Jądrowej (PPEJ).

Literatura:

- [1] Marecki J., Kosmowski K. T., Duzinkiewicz K., Tobiasz B., Wasik M., *Programmes of teaching and training in nuclear power engineering at the Gdansk Technical University for Żarnowiec NPP*, (w:) *Conference on Nuclear Safety and Personnel*, Obninsk Institute of Nuclear Power Engineering, Obninsk 10-16.12.1989.
- [2] Marecki J., Duzinkiewicz K., Kosmowski K. T., *Computer aided training in nuclear power engineering at the Gdansk Technical University*, (w:) *Topform'92*, Prague 8-21.10.1992.
- [3] Duzinkiewicz K., Reński A., *Rozwój energetyki jądrowej w Polsce. Stan aktualny i plany w zakresie kształcenia i badań na Politechnice Gdańskiej*, (w:) *Krajowa konferencja naukowo-techniczna "Przyszłość energetyki jądrowej w Polsce"*, Mądralin k. Warszawa 13-14.01.2011.

[4] Duzinkiewicz K., Kamrat W., Marecki J., Reński A., *Kształcenie i badania dla potrzeb energetyki jądrowej w Polsce – synergia działań na przykładzie Politechniki Gdańskiej*, (w:) K. Jeleń, Z. Rau (red.) *Energetyka jądrowa w Polsce*, Wyd.: Wolters Kluwer Polska Sp. z o. o., Warszawa 2012, ss. 902 – 919.

[5] Marecki J., *Kształcenie kadr i rozwój badań dla potrzeb energetyki jądrowej*, Pismo PG – Forum społeczności akademickiej, Politechnika Gdańska, r. 21, nr 5 (192), maj 2014, s. 36-39.

Autorzy:

- prof. dr hab. inż. Jacek Marecki
emerytowany profesor zwyczajny PG
e-mail: jacek.marecki@pg.edu.pl
- dr hab. inż. Kazimierz Duzinkiewicz
profesor nadzwyczajny PG
e-mail: kazimierz.duzinkiewicz@pg.edu.pl
- dr hab. inż. Andrzej Reński
emerytowany profesor nadzwyczajny PG
e-mail: andrzejrsk4@gmail.com

Adres pocztowy autorów:
Politechnika Gdańska
Wydział Elektrotechniki i Automatyki
Katedra Elektroenergetyki
ul. G. Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk

