



wczoraj, dziś i jutro

wydziału elektroniki
i technik informacyjnych
politechniki warszawskiej

1951-2001

Zbiór esejów pod redakcją Romana Z. Morawskiego
wydany z okazji Jubileuszu Pięćdziesięciolecia
Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej



Politechnika Warszawska

**Plac Politechniki 1
00-661 Warszawa**

**Wydział Elektroniki
i Technik Informatycznych**

**Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa**

Zbiór esjów pod redakcją Romana Z. Morawskiego
wydany z okazji Jubileuszu pięćdziesięciolecia
Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej

wczoraj, dziś i jutro

wydziału elektroniki i technik informatycznych politechniki warszawskiej

1951-2001

OD REDAKTORA ZBIORU (Roman Z. Morawski)	3
WYDZIAŁ W PERSPEKTYWIE HISTORYCZNEJ (Roman Z. Morawski)	7
SYSTEM KSZTAŁCENIA (Andrzej Kraśniewski)	9
TEORETYCZNE PODSTAWY DISCYPLIN UPRAWIANYCH NA WYDZIALE (Jerzy Osiowski)	29
ELEKTRONIKA (Andrzej Jakubowski)	29
TELEKOMUNIKACJA (Józef Lubacz)	29
INFORMATYKA (Jerzy Mieścicki)	29
AUTOMATYKA, INŻYNIERIA BIOMEDYCZNA, METROLOGIA I SYSTEMY POMIAROWE (Władysław Findeisen, Grażyna Gortat, Krzysztof Malinowski, Zdzisław Pawłowski) .	29
REFLEKSJA JUBILEUSZOWA, CZYLI PYTANIE O PRZYSZŁOŚĆ (Roman Z. Morawski) .	63



od redaktora zbioru

Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej ma pięćdziesiąt lat! Powstał w roku 1951 pod nazwą *Wydział Łączności*, pod którą funkcjonował do roku 1966, kiedy to został przemianowany na *Wydział Elektroniki*. Nazwa ta uległa odpowiedniemu rozszerzeniu w roku 1994 ze względu na szybko wzrastający udział znaczenia technik informacyjnych w działalności edukacyjnej i badawczej Wydziału. Przez pięćdziesiąt lat Wydział wykształcił wiele pokoleń inżynierów, magistrów, doktorów, doktorów habilitowanych i profesorów — specjalistów w zakresie elektroniki i telekomunikacji, informatyki, automatyki i robotyki oraz inżynierii biomedycznej. Dziś trudno sobie bez nich wyobrazić funkcjonowanie polskiego przemysłu i nauk technicznych. W murach Wydziału kształcą się obecnie ponad 3 500 studentów, a co roku opuszcza je ponad 600 absolwentów. Pół wieku — to w dziedzinie elektroniki i technik informacyjnych cała epoka. Pięćdziesiąta rocznica utworzenia Wydziału jest więc zupełnie wyjątkową okazją do podsumowującej refleksji nad dorobkiem Wydziału w zakresie kształcenia i badań naukowych. Stąd pomysł opracowania niniejszego zbioru esejów o przeszłości, teraźniejszości i przyszłości Wydziału. Zbiór ten — z jednej strony — przedstawia zarys historii Wydziału oraz syntetyczne charakterystyki działalności edukacyjnej i naukowej prowadzonej aktualnie na Wydziale, z drugiej zaś — jest próbą identyfikacji tendencji rozwojowych w zakresie systemu kształcenia i aktywności badawczej. Intencją autorów było stworzenie dzieła, które miałoby charakter do pewnego stopnia odświeżony, jubileuszowy, a jednocześnie dobrze służyć bieżącym dyskusjom na temat przyszłości Wydziału, aby mogło dotrzeć do szerokiego kręgu Czytelników, obejmującego nie tylko studentów i pracowników Wydziału, nie tylko studentów i pracowników Politechniki Warszawskiej. Stąd wybór formy literackiej bliższej publicystyce niż literaturze naukowej — formy zbioru esejów.

Struktura zbioru wynika ze specyfiki instytucji akademickiej, jaką jest Wydział. Zbiór otwierają dwa obszerniejsze eseje: pierwszy z nich pokazuje ewolucję struktur organizacyjnych Wydziału na tle przeobrażeń zachodzących w skali całej Politechniki, drugi zaś w sposób systematyczny prezentuje rozwój systemu i programów kształcenia. Pięć krótszych esejów dotyczy działalności naukowej w obszarze dyscyplin uprawianych na Wydziale oraz w zakresie ich teoretycznych podstaw. Zdecydowano się — i cała odpowiedzialność za ten wybór spada na redaktora niniejszego tomu — na wyodrębnienie czterech obszarów aktywności naukowej. Trzy z nich to: elektronika, telekomunikacja i informatyka, natomiast czwarty to obszar nauk i technik „cybernetyzujących”, obejmujący automatykę i robotykę, metrologię i systemy pomiarowe oraz inżynierię biomedyczną. Jedynym uzasadnieniem takiej klasyfikacji — niewątpliwie ułomnej pod względem logicznym — jest praktyka organizowania życia akademickiego w Polsce:

- Rada Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych nadaje stopnie naukowe w czterech dyscyplinach naukowych (elektronika, telekomunikacja, informatyka, automatyka i robotyka);
- realizowane na tym Wydziale projekty badawcze finansowane przez Komitet Badań Naukowych należą do kompetencji zespołu T-11 (*Elektronika, Automatyka i Robotyka, Informatyka i Telekomunikacja*) oraz — w znacznie mniejszym zakresie — zespołu T-10 (*Elektrotechnika, Energetyka i Metrologia*);

Roman Z. Morawski

prof. dr hab.
Gmach Elektroniki, p. 445
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa
tel. (48 22) 660-7721
e-mail:
r.morawski@ire.pw.edu.pl

- Wydział kształci na kierunkach: Automatyka i Robotyka, Informatyka oraz Elektronika i Telekomunikacja, a w przeszłości kształcił także na kierunku Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna.

Struktura każdego z esejów dotyczącego działalności naukowej jest następująca: zarys historii obszaru działalności naukowej, którego ten esej dotyczy, stan aktualny tego obszaru i jego perspektywy rozwojowe. Istotnym pierwiastkiem każdego z tych esejów jest próba odkrycia logiki rozwoju poszukiwań badawczych, próba uchwycenia dynamiki tego rozwoju. Granice dyscyplin naukowych są nieostre, a doświadczenia osobiste autorów nie zawsze wpisują się w te granice. Nic więc dziwnego, że podział treści między poszczególne rozdziały niniejszego tomu jest w pewnej mierze arbitralny, często podporządkowany bardziej wygodzie redakcyjnej niż logice klasyfikacji.

Ze względu na tradycję opracowań jubileuszowych o charakterze sprawozdawczym warto może jeszcze powiedzieć, czym zbiór esejów nie jest i jakich oczekiwań Czytelnika spełnić nie może. W warstwie historycznej nie pretenduje on do rangi dokumentu w sposób systematyczny przedstawiającego dzieje Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej. Stworzenie takiego dokumentu w stosunkowo krótkim czasie przygotowań do obchodów Jubileuszu okazało się zadaniem niemożliwym do podjęcia z wielu względów, a przede wszystkim dlatego, że w ciągu 50 lat istnienia Wydziału nie powstało archiwum, w którym byłyby przechowywane dokumenty istotne przy realizacji tego zadania. Organizacja takiego archiwum jest jednym z przedsięwzięć wpisanych do programu obchodów Jubileuszu. Zgromadzone w tym archiwum dokumenty będą zapewne wymagały profesjonalnej obróbki przez historyka instytucji akademickich. Nawet jednak po takim opracowaniu pozostaną do pokonania trudności, jakie napotkać musi każdy historyk współczesnej nauki, a wszak historia wydziału wyższej uczelni — to w zasadniczym stopniu fragment historii nauki. Pisze o nich w sposób bardzo przekonujący Maciej Iłowiecki w książce *Na oceanie czasu — historia nauki polskiej do 1945 r.* (Wydawnictwo Meda, Warszawa 2000). Stwierdza on, przede wszystkim, że źródłem trudności jest samo pojęcie *nauka*, nader wieloznacznie rozumiane w różnych językach europejskich. W języku polskim słowo *nauka* dotyczy — podobnie jak niemieckie *Wissenschaft* — raczej całego pola badawczej działalności człowieka, podczas gdy w języku francuskim i angielskim słowo *science* odnosi się tylko do dyscyplin matematyczno-przyrodniczych. Jest to również rozwijająca się historycznie forma społecznej działalności ludzi: ogół czynności i metod, z których składa się proces poznawania rzeczywistości, a z drugiej strony — określona dziedzina kultury, powiązana najściślej z całością życia i warunkami historyczno-gospodarczymi danego etapu rozwojowego społeczeństw. Powstaje więc naturalne pytanie, czym powinna być historia nauki. Czy bardziej historią instytucji i ludzi zajmujących się działalnością, którą zgodnie z duchem danej epoki można nazwać nauką; czy raczej historią samego poznawania — czyli poszukiwania prawdy, historią zmienności form tego, co w różnych okresach uznano za poznanie naukowe? A może historią rozwoju poszczególnych dyscyplin, dziejami narastania ludzkiej wiedzy — to znaczy opisem zdobywania, gromadzenia i wyjaśniania informacji? Kolejne trudności i pytania stwarza płynność granic między historią nauki a historią życia umysłowego w ogóle i związana z tym zmienność i nieostrość kryteriów określających kogo w danej epoce można zaliczyć do uczonych, jaki rodzaj twórczości uznać za naukowy. Następny problem, jaki dostrzega Maciej Iłowiecki, wynika z umowności periodyzacji historii nauki, stąd wszelkie podziały tej historii w czasie stanowią uproszczenie rzeczywistości. Procesy historyczne w istocie nie dzielą się na odcinki, jak rozdziały w książce: epoki przekształcają się w sposób ciągły i powolny, „nowe” rodzi się w „starym”, a „stare” pozostaje w jakimś sensie w „nowym”. Podobne trudności wynikają z klasyfikacji treści procesów naukowych. Granice między dyscyplinami są bowiem — jak już wspomniano — bardzo nieostre i zmienne. W każdej epoce przybierają nieco odmienny kształt i spełniają odmienne funkcje, zmienia się więź między dyscyplinami i ich wzajemne relacje logiczne. Inny jeszcze problem stwarza rozróżnienie między nauką „czystą” a wiedzą „stosowaną”, między teorią a praktyką, między materią dyscyplin naukowych a materią teoretycznych podstaw tych dyscyplin. Najostrzej widać to w naukach technicznych. W pojęciu *technika* mieszczą się bowiem i pewne umiejęt-

ności wytwarzania rzeczy, i same te rzeczy, i instytucje czy organizacje zajmujące się owym wytwarzaniem, a nawet pewne systemy wartości. Praktyka techniczna na ogół zaczyna się wcześniej niż unaukowanie związanej z nią wiedzy technicznej.

Czy jednak historia rozwoju myśli technicznej byłaby pełna bez przedstawienia konkretnych, praktycznych jej wytworów? Gdzie w technice kończy się myśl naukowa, a zaczyna twórczość wynalazcy i umiejętność tworzenia przedmiotów? A co zrobić z wybitnymi organizatorami nauki i nauczycielami akademickimi, którzy nie zawsze pozostawili po sobie dzieła o charakterze naukowym, a jednocześnie ich udział w rozwoju naukowym Wydziału mógł być niezwykle ważny? Są to pytania, na które będzie musiał odpowiedzieć sobie każdy, kto podejmie próbę metodologicznie satysfakcjonującego ujęcia dziejów Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych.

Intencją autorów niniejszego opracowania jest zainteresowanie Czytelnika historią, teraźniejszością i przyszłością Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych. Aby osiągnąć ten cel, zdecydowali się oni na eseistyczną formę prezentacji, nie rezygnując jednocześnie z pewnych elementów podręcznego kompendium wiedzy o tej instytucji akademickiej. Zadbali również o to, aby nie było ono zbyt długie, zbyt szczegółowe i zbyt „trudne” w lekturze. Jednocześnie dołożyli wszelkich starań, żeby było w miarę pełne i rzeczowe, by zawierało pewne elementy syntezy i uogólnień. Z konieczności jest ono wyborem dokonany na podstawie kryteriów w sposób intuicyjny przyjętych przez każdego z autorów. To pewna słabość tego opracowania, ale zarazem jego wartość jako tekstu autorskiego, bardzo autentycznego i — miejmy nadzieję — inspirującego.

Roman Z. Morawski





wydział w perspektywie historycznej

Historia est magistra vitae

Wydział Łączności Politechniki Warszawskiej powstał w dniu 1 października 1951 r. w wyniku wyodrębnienia się z Wydziału Elektrycznego dwóch oddziałów: Oddziału Telekomunikacji oraz Oddziału Elektrotechniki Medycznej. Owo przedsięwzięcie organizacyjne było niewątpliwie wielkim osiągnięciem władz Uczelni oraz grupy profesorów zawodowo i emocjonalnie związanych z technikami telekomunikacyjnymi. Dokonało się ono w atmosferze entuzjazmu dla odbudowy kraju ze zniszczeń wojennych, a dla części polskich obywateli — także i entuzjazmu dla budowy nowej Polski, Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej. Tak oto o tym wydarzeniu pisała prasa codzienna: *Politechnika Warszawska stała się dziś największą uczelnią techniczną w Polsce. Dzięki olbrzymim nakładom finansowym odbudowę ze zniszczeń wojennych zakończono już w 80%. Ponadto uczelnia otrzymała 5 nowych obiektów o kubaturze ponad 82 tys. m³. Obecnie trwają prace przy odbudowie 3 gmachów. Dzięki tym inwestycjom w nowym roku akademickim kształcić się będzie w tej uczelni blisko dwukrotnie więcej młodzieży niż przed wojną. Dziś Politechnika Warszawska posiada 15 wydziałów, od października rusza nowy — Łączności, podczas gdy przed wojną było ich tylko 6, a liczba katedr wzrosła do 150 w porównaniu ze 100, które istniały przed wojną.¹ ... Już 10 dni działa w Warszawie nowy Wydział na Politechnice Warszawskiej. Jest to Wydział Łączności, którego powstanie było możliwe dzięki ofiarnej pracy profesorów PW.²*

Odtwarzając okoliczności powstania Wydziału Łączności, warto uświadomić sobie, że był to czas postępującej stalinizacji życia publicznego w Polsce — czas rozprawy z politycznymi przeciwnikami nowego ustroju, paraliżu prywatnej inicjatywy w gospodarce; czas tworzenia państwowego monopolu w kulturze oraz etatyzacji i ideologizacji nauki, eliminacji z życia akademickiego „burżuazyjnej” socjologii i teorii organizacji oraz planowej dezintegracji uniwersytetów poprzez wyodrębnianie z ich struktur niektórych wydziałów i przekształcanie ich w odrębne szkoły (akademie medyczne, wyższe szkoły ekonomiczne itp.); i wreszcie — czas prymitywnej propagandy i wszechobecnej cenzury. Nie pozwalają o tym zapomnieć także notatki prasowe dotyczące szkolnictwa wyższego, które pojawiły się w związku z rozpoczęciem nowego roku akademickiego 1951/52. I tak, pośród tekstów dotyczących zobowiązań produkcyjnych podejmowanych przez robotników zakładów przemysłowych z okazji zbliżającej się rocznicy Rewolucji Październikowej, pośród tekstów dotyczących rekordowych zbiorów ziemniaków i buraków cukrowych znajdujemy takie oto informacje charakterystyczne dla owego czasu: *Liczba 123 tys. studentów studiujących na 83 uczelniach jest już sama*

¹ *Trybuna Ludu*, 26 września 1951 r., nr 257, str. 1.

² *Trybuna Ludu*, 11 października 1951 r., nr 270, dodatek, str. 3.

Roman Z. Morawski

prof. dr hab.
Gmach Elektroniki, p. 445
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa
tel. (48 22) 660-7721
e-mail:
r.morawski@ire.pw.edu.pl

w sobie wielka. Ale jej wielkość uwydatnia się w pełni dopiero w zestawieniu z liczbą studentów w Polsce przedwrześniowej. Otóż przed wojną na 32 uczelniach studiowało zaledwie 48 tys. studentów. A kimże przeważnie oni byli? Byli to synowie i córki obszarników, bogatych kupców, wyższych oficerów sanacyjnych i innych przedstawiciele bogatej burżuazji miejskiej, a jeśli chodzi o wieś — synowie kułaków. (...) Dziś stan ten zmienił się zasadniczo. W ciągu siedmiu lat Polski Ludowej rośnie z każdym rokiem odsetek studiującej młodzieży pochodzenia robotniczo-chłopskiego. W ubiegłym roku akademickim odsetek ten wynosił już 63,5%. (...) Nikomu nie grozi głód i poniewierka; 63% ogółu studentów otrzymuje stypendia państwowe. Polska Ludowa daje szerokie możliwości rozwoju talentów. Przez zorganizowanie Uniwersyteckich Studiów Przygotowawczych, wszyscy uzdolnieni ludzie, którzy z różnych powodów nie mogli ukończyć szkoły średniej, mają możliwość wstępu na wyższą uczelnię. (...) Np. Dobrosław Mroczek — robotnik-racjonalizator ze Starachowickich Zakładów. Organizacja Partyjna i Rada Zakładowa, widząc jego wybitne uzdolnienia w kierunku mechaniki i elektryki, skierowała go na studium. Oczywiście będzie studiował mechanikę na Politechnice.³ ... Dziś w 10-ciu Wieczorowych Szkołach Inżynierskich kształci się 10 tys. czołowych przodowników pracy i racjonalizatorów, którzy nie przerywając pracy zawodowej uzyskują możliwość uzyskania stopnia inżyniera o pełnych uprawnieniach po trzech latach studiów.⁴ ... Polska Ludowa otworzyła szeroko wrota przed młodzieżą robotniczą i chłopską umożliwiając studia zdolnym synom i córkom warstw niezamożnych, pragnąc stworzyć kadry nowej inteligencji, która włączy się w nurt budownictwa socjalistycznego i realizację Planu Sześcioletniego. Nigdy jeszcze warunki materialne nie układały się dla młodych, a żądnych wiedzy ludzi, tak pomyślnie jak dzisiaj. Do dyspozycji ich stoją liczne fundusze stypendialne, setki i dziesiątki domów akademickich, zaś nauka na wyższych uczelniach jest całkowicie bezpłatna.⁵

Nowy wydział Politechniki Warszawskiej nazwano Wydziałem Łączności, ponieważ tematyka telekomunikacyjna dominowała w działalności katedr, z których został utworzony. Warto przy tym wspomnieć, że we wrześniu 1950 r. Rada Oddziału Telekomunikacji wystąpiła do Ministerstwa Szkół Wyższych i Nauki z wnioskiem, aby przyszedł wydział nazywał się Wydziałem Techniki Łączności, motywując to koniecznością odróżnienia od powstającego Wydziału Łączności Wojskowej Akademii Technicznej i analogią do powstającego Wydziału Techniki Sanitarnej w Politechnice Warszawskiej oraz przekonaniem, że wyraz „łączność” charakteryzuje eksploatacyjne zastosowanie techniki łączności i z tego powodu powinien być zarezerwowany dla specjalnych szkół o charakterze raczej eksploatacyjnym jak np. szkoły Ministerstwa Poczty i Telegrafów, czy Ministerstwa Obrony Narodowej. Choć trudno odmówić pewnej logiki tej argumentacji, to chyba dobrze się stało, że wybrano nazwę krótszą: Wydział Łączności. Z wielu względów, nie tylko poznawczych, ale i pragmatycznych, na historię tego wydziału warto spojrzeć z perspektywy jego prehistorii — tj. tych wydarzeń w dziejach wyższego szkolnictwa technicznego w Warszawie, które miały wpływ na tożsamość Wydziału Łączności w chwili jego powstania — a jednocześnie w szerszym kontekście rozwoju inżynierii elektrycznej na Politechnice Warszawskiej, na tle rozwoju tej uczelni jako instytucji akademickiej i szkolnictwa wyższego jako elementu życia publicznego w Polsce.

Niniejszy esej opiera się na faktografii zaczerpniętej z następujących opracowań historycznych:

- *Historia i dorobek Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej, 1951–1976*, opracowanie jubileuszowe, Warszawa 1976;
- *Historia i dorobek Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej, 1977–1986*, opracowanie jubileuszowe, Warszawa 1986;
- A. Czubiński, *Polska i Polacy po II wojnie światowej (1945–1989)*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 1998;
- J. Karpiniński, *Wykres gorączki — Polska pod rządami komunistycznymi*, Wyd. UMCS, Lublin 2001;

³ *Zielony Sztandar*, 7 października 1951 r., nr 263, str. 1.

⁴ *Życie Warszawy*, 24 września 1951 r., nr 267, str. 1.

⁵ *Ilustrowany Kurier Polski*, 16–17 września 1951 r., nr 247, str. 3.

- W. Kawecki, *Przyczynek do historii Politechniki Warszawskiej w latach 1965–1985*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000;
- *Politechnika Warszawska 1915–1965*, PWN, Warszawa 1965;
- W. Roszkowski, *Historia Polski 1914–1995*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995;
- J. Skodlarski, *Zarys historii gospodarczej Polski*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa–Łódź 2000;
- A. Smoliński, *Oddział Telekomunikacji Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej*, Instytut Podstaw Elektroniki, Warszawa 1994;
- *Zarys historii Wydziału Elektrycznego 1921–1981*, Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1983;
- *150 lat wyższego szkolnictwa technicznego w Warszawie 1826–1976*, Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1979.

Systematyczne odwoływanie się do powyższych opracowań uczyniłoby tekst eseju praktycznie nieczytelnym. Z tego względu ograniczono odwołania do dokumentów źródłowych, takich jak protokoły z posiedzeń Rady Wydziału czy sprawozdania Dziekana. Poza tekstami cytatów z owych dokumentów konsekwentnie pomijano tytuły i stopnie naukowe oraz tytuły zawodowe osób związanych z Wydziałem. Warto przy tym zaznaczyć, że częstotliwość pojawiania się nazwisk tych osób nie wynika z jakiegokolwiek próby wartościowania ich wkładu do historii Wydziału, lecz z potrzeby ilustrowania faktami autorskiej wizji owej historii. Esej uzupełniony jest kilkoma tablicami synoptycznymi i statystycznymi ułatwiającymi porządkowanie faktów historycznych.

*Zeus też był elektrykiem*⁶

JUŻ STAROŻYTNI GRECY...

Tak właśnie można by zacząć zarys dziejów inżynierii elektrycznej, jako że Talesowi z Miletu (przełom VI i V w. p.n.e.) zwykliśmy przypisywać pierwsze próby zgłębienia tajemniczych, bo elektrostatycznych, właściwości bursztynu nazywanego przez Greków *elektronem*. Wydaje się jednak, że do uchwycenia logiki rozwoju tej dziedziny na Politechnice Warszawskiej wystarczy ograniczyć perspektywę historyczną do ostatnich dwóch stuleci.

Na początku była Szkoła Przygotowawcza do Instytutu Politechnicznego, uroczyste otwarta 4 stycznia 1826 r. w Pałacu Kazimierzowskim w Warszawie. Myśl o potrzebie utworzenia uczelni o takim charakterze dojrzała jednak znacznie wcześniej: już w 1765 r. powstała w Warszawie Szkoła Rycerska, której program obejmował architekturę cywilną i wojskową, a w 1818 r. utworzony został Oddział Budownictwa i Miernictwa przy Wydziale Nauk i Sztuk Pięknych Uniwersytetu Warszawskiego. Szkoła Przygotowawcza do Instytutu Politechnicznego miała za zadanie uzupełniać wiadomości absolwentów szkół średnich w zakresie nauk ścisłych i przyrodniczych, rysunków i języków, aby mogli podjąć studia w Instytucie Politechnicznym, w który Szkoła miała się przekształcić w roku 1830. Instytut Politechniczny miał być — jak mówił Stanisław Staszic — *skoncentrowanym zbiorem wszystkich już odkrytych i jeszcze odkryć się mających środków, jakie umiejętności matematyczne i fizyczne podają działaniom i doskonaleniu się przemysłu narodów*. Miał on składać się z czterech wydziałów: Wydziału Rolniczego, Wydziału Rękodzielniczego, Wydziału Handlowego oraz Wydziału Budownictwa i Miernictwa. Chyba jednak w swoich najśmielszych planach twórcy idei Instytutu Politechnicznego nie myśleli o inżynierii elektrycznej; był to bowiem czas, gdy Georg S. Ohm dopiero formułował podstawowe prawo przepływu prądu elektrycznego, zwa-

⁶ Autor nieznany (P. Kierski, R. Cupryjak, S. Choromański, *Sławne cytaty*, broszura wydana nakładem studentów Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych PW, 1996).

ne dzisiaj prawem Ohma (1826). Upadek powstania listopadowego — a dokładniej dekret cara Mikołaja I z dnia 19 września 1831 r. nakazujący zamknięcie wszystkich wyższych uczelni w Królestwie Polskim — pogrzebał nadzieje związane z Instytutem Politechnicznym.

Dopiero 67 lat później, inny dekret innego cara — a mianowicie dekret cara Mikołaja II z dnia 8 czerwca 1898 r. — umożliwił utworzenie Warszawskiego Instytutu Politechnicznego, wyższej uczelni technicznej z rosyjską kadrami i rosyjskim językiem wykładowym. W dniu otwarcia Instytut posiadał trzy wydziały: Wydział Mechaniczny, Wydział Chemiczny i Wydział Inżynieryjno-Budowlany, na których podjęło studia 270 studentów. Z przerwą w latach 1905–1908 funkcjonował do roku 1915, kiedy to został ewakuowany do Niżnego Nowgorodu.

W 1915 roku Warszawa została zajęta przez armię niemiecką. Władze okupacyjne, spodziewając się poparcia polskiego społeczeństwa w walce z Rosją, skłonne były do ostrożnego zaspokajania niektórych polskich aspiracji narodowych, a w tym do utworzenia w Warszawie polskich szkół wyższych. W tych okolicznościach w budynkach po ewakuowanym Warszawskim Instytucie Politechnicznym utworzona została Politechnika Warszawska. Dnia 15 września 1915 r. nastąpiło uroczyste otwarcie uczelni, która miała stać się *najwyższą uczelnią techniczną przygotowującą zarówno ludzi do przemysłu, jak i do pracy twórczej na polu nauk technicznych*.⁷ Pierwszym jej Rektorem został Zygmunt Straszewicz, a pierwszym Dziekanem Wydziału Budowy Maszyn i Elektrotechnicznego — Stanisław Patschke. Tymczasowy statut nadał Politechnice generał-gubernator Hans Hartwig von Beseler w dniu 2 listopada 1915 r. W pierwszym paragrafie tego statutu czytamy: *Politechnika Warszawska ma na celu udzielać wykształcenie wyższe, potrzebne do zawodu technicznego, oraz pielęgnować umiejętności i sztuki w zakresie wiedzy technicznej. Aby cel ten mógł być osiągnięty, każdy nauczyciel ma obowiązek nie tylko godnie reprezentować gałąź wiedzy, powierzoną jego szczególnej pieczy, ale także oddziaływać na obyczaje i charakter studiującej młodzieży w sposób zbawienny i wolny od wszelkich wpływów politycznych*. Kanclerz Rzeszy T. Bethmann-Hollweg gratulował H. H. von Beselerowi, a publicysta *Deutsche Warschauer Zeitung* wyrażał życzenie, *aby kultura europejska — kultura rzymsko-germańska — szerokim strumieniem wlała się znów do narodu polskiego, który nieledwie przez całe stulecie zmuszony był unieść się przed azjatyckim światem ducha*.⁸ Cztery wydziały Politechniki, która zatrudniała w pierwszym roku istnienia 25 nauczycieli, prowadziły w tym roku jedynie pierwszy rok studiów, na który uczęszczało ponad 600 studentów.

Prace nad koncepcją studiów politechnicznych, prowadzone od początku 1915 r. przez Sekcję Politechniczną Komisji Szkół Wyższych Towarzystwa Kursów Naukowych, a po utworzeniu Politechniki przez rady jej wydziałów, doprowadziły do ugruntowania się następującego poglądu na temat celów kształcenia przyszłych inżynierów oraz ich ogólnych kwalifikacji: *Inżynier (...) wychodzący z Politechniki powinien jak najlepiej znać warunki środowiska, w którym ma pracować, stąd konieczność praktyki podczas studiów. Powinien mieć trwałe podstawy w dziedzinie matematyki (...), fizyki, mechaniki, a także chemii. Powinien umieć stosować te podstawy do racjonalnego rozwiązywania nasuwających się w praktyce zagadnień technicznych, z przewagą metody syntetycznej, pozwalającej przewidywać wynik, stąd konieczność stosowania podczas studiów rozwiązywania odpowiednio dobranych zagadnień technicznych pod kierunkiem profesorów. Nie powinien stawać bezradnie przed koniecznością przeprowadzenia jakiejś pracy badawczej, wymagającej szerszych sposobów rachunkowych lub ścisłych metod doświadczalnych, stąd konieczność dostatecznego uwzględnienia podczas studiów prac laboratoryjnych... Politechnika nie może kształcić specjalistów (...), natomiast może, na przykładach zaczerpniętych z różnych dziedzin, nauczyć studenta samodzielnie technicznie myśleć, a zatem przysposobić go do samodzielnej twórczej pracy technicznej*.⁹ Upływ czasu nie tylko nie zakwestionował żadnego z tych stwierdzeń, ale wręcz wypełnił je głębszą treścią...

⁷ *Przegląd Techniczny*, nr 49/50, 1915.

⁸ *Przegląd Poranny*, 1915 r., nr 103.

⁹ C. Witoszyński, *Nauczanie na Wydziale Mechanicznym*. W: *Nauczanie na Politechnice Warszawskiej* (referaty wygłoszone na posiedzeniu rad wydziałów w dniu 31 maja 1933 r.), str. 21.

Próbuję przedstawić zarys wstępu do podstaw...¹⁰

OD ZWYCIĘSTWA DO KLĘSKI (1920–1939)

Po odzyskaniu niepodległości, a ściślej w roku 1920, liczba wydziałów Politechniki Warszawskiej wynosiła 5, ale już następnej wiosny Wydział Budowy Maszyn i Elektrotechniki podzielił się na dwa wydziały: Wydział Mechaniczny i Wydział Elektrotechniczny. Ten drugi został przemianowany w 1924 r. na Wydział Elektryczny i podzielony na dwa oddziały: Oddział Prądów Silnych oraz Oddział Prądów Słabych i Radiotechniki. Na początku lat dwudziestych Wydział Elektryczny otrzymał wiele urządzeń od wojska, a przyrządy pomiarowe do Laboratorium Miernictwa Elektrotechnicznego wypożyczył z Głównego Urzędu Miar. Pierwsze lata powojenne nie sprzyjały rozwojowi prac badawczych, zarówno ze względu na braki w wyposażeniu pracowni oraz na obciążenie szczupłej początkowo kadry nauczającej obowiązkami dydaktycznymi, jak i ze względu na to, że kadra ta składała się w owych latach w dużej części z inżynierów, którzy nie zawsze wykazywali zainteresowanie pracami badawczymi.

W 1921 r., a więc bezpośrednio po zakończeniu wojny polsko-radzieckiej, Politechnika zyskała trwałą podstawę prawną w postaci statutu opartego na *Ustawie o szkołach akademickich* z 13 lipca 1920 r. Zgodnie z ową *Ustawą* i statutem profesorów można było zwolnić z uczelni jedynie na podstawie postępowania dyscyplinarnego, adiunkci mogli być mianowani na stałe dopiero po dwukrotnym powołaniu na okresy trzyletnie, a starsi asystenci — angażowani na rok lub dwa — mogli pozostawać na tym stanowisku dłużej niż 6 lat jedynie w przypadku uzyskania habilitacji, tj. prawa wykładania na Politechnice Warszawskiej. Na podstawie statutu z 1921 r. Politechnika Warszawska uzyskała prawo nadawania stopni naukowych. Pierwszy doktorat uzyskał Witold Wierzbicki w 1925 r. Dwa pierwsze przewody doktorskie na Wydziale Elektrycznym zakończyły się nadaniem stopni doktorskich Januszowi Groszkowskiemu (z techniki prądów szybkozmiennych) i Józefowi Rolińskiemu (z fizyki) w roku akademickim 1927/28. W dniu 11 stycznia 1925 r. odbyła się uroczystość wręczenia pierwszych na Politechnice Warszawskiej doktoratów honorowych. Otrzymali je, na wniosek Rady Wydziału Elektrycznego, trzech niezwykle zasłużeni dla rozwoju polskiej elektrotechniki inżynierowie: Ignacy Mościcki, Karol Pollak i Aleksander Rothert. Pierwszy z nich został rok później Prezydentem Rzeczypospolitej. Okres jego prezydentury był dość pomyślny dla Politechniki pod względem finansowym i inwestycyjnym, jako że potrzeby uczelni rozumiał on lepiej niż większość polityków przed- i pomajowych. Nic więc dziwnego, że wkrótce Wydział Elektryczny uzyskał nowy gmach, otwarty uroczystość w dniu 7 grudnia 1934 r. z okazji obchodów 30-lecia pracy naukowej Ignacego Mościckiego.

W 1928/29 r. Wydział Elektryczny wysunął się na pierwsze miejsce — wśród wydziałów Politechniki Warszawskiej — pod względem liczby studentów i zajmował je przez 4 lata. Na podstawie wyników badań przeprowadzonych w 1928/29 r. można ocenić, że całkowite obciążenie przeciętnie zdolnego studenta tego Wydziału zajęciami programowymi, łącznie z samodzielną pracą własną, wynosiło wówczas średnio 2400 godzin rocznie; terminowe ukończenie studiów wymagało więc ok. 80 godzin pracy tygodniowo. Nie było to zadaniem łatwym i dlatego przeciętny czas trwania studiów o nominalnej długości 8 semestrów w latach 1925–1928 na Wydziale Elektrycznym wynosił 13,5 semestru. Przedłużanie się okresu studiów i związany z tym zaawansowany wiek absolwentów budziły niepokój. Podejmowane próby analizy przyczyn tego zjawiska niezmiennie wskazywały na przeciążenie programo-

¹⁰ J. Paczyński na wykładzie z przedmiotu *Programowanie Strukturalne* (P. Kierski, R. Cupryjak, S. Choromański, *Słowne cytaty*, broszura wydana nakładem studentów Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych PW, 1996).

we jako główną przyczynę opóźnień w studiach obok konieczności zarobkowania przez studentów i niedostatecznego przygotowania wyniesionego przez nich ze szkoły średniej.

W 1934 r. Oddział Prądów Słabych i Radiotechniki został przemianowany na Oddział Telekomunikacji. Oddział ten składał się z trzech sekcji: Sekcji Teletechniki, reprezentowanej przez istniejącą od 1924 r. Katedrę Prądów Słabych, którą kierował Roman Trehcieński, Sekcji Radiotechniki, reprezentowanej przez istniejącą od 1929 r. Katedrę Radiotechniki, którą kierował Janusz Groszkowski, oraz utworzonej w 1933 r. Sekcji Telekomunikacji Wojskowej (pierwotnie zwanej Sekcją Wojskową Prądów Słabych i Radiotechniki), opartej na działalności obu wymienionych katedr. Katedra Radiotechniki zajmowała się zagadnieniami generacji i stabilizacji drgań oraz projektowaniem lamp elektronowych, układów lampowych i urządzeń radiotechnicznych (radiokomunikacyjnych, radiofonicznych, radionawigacyjnych), działających w zakresie długo-, średnio- i krótkofalowym. Katedra Prądów Słabych zajmowała się problematyką central oraz sieci telefonicznych i telegraficznych.

Cały okres międzywojenny charakteryzował się silnymi powiązaniem Wydziału Elektrycznego z przemysłem i innymi instytucjami pozaakademickimi. Wynikające stąd znaczne zaangażowanie nauczycieli akademickich poza Uczelnią nie rodziło — jak się wydaje — konfliktów moralnych właściwych naszym czasom; wystarczającym regulatorem było rozporządzenie Prezydenta Rzeczypospolitej z 24 lutego 1928 r. o stosunku służbowym profesorów szkół akademickich, wprowadzające zakaz wykonywania przez profesorów ubocznego zajęcia zarobkowego bez zezwolenia Ministra oraz zakaz *oddawania się takiemu zajęciu ubocznemu, które mogłoby stanowić przeszkodę w (...) obowiązkach albo nie odpowiadałoby godności profesora* (art. 12). Rozwinięta współpraca Uczelni z przemysłem i innymi instytucjami pozaakademickimi była postrzegana jako źródło inspiracji do działalności badawczej. To dlatego Rektor Józef Zawadzki w sprawozdaniu za rok akademicki 1936/37 stwierdzał, że *dzięki żywej współpracy zakładów politechnicznych z przemysłem prace badawcze w Politechnice nie mają charakteru wyłącznie teoretycznego, lecz w przeważnej części zmierzają do rozwiązania zagadnień życia gospodarczego, przede wszystkim zagadnień z dziedziny obrony państwa*. Dodawał jednak: *Pilnie baczyc musimy, by prowadzenie prac techniczno-badawczych zakładów było zawsze z pożytkiem, nigdy z uszczerbkiem dla nauczania młodzieży*.

Wybory parlamentarne 1930 r. rozpoczęły okres, w którym przewaga ugrupowań sanacyjnych w Sejmie zmniejszyła zakres konfliktów między tym organem przedstawicielskim a rządem, który w tych warunkach był w stanie przeprowadzić wiele zmian legislacyjnych: ustawą z marca 1932 r. została ograniczona swoboda organizowania zebrań publicznych, w sierpniu 1932 r. minister sprawiedliwości uzyskał prawo przenoszenia oraz usuwania prezesów i wiceprezesów sądów, w październiku 1932 r. ograniczeniu uległa wolność adwokatury. Dnia 15 marca 1933 r. — po długotrwałej dyskusji ogólnokrajowej — Sejm uchwalił także nową ustawę o szkołach akademickich. Ograniczała ona autonomię uczelni — w szczególności umożliwiała usuwanie profesorów drogą dokonywania zmian organizacyjnych (przez zwijanie katedr). Naruszała poza tym obowiązującą poprzednio zasadę prymatu Senatu, wprowadzając — między innymi — wybór rektora nie na okres roczny — jak było poprzednio — ale na okres lat trzech. Ustawa ta wywoływała oburzenie środowisk akademickich i dlatego już 2 lipca 1937 r. Sejm dokonał jej nowelizacji, usuwając dużą część kontrowersyjnych uregulowań.

Cały okres międzywojenny charakteryzował się dużą aktywnością organizacyjną studentów Politechniki Warszawskiej, nierzadko zabarwioną politycznie, ale najczęściej zorientowaną na walkę o poprawę materialnych warunków studiowania i status społeczny absolwenta. Ostatni z przeprowadzonych na Politechnice strajków studenckich, w dniach 13–18 stycznia 1938 r., był protestem przeciw projektowi nadawania tytułu inżyniera absolwentom wyższych nieakademickich szkół technicznych, typu Szkoły im. H. Wawelberga i S. Rotwanda. Strajków, obok idących z kilku innych stron nacisków, skłonił rząd do wycofania projektu odpowiedniej ustawy z Sejmu.

Okres międzywojenny Wydział Elektryczny zamykał bilansem 931 absolwentów spośród 5 941 wszystkich absolwentów Politechniki Warszawskiej.

*Ziemia jest piekłem innej planety*¹¹

SZKOŁA PRZETRWANIA (1939–1945)

Z formalnego punktu widzenia i zgodnie z wolą władz okupacyjnych w latach 1939–1945 Politechnika Warszawska nie była uczelnią akademicką. We wrześniu 1939 r. jedno z laboratoriów pracowało niemal do chwili kapitulacji. Była to obsługiwana przez Romana Trechcińskiego i Stanisława Ryżkę radiostacja nadawcza — ostatnia w oblężonej Warszawie. Potem zapadła noc hitlerowskiej okupacji. W okresie chwilowego złagodzenia terroru, zarządzeniem z dnia 7 marca 1940 r. władze okupacyjne wyraziły zgodę na wykonywanie przez byłych studentów Politechniki prac dyplomowych i zdawanie egzaminów dyplomowych w okresie do 30 czerwca 1940 r., a pismem z dnia 9 maja 1940 r. — zgodę na utworzenie pewnej liczby zakładów badawczych. Na tej podstawie do listopada 1940 r. powstało 10 zakładów, w tym dwa zakłady o profilu elektrycznym. Zakład Elektrotechniczny, którym kierował Kazimierz Drewnowski, a w którym zatrudnionych było 5 pracowników naukowych i 7 pomocniczych, zajmował się badaniem i naprawą elektrycznego sprzętu mierniczego oraz maszyn do liczenia. Zakład Techniki Prądu Słabego, kierowany przez Romana Trechcińskiego, w którym zatrudnionych było 4 pracowników naukowych i 3 pomocniczych, pracował na potrzeby telefonów miejskich oraz firm *Ericsson* i *Philips*.

Od września 1940 r. część pomieszczeń Uczelni została udostępniona trzem dwuletnim szkołom zawodowym II stopnia. Były to: Państwowa Szkoła Elektryczna, której dyrektorem był Roman Trechciński, Państwowa Szkoła Metaloznawczo-Odlewnicza, prowadzona przez Kazimierza Gierdziejewskiego, oraz Państwowa Szkoła Budownictwa Lądowego i Wodnego, którą kierował Edward Warchałowski. Szkoły te działały aż do lata 1944 r., korzystając także z pomocy naukowych Uczelni. Rektor Kazimierz Drewnowski, zdegradowany przez władze okupacyjne do roli „zarządcy” majątku Politechniki Warszawskiej, wbrew okolicznościom „robił swoje”. Był podobno strasznym formalistą, przyzwyczajonym do wydawania okólników na użytek wewnętrzny, niekiedy w sprawach — powiedzmy — raczej błahych. W czasie wojny wydał, między innymi, zarządzenie porządkowe dotyczące terenu Politechniki Warszawskiej, w którym czytamy:

- § 1. *Zabrania się na terenie Politechniki Warszawskiej trzymać kury, króliki, wypasać kozy oraz inne zwierzęta.*
- § 2. *Nie wolno na terenie Politechniki opalać się na ławkach, na leżakach z częściowo lub całkowicie obnażonym ciałem itd.*

Oczywiście, nie za to zarządzenie cenimy najbardziej jego zasługi dla Uczelni, które pozwoliły na jej przetrwanie w czasie wojny...

Z dniem 1 kwietnia 1942 r. Politechnika Warszawska została przekształcona w Państwową Wyższą Szkołę Techniczną, oferującą dwuletnie nieakademickie studia inżynierskie dla absolwentów szkół zawodowych II stopnia. Jej dyrektorem został niemiecki profesor z Norimbergi, Albert Güttinger, inwalida z I wojny światowej, bez nóg, który okazał się dobrym fachowcem i człowiekiem dbającym o rozwój i poziom Szkoły. Nie przeszkadzał w uzupełnianiu wyposażenia laboratoryjnego, powiększaniu zasobów bibliotek zakładowych i wydawaniu powielanych skryptów dla studentów. Kazimierz Drewnowski mianowany został Zastępcą Dyrektora Szkoły. Jednym z czterech wydziałów Szkoły był Wydział Elektryczny z oddziałami: Energetycznym i Telekomunikacyjnym. Studia podjęło ponad 1500 słuchaczy — wszyscy narodowości polskiej. Program Szkoły kładł główny nacisk na przedmioty podstawowe, tak że jej ukończenie było w tym zakresie niemal porównywalne z uzyskaniem półdyplomu Politechniki — tym bardziej, że wiele zajęć prowadzono na poziomie wyższym od oficjalnie zadeklarowanego. Tak oto wspomina te trudne czasy Tomasz Biernacki: *Na Wydziale Elektrycznym PWST było nas około 50 studentów. System nauki był taki, że niezależ-*

¹¹ Autor nieznany (P. Kierski, R. Cupryjak, S. Choromański, *Sławne cytaty*, broszura wydana nakładem studentów Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych PW, 1996).

nie od zaliczeń, zawsze traktowanych bardzo poważnie przez naszych profesorów, zdawaliśmy prywatnie egzaminy z pełnego kursu politechnicznego. Spis tych egzaminów, rejestrację, prowadził u nas prof. Pożaryski, który praktycznie pełnił rolę Dziekana Wydziału Elektrycznego. Zajęcia odbywały się regularnie. Każdy z nas chciał się uczyć, gdyż nauka była czymś bardzo cennym. Staraliśmy się pilnie uczęszczać na zajęcia i oczywiście o żadnym pilnowaniu, poganianiu nie było mowy.¹² Nauczanie radiotechniki odbywało się według programów przedwojennych. Wykłady prowadzono w audytorium na pierwszym piętrze Gmachu Fizyki. Oprócz konspiracyjnej działalności dydaktycznej miała tam miejsce konspiracyjna działalność techniczna. Jeden ze studentów, Roman Trechciński junior (syn profesora), zajmował się konstruowaniem radiostacji nadawczych dla oddziałów Armii Krajowej. Konspiracyjna działalność techniczna i badawcza miała, oczywiście, znacznie szerszy wymiar, a jej ukoronowaniem było przekazanie aliantom w lipcu 1944 r. wyników badań niemieckiej rakiety V-2, przeprowadzonych z udziałem Janusza Groszkowskiego, Marcelego Struszyńskiego i Antoniego Kocjana. Za brak dostatecznego nadzoru w listopadzie 1942 r. Kazimierz Drewnowski został uwięziony na Pawiaku, a stamtąd przewieziony do obozu koncentracyjnego — najpierw na Majdanku, a potem w Dachau, gdzie pozostał do końca wojny. Państwowa Wyższa Szkoła Techniczna zakończyła swoją działalność 30 lipca 1944 r. Wyniki konspiracyjnej działalności akademickiej Wydziału Elektrycznego w latach 1939–1944 były imponujące: 45 osób uzyskało dyplomy inżynierskie, 6 — doktoraty, a jedna — habilitację.

*Świat stworzył Pan Bóg przy wybitnej współpracy radzieckich uczonych...*¹³

POPIÓŁ I... (1945–1951)

Proces restytucji Politechniki Warszawskiej jako uczelni akademickiej rozpoczął się 4 grudnia 1944 r., kiedy to odbyło się pierwsze posiedzenie Komisji Organizacyjnej Politechniki Warszawskiej pod przewodnictwem Jana Grubeckiego. W następnym posiedzeniu, 11 grudnia 1944 r., wziął udział Kierownik Resortu Poczty i Telegrafów, Tadeusz Kapeliński, który postawił wniosek o uruchomienie Wydziału Elektrycznego, przyrzekając pomoc swego resortu. Pierwsze zajęcia odbyły się 22 stycznia 1945 r. w Lublinie, w lokalu użyczonym przez Szkołę Budownictwa. W tym momencie nie było w Lublinie jeszcze żadnego z profesorów Politechniki Warszawskiej. Trudności kadrowe uniemożliwiały też początkowo uruchomienie wyższych lat studiów. Ogółem w lipcu 1945 r. studiowało w Lublinie już 785 studentów, z tego na Wydziale Elektryczno-Mechanicznym — 415. W tym czasie Politechnika Warszawska miała trzy siedziby: tymczasową w Lublinie, historyczną w gruzach Warszawy i formalną w Łodzi. Chaos decyzyjny z tym związany wynikał — między innymi — stąd, że Ministerstwo Oświaty nie miało sprecyzowanego programu rekonstrukcji wyższego szkolnictwa i jego rozmieszczenia w nowych granicach państwa polskiego, a — wobec braku środków łączności — jego przedstawiciele, działający w tzw. terenie, nie mieli możliwości porozumiewania się przy wydawaniu decyzji. We wrześniu 1945 r. studenci lubelscy uzyskali prawo wolnego wyboru dalszego miejsca studiów. Studenci Wydziału Elektryczno-Mechanicznego przenieśli się w większości do Łodzi, a pozostali — do Gdańska, Gliwic i Wrocławia. Podczas gdy w roku akademickim 1938/39 Politechnika zatrudniała 61 profesorów oraz 37 zastępców profesora i docentów, to w roku 1945/46 — 42 czynnych profesorów, nie licząc delegowanych do innych uczelni.

Pierwsze po „wyzwoleniu” Warszawy posiedzenie Rady Wydziału Elektrycznego odbyło się 12 kwietnia 1945 r. w Warszawie. Posiedzeniu temu przewodniczył Mieczysław Pożaryski, a udział w nim ponadto wzięli: Janusz Groszkowski i Janusz L. Jakubowski. Było to również

¹² *Politechnika Warszawska 1939–1945*, Wyd. PW, Warszawa 1990, str. 171.

¹³ A. Jakubiak na wykładzie z przedmiotu *Sygnaly i Systemy* (P. Kierski, R. Cupryjak, S. Choromański, *Sławne cytaty*, broszura wydana nakładem studentów Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych PW, 1996).

ostatnie posiedzenie, jakie odbyło się pod przewodnictwem Mieczysława Pożaryskiego, który zmarł 22 kwietnia; Dziekanem Wydziału Elektrycznego został wówczas Janusz L. Jakubowski. Projekt uruchomienia Wydziału Elektrycznego w Łodzi nie został zrealizowany, do czego przyczyniła się m.in. postawa czynnych wówczas, choć nielicznych, pracowników naukowych tego Wydziału. Z końcem września 1945 r., gdy tymczasowa siedziba Politechniki Warszawskiej w Lublinie weszła w okres likwidacyjny, zaczęło się przekazywanie majątku ruchomego do Warszawy. Dziekan Wydziału Elektrycznego zwrócił się wówczas z apelem do dyrektorów wszystkich zjednoczeń energetycznych w sprawie wyposażenia laboratoriów, pisząc: *Jako dawny wychowanek Politechniki Warszawskiej, Kolega ma obowiązek pomocy w jej odbudowie przez opodatkowanie Zjednoczenia na korzyść Wydziału Elektrycznego.*

W roku akademickim 1945/46 Wydział Elektryczny zachował przedwojenny podział na dwa oddziały: Oddział Prądów Silnych i Oddział Telekomunikacji, dzielące się na czwartym roku na sekcje. Jesienią 1945 r. uruchomiono na Oddziale Telekomunikacji trzy sekcje: Sekcję Radiotechniki, Sekcję Techniki Przenoszenia Przewodowego (nazwaną później Sekcją Teletransmisji Przewodowej) oraz Sekcję Techniki Łączenia (nazwaną później Sekcją Telekomutacji). Nie zostały wznowione sekcje wojskowe; władze wojskowe zdecydowały się bowiem na utworzenie odrębnej Wojskowej Akademii Technicznej. Działała Katedra Radiotechniki, natomiast istniejąca przed wojną Katedra Prądów Słabych nie została restytuowana — prawdopodobnie z powodu zgonu jej kierownika Romana Trechcińskiego. W pierwszym powojennym roku akademickim powołano do życia dwie nowe katedry: Katedrę Podstaw Telekomunikacji oraz Katedrę Radiologii, a w następnym roku akademickim — jeszcze trzy: Katedrę Techniki Łączenia, Katedrę Urządzeń Radiotechnicznych oraz Katedrę Budowy Aparatów Elektromedycznych.

Jesienią 1945 r. uruchomiono wszystkie cztery lata studiów w budynkach Politechniki; część zajęć Oddziału Telekomunikacji odbywała się przez dwa lata w pomieszczeniach Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego przy ul. Ratuszowej, dokąd studenci i wykładowcy nierzadko przedostawali się przez Wisłę łodziami. Kolejnymi kierownikami Oddziału Telekomunikacji byli: Janusz Groszkowski (w roku 1945/46), Witold Nowicki (w roku 1946/47) oraz Adam Smoliński (od roku 1947/48 do 1950/51). Studia na Oddziale Telekomunikacji w latach akademickich od 1945/46 do 1950/51 — podobnie, zresztą, jak i w całej Uczelni — były studiami czteroletnimi, jak przed wojną, przy czym absolwenci otrzymywali dyplom inżyniera elektryka. Liczbę absolwentów, którzy w tym czasie ukończyli owe studia we wszystkich trzech sekcjach Oddziału Telekomunikacji można ocenić na ok. 100. Część tych absolwentów została przyjęta na studia w roku 1945/46 bezpośrednio na trzeci lub czwarty rok; byli to ci studenci, którzy studia swe rozpoczęli przed wojną lub którzy studiowali podczas okupacji w tajnych kompletach. W roku akademickim 1948/49 uruchomiono studia dwustopniowe obejmujące trzyletnie studia I stopnia, prowadzące do dyplomu inżyniera, oraz dwuletnie studia II stopnia, prowadzące do dyplomu magistra inżyniera. Celem owej reformy było dostarczenie gospodarce — w możliwie krótkim czasie — znacznej liczby absolwentów przygotowanych do działalności zawodowej. Cel ten osiągnięto jednak tylko częściowo, znaczny bowiem odsetek absolwentów studiów I stopnia — inżynierów — starał się o prawo do podjęcia studiów II stopnia. Na 1359 studentów, którzy rozpoczęli studia I stopnia w 1948 r., ukończyło je w terminie 840, tj. 62%. Temu osiągnięciu liczbowemu towarzyszyło jednak wyraźne obniżenie jakości nauczania, co było w dużym stopniu wynikiem nieprawidłowego opracowania programu studiów inżynierskich, do którego usiłowano włączyć zbyt dużą część materiału teoretycznego z poprzednich programów, a który w roku 1950/51 dodatkowo wzbogacono nowymi — „egzotycznymi” dla świata akademickiego — przedmiotami: podstawami marksizmu-leninizmu oraz szkoleniem wojskowym.

W roku akademickim 1946/47 utworzono na Wydziale Elektrycznym Oddział Elektrotechniki Medycznej, reprezentowany przez dwie katedry: Katedrę Elektroniki i Katedrę Radiologii; w końcu tegoż roku akademickiego powołano również Katedrę Budowy Aparatów Elektromedycznych. Liczbę absolwentów, którzy ukończyli czteroletnie studia na Oddziale Elektrotechniki Medycznej w okresie od 1945/46 do 1950/51 można ocenić na około 100.

W końcu lat czterdziestych zacieśniła się współpraca Wydziału Elektrycznego z przemysłem i instytucjami resortowym. Było to o tyle naturalne, że dwa takie instytucje, Instytut Elektrotechniki i Państwowy Instytut Telekomunikacyjny, już w 1946 r. zajmowały część pomieszczeń

gmachu Wydziału, do którego odbudowy się przyczyniły. Duże obciążenie pracami dydaktycznymi oraz często występujące zatrudnienie nauczycieli akademickich poza Uczelnią powodowały, że intensywność pracy naukowej katedr nie była w tym czasie duża. W latach 1945–1951 katedry zaczęły już wykonywać prace badawcze i techniczno-usługowe, w czym przydatną okazała się instytucja gospodarstw pomocniczych. Z początku tylko nieliczne katedry utworzyły takie gospodarstwa; jednak od roku 1953 rozwijały się one pomyślnie przy prawie wszystkich katedrach.

W listopadzie w 1947 r. Prezydent Rzeczypospolitej Polskiej, Bolesław Bierut, zapowiedział ofensywę władz w dziedzinie kultury i nauki. Jak zapowiedział, tak uczynił. Do 1949 r. przeprowadzona została czystka wśród profesorów — głównie wśród profesorów reprezentujących nauki społeczne. Instrukcja Wydziału Oświaty i Kultury Komitetu Centralnego Polskiej Partii Robotniczej z dnia 14 września 1948 r. zalecała przesuwanie *towarzyszy z niższych stanowisk uniwersyteckich na katedry*.¹⁴ Uczelniami zaczęły rządzić komitety partyjne i organizacje Związku Młodzieży Polskiej, ingerujące w treści wykładów i oceniające „prawomyślność” profesury, a sprzyjające awansowi karierowiczów. W 1949 r. wprowadzono system nagród państwowych jako narzędzie scentralizowanej polityki kadrowej. Nauka i kultura niemal całkowicie została odcięta od kontaktów z zagranicą. W bibliotekach pojawiły się działy tzw. prohibitów, w których gromadzono literaturę uznaną za szkodliwą z „wychowawczego” punktu widzenia. Kraj znalazł się pod osłoną parasola radioelektronicznego, chroniącego jego mieszkańców przed zgubnym wpływem zagranicznych rozgłośni radiowych. Rosła presja cenzury, państwo przejmowało stopniowo w swoje ręce produkcję wydawniczą. Nasilał się terror policyjny oparty na nowych zasadach prawnych, wynikających z marksistowskiego rozumienia prawa jako „woli klasy panującej”, a w praktyce jej „awangardę”, czyli partyjnego kierownictwa. W 1949 r. zaatakowano naukę polską za „skostniałość i reakcyjność”, a Uniwersytet Jagielloński nazwano „siedliskiem zacofania naukowego”. W 1950 r. zorganizowano odrębne Ministerstwo Szkół Wyższych i Nauki, będące w praktyce organem wykonawczym Wydziału Nauki Komitetu Centralnego Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej. Czystością ideologiczną kadr naukowych zajmował się powołany przy tym Komitecie w październiku 1950 r. Instytut Kształcenia Kadr Naukowych. I Kongres Nauki Polskiej, który odbył się na przełomie czerwca i lipca 1951 r. z udziałem Bolesława Bieruta i Józefa Cyrankiewicza, przypieczętował komunistyczne upolitycznienie nauki. Na Kongresie tym, na wniosek Bogdana Stefanowskiego, podjęto następującą uchwałę: *Pierwszy Kongres Nauki Polskiej deklaruje gotowość pełnego i czynnego uczestnictwa wszystkich naukowców polskich we wspólnym dziele budownictwa socjalistycznego, gwarantującego rozkwit, siłę i szczęście naszej wyzwolonej Ojczyzny*. W październiku 1951 r. w miejsce Polskiej Akademii Umiejętności powołano do życia Polską Akademię Nauk, zorganizowaną na wzór radziecki. Profesorowie Politechniki Warszawskiej szybko przekonali się do tej nowej instytucji i już po czterech latach jej istnienia ich udział w składzie członków Polskiej Akademii Nauk, reprezentujących nauki techniczne, przekroczył 60%, o czym z dumą mówił Rektor podczas uroczystości związanych z dziesięcioleciem istnienia Politechniki Warszawskiej w Polsce Ludowej. Właściwa interpretacja tego wskaźnika wymaga uświadomienia sobie, że w owych latach dominacja Politechniki Warszawskiej wśród innych placówek akademickich kraju była znacznie wyraźniejsza niż obecnie. Jak wynika z protokołu Rady Wydziału Łączności z 15 listopada 1954 r., na Politechnikę Warszawską przypadało w owym czasie ponad 80% tematów badawczych objętych planem Ministerstwa Szkół Wyższych i Nauki!

W grudniu 1951 r. odbył się pierwszy zjazd rektorów i dziekanów, który postawił przed szkołami wyższymi poważne zadanie zwiększenia sprawności studiów, mierzonej odsetkiem studentów kończących studia, a zwłaszcza — kończących studia w nominalnym okresie ich trwania. Wśród dużych uczelni Politechnika Warszawska i Uniwersytet Jagielloński przez długi czas zajmowały w tym względzie ostatnie miejsce, co było naturalną konsekwencją prób utrzymania wysokiego poziomu kształcenia. Od 1952 r. działała Centralna Komisja Kwalifikacyjna dla Pracowników Nauki, realizująca politykę kadrową wytyczoną przez kierownictwo partyjno-rządowe.

¹⁴ P. Hübner, *Przesunięcie towarzyszy*, Forum Akademickie, nr 4, 2001, str. 45.

Nowy system zarządzania nauką i szkolnictwem wyższym opierał się początkowo na *Dekrecie o organizacji nauki i szkolnictwa wyższego* z 1947 r., który zachowywał tradycyjne instytucje akademickie, takie jak rektor, dziekan, senat i rada wydziału, ale zmieniał tryb ich powoływania: odtąd rektora powoływał Prezydent na wniosek Ministra spośród trzech kandydatów wyłonionych przez kolegium elektorów. *Dekret* uzależniał wiele decyzji Ministra od zgody ciała kolegialnego — Rady Szkół Wyższych przy Prezesie Rady Ministrów; w praktyce jednak dawał Ministrowi prawo do ingerencji w życie każdej uczelni. Z ducha przemian zadekretowanych w 1947 r., a wdrażanych w latach następnych, zrodziła się decyzja o przyłączeniu do Politechniki Szkoły Inżynierskiej im. H. Wawelberga i S. Rotwanda, co nastąpiło w 1951 r. Pisała o tym entuzjastycznie ówczesna prasa: *Politechnika Warszawska, połączona w bieżącym roku ze Szkołą Inżynierską im. Wawelberga, stała się największą w Polsce uczelnią techniczną. Obecnie Politechnika Warszawska liczy 18 wydziałów (19 rusza od 1.X.br.), na których uczy się 9 000 słuchaczy. W ciągu kilku najbliższych lat liczba ta wzrośnie do 10 000. Wprawdzie Politechnice przybywają co rok stopniowo odbudowane sale wykładowe i pracownie, ale stare mury nie byłyby w stanie pomieścić tak wielkiej rzeszy młodzieży. Dlatego też konieczna jest rozbudowa Politechniki. Plany rozbudowy są już gotowe.*¹⁵ Przyłączenie do Politechniki Szkoły Inżynierskiej im. H. Wawelberga i S. Rotwanda miało związek z przejściem całej Politechniki na system studiów dwustopniowych. Ponieważ prowadzone przez nią studia zawodowe niczym się w zasadzie nie różniły od studiów prowadzonych przez Szkołę im. H. Wawelberga i S. Rotwanda, uznano istnienie tej ostatniej za niecelowe. Minister Adam Rapacki określił przedmiot decyzji jako *połączenie szkół*, a nie włączenie Szkoły Wawelberga do Politechniki, co w istocie miało miejsce.

*Lepsze jutro było wczoraj*¹⁶

PIERWSZE PIĘCIOLECIE (1951–1956)

Likwidacja Szkoły Inżynierskiej im. H. Wawelberga i S. Rotwanda i następstwa tego posunięcia organizacyjnego dobrze charakteryzują życie codzienne szkolnictwa wyższego w epoce rozwiniętego stalinizmu. W końcu roku 1951 dekret z 1947 r. zastąpiony został *Ustawą o szkolnictwie wyższym i o pracownikach nauki*, odzwierciedlającą poglądy charakterystyczne dla tej epoki. *Ustawa* ta podporządkowywała uczelnie Ministrowi Szkolnictwa Wyższego, który miał nimi odtąd *zarządzać*. Konsekwentne przejście od kolektywnych do jednoosobowych decyzji następowało i wewnątrz Uczelni. Zgodnie bowiem z *Ustawą* Rektor, powołany przez Ministra Szkolnictwa Wyższego na czas nieograniczony, miał kierować Uczelnią i jednoosobowo odpowiadać za wykonanie jej zadań. Podlegli mu dziekani, również powołani przez Ministra na czas nieograniczony, mieli — z kolei — jednoosobowo odpowiadać przed nim za wykonanie zadań przez wydziały. *Ustawa* wprowadziła formalnie pojęcia samodzielnych i pomocniczych pracowników nauki; zmieniła tradycyjne nazwy stopni naukowych, wprowadzając — wzorem Związku Radzieckiego — stopnie kandydata nauk i doktora nauk. Przyczyniła się też do umocnienia organizacyjnej pozycji katedry, która stała się *podstawową komórką organizacyjną w szkole wyższej*; dopuściła możliwość zatrudnienia w katedrze kilku samodzielnych pracowników nauki oraz jej podziału na zakłady.

W dniu swego powstania, tj. 1 października 1951 r., Wydział Łączności składał się z ośmiu katedr byłego Oddziału Telekomunikacji Wydziału Elektrycznego, trzech katedr byłego Oddziału Elektrotechniki Medycznej tegoż Wydziału oraz powołanej właśnie Katedry Konstrukcji Telekomunikacyjnych i Radiofonii. Personel naukowy Wydziału składał się wówczas z 4 pro-

¹⁵ *Życie Warszawy*, 20 września 1951 r., nr 263, str. 4.

¹⁶ Autor nieznany (P. Kierski, R. Cupryjak, S. Choromański, *Sławne cytaty*, broszura wydana nakładem studentów Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych PW, 1996).

fesorów zwyczajnych, 8 profesorów nadzwyczajnych, 6 zastępców profesora, 8 docentów, 12 adiunktów, 60 starszych asystentów, asystentów i zastępców asystenta oraz 20 pracowników naukowo-technicznych. Wcielenie Szkoły Inżynierskiej im. H. Wawelberga i S. Rotwanda — wraz z personelem, pomieszczeniami i majątkiem — do Politechniki Warszawskiej pociągnęło za sobą przejście kilku pracowników naukowych tej Szkoły na Wydział Łączności, głównie specjalistów z zakresu teletransmisji i telekomunikacji. Wydział przejął wprawdzie przy tej okazji pewną ilość sprzętu laboratoryjnego, ale żadnych pomieszczeń nie uzyskał. Powiększyły się natomiast obciążenia dydaktyczne, trzeba było bowiem doprowadzić do dyplomów studentów zlikwidowanej szkoły.

O ile w początkowych latach po wyzwoleniu tygodniowe obciążenie programowe studenta kształtowało się na poziomie przeciętnego obciążenia w okresie międzywojennym, tj. w granicach 38–40 godzin tygodniowo, to w latach 1948–1954 na studiach inżynierskich wzrosło ono nawet do 42–48 godzin tygodniowo. Przeciążenie programów kursu inżynierskiego doprowadziło w 1952 r. do przedłużenia tego kursu dla rocznika 1951 r. i następnych do 8 semestrów z wprowadzeniem na ostatnim semestrze pracy dyplomowej i skasowaniem praktyki przeddyplomowej. Zmniejszenie obciążenia do 36 godzin tygodniowo nastąpiło dopiero przy wprowadzaniu w 1954 r. jednolitych studiów magisterskich. Na początku lat pięćdziesiątych szybko postępował na Politechnice proces mnożenia coraz węższych specjalności: o ile w 1949/50 r. liczba ich nie przekraczała 30, a więc była zbliżona do stanu z 1939 r., to w ciągu kilku lat wzrosła do 99. Tendencja ta została zahamowana dopiero w latach 1953–1954, kiedy to na trzech wydziałach — na Wydziale Architektury, na Wydziale Budownictwa Przemysłowego i na Wydziale Łączności — zastąpiono studia dwustopniowe jednolitymi 11-semestralnymi studiami magisterskimi. W wyniku wprowadzenia programów studiów jednolitych liczba specjalności uległa wówczas zmniejszeniu o ponad 20.

O ile w latach 1945–1950 zachowany był system międzywojenny, znamieny dość znaczną swobodą studiowania, o tyle od 1950/51 r. wprowadzono ścisłą dyscyplinę studiów. Na szkoły wyższe nałożono obowiązek wykonania zaplanowanych przez władze centralne zadań ilościowych w zakresie kształcenia kadr fachowych. Limity miejsc na poszczególnych specjalnościach wyznaczane były przez Ministerstwo Szkolnictwa Wyższego. Wprowadzony został wówczas kontrolowany przez starostów grup studenckich obowiązek obecności na wykładach i ćwiczeniach, a rejestracja na następny semestr uzależniona została od odrobienia wszystkich zajęć i zdania wszystkich egzaminów z poprzedniego semestru. Już w protokole z posiedzenia Rady Oddziału Telekomunikacji, które odbyło się 15 listopada 1950 r., czytamy: *W związku z zarządzeniem Prezesa Rady Ministrów z dn. 22 września 1950 r. w sprawie stosowania przepisów o socjalistycznej dyscyplinie pracy w szkołach wyższych prof. A. Smoliński podał do wiadomości treść tego zarządzenia oraz treść załączanej instrukcji Ministrów resortów zainteresowanych i powiadomił obecnych o sposobach kontroli wykonania tego zarządzenia. Funkcję Rady Zakładowej (wg § 3 tego zarządzenia) będzie pełnić Komisja w składzie: prof. Groszkowski, prof. Kuhn, inż. Kiliński. Sprawozdania o wykonaniu zarządzenia należy składać co tydzień do dziekanatu, a nie jak dotąd — do Rektoratu. Rok później następuje konkretyzacja: *W sprawie zapoznania opiekunów z dyscypliną pracy Ob. Prof. Kiliński zwołał zebranie opiekunów. Interpretacja zarządzenia Ministerstwa Szkół Wyższych i Nauki w sprawie dyscypliny pracy: 3 spóźnienia liczone są jako 1 godzina nieobecności na wykładach. Karę oblicza się dniówkowo. Na podstawie raportów dniówkowych opiekunowie sporządzają raporty tygodniowe, miesięczne i całkowite semestralne. 6 godzin nieobecności na ćwiczeniach i wykładach liczy się za 1 dzień nieobecności.*¹⁷ Po kilku latach bardzo ścisłej dyscypliny formalnej, obowiązującej pod rygorem skreślenia z listy studentów, w 1956 r. nastąpiło pewne jej rozluźnienie na rzecz dyscypliny merytorycznej, jednakże złagodzony system semestralny i kontrolowany przymus bieżącej realizacji programu przez studentów obowiązują do dziś. W roku 1950 trzeba było jednak godzić wymagania socjalistycznej dyscypliny pracy z żądaniami artykułowanymi przez młodzież, a właściwie przez najbardziej „klasowo dojrzałą” jej część — nawet tymi najbardziej absurdalnymi, jak te zapisane w protokole z narady wytwórczej na Oddziale Telekomunikacji, która odbyła się 24 ma-*

¹⁷ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Łączności z dnia 14 listopada 1951 r.

ja 1950 r.: ...przystosować lektoraty do potrzeb uczelni technicznych (zmniejszyć nacisk na fonetykę zaś zwiększyć na terminologię techniczną), ...zmienić nieprzyjazny stosunek niektórych profesorów i asystentów do studentów, ...doprowadzić do takiego stanu, ażeby egzaminy ze wszystkich przedmiotów odbywały się dość często, np. co tydzień.

W 1950 r. weszła w życie ustawa o przymusowym kierowaniu do pracy na okres pięcioletni, która objęła wszystkie wydziały Politechniki. System ten był negatywnie postrzegany przez młodzież nie tylko ze względu na występujący w nim element przymusu, ale także ze względu na jego korupcyjność: lepsze miejsca przeznaczane były zwykle dla aktywistów Związku Młodzieży Polskiej — niezależnie od ich wyników w nauce i uzyskanej specjalizacji. Przydziały pracy zostały zaniechane dopiero w roku 1956. Przymusowe kierowanie do pracy absolwentów politechnik pozostawało w związku z ideą przyspieszonego uprzemysłowienia jako warunku „budowy podstaw socjalizmu”, która tkwiła głęboko w teorii i praktyce komunizmu. Dla twórców tego systemu bowiem przemysł — a zwłaszcza przemysł ciężki — był materialną podstawą władzy, jako że dawał on możliwość jej uzbrajania, a jednocześnie był środkiem przekształcenia struktury społeczeństwa.

Biurokratyzacja życia publicznego, tak charakterystyczna dla okresu stalinizmu, szybko objawiła się i w życiu akademickim. Wzrost zadań planistycznych i kontrolnych, a raczej pseudoplanistycznych i pseudokontrolnych, pociągnął za sobą rozrost administracji akademickiej Politechniki Warszawskiej. Już jesienią 1951 r. zwiększono liczbę prorektorów do dwóch, rok później — do czterech, a w roku 1954 — do ośmiu. Jednocześnie narastały trudności w zakresie rozwoju kadr akademickich. Aby im zaradzić, na wiosnę 1954 r. po raz pierwszy opracowano plan rozwoju młodej kadry naukowej. Poziom naukowy młodej kadry nie mógł się jednak podnosić bez intensyfikacji prac badawczych katedr, a przeszkodą w rozwoju tych prac — oprócz trudności w pozyskaniu odpowiedniego wyposażenia laboratoryjnego — było dodatkowe zatrudnienie dużej części (35% w końcu 1955 r.) samodzielnych pracowników nauki Politechniki — w tym wszystkich niemal najwybitniejszych — w instytutach resortowych oraz powstających w tym czasie placówkach naukowych Polskiej Akademii Nauk. Powiązania z Akademią miały zresztą nierzadko charakter instytucjonalny. I tak, na Wydziale Łączności w Katedrze Radiotechniki został utworzony Zakład Elektroniki PAN, natomiast Katedra Elektroakustyki ściśle współpracowała z Zakładem Badań Drgań w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN, którego dyrektorem był Ignacy Malecki, kierownik tej Katedry. Gorzej chyba było ze współpracą międzykatedralną, gdyż — jak pisał Dziekan Wydziału, Cezary Pawłowski: ...dotychczas nie daje się dostrzec objawów zorganizowanej współpracy Katedr na Wydziale Łączności w szerszym tego słowa znaczeniu. Jeśli zarodki tej współpracy istnieją, to ograniczają się one tylko do katedr o zbliżonej specjalności.¹⁸ Na przeszkodzie rozwojowi prac badawczych stało także — obok dodatkowego zatrudnienia nauczycieli akademickich — znaczne ich zaangażowanie w pracach usługowych dla przemysłu i innych działów gospodarki narodowej, prowadzonych w ramach tzw. gospodarstw pomocniczych, które istniały wówczas w ok. 75% katedr. Metody planowania i finansowania prac badawczych stopniowo się komplikowały. Uchwała Prezydium Rządu z 7 stycznia 1955 r. określiła system finansowania gospodarstw pomocniczych i zasady podziału przychodów uzyskiwanych w ramach tych gospodarstw, ograniczając jednocześnie czas, jaki pracownicy uczelni mogli poświęcać na wykonywanie prac zleconych. Mimo narastających trudności mówiło się o sukcesie w sferze paradygmatu nauki: Zwycięstwo ustroju socjalistycznego w naszym kraju zmieniło i zmienia rewolucyjnie styl naszej pracy naukowej, a przede wszystkim zmienia stosunek nauki do potrzeb narodu. W rozwoju nauk technicznych w okresie X-lecia oddalono się, a nawet — można powiedzieć — zerwano całkowicie z teoretyczno-spekulacyjnym charakterem nauki kapitalistycznej.¹⁹ Nic więc dziwnego, że przy wyborze referatów na sesję naukową młodych pracowników nauki zalecono udzielać pierwszeństwa pracom wiążącym się z ważnymi zagadnieniami gospodarczymi kraju i planem 6-letnim...²⁰

¹⁸ *Dziesięciolecie Politechniki Warszawskiej w Polsce Ludowej 1945–1955*, PWN, Warszawa 1956, str. 303.

¹⁹ *Ibid.*, str. 13.

²⁰ *Sesja Naukowa Młodych Pracowników Nauki*, Zeszyty Naukowe Politechniki Warszawskiej, PWN, Warszawa 1955, str. 4.

W marcu 1955 r. Ministerstwo Szkolnictwa Wyższego wydało zarządzenie w sprawie eksternistycznych kursów magisterskich, mających umożliwić inżynierom uzyskanie dyplomów magisterskich bez przerywania pracy zawodowej. Wydział Łączności wyprzedził tę inicjatywę Ministerstwa, uruchamiając już w 1954 r. taki kurs w zakresie techniki fal ultrakrótkich na terenie Zakładów Radiowych im. Marcina Kasprzaka. Rok później Wydział zorganizował podobny kurs w Instytucie Łączności dla inżynierów zatrudnionych w placówkach podległych Ministerstwu Łączności; na kurs ten zostało zakwalifikowanych 120 inżynierów.

Po śmierci Stalina w 1953 r. rozpoczął się powolny demontaż systemu politycznego związanego z jego imieniem. W Polsce proces ten uległ przyspieszeniu dopiero po śmierci Bolesława Bieruta, w marcu 1956 r. Wydarzenie to celebrowane było jeszcze w stylu minionej epoki, o czym świadczy także list studentów Politechniki Warszawskiej do Rektora, Aleksandra Dyżewskiego — list, w którym czytamy: *...Z początku nie chcieliśmy wierzyć, w naszych umysłach nie mogło się to pomieścić, wydawało się, że taki człowiek jak On musi żyć wiecznie, by pracować dla Ojczyzny; dlatego ból w naszych sercach jest wielki*²¹. Już na kwietniowym posiedzeniu Rada Wydziału Łączności podjęła delikatny temat rehabilitacji profesorów szykanowanych w latach stalinizmu. Świadczy o tym następujący zapis w protokole z 24 marca 1956 r.: *Prof. Ryżko omawia sprawę możliwości rehabilitacji prof. Zienkowskiego. Bardziej szczegółowo referuje to zagadnienie prof. Wróbel, który zajmuje się nim, jako były opiekun rocznika studenckiego, który przed kilku laty potępił prof. Zienkowskiego. Prof. Wróbel zaznaczył, że jest w trakcie badania sprawy i nie ma jeszcze ostatecznie sprecyzowanego poglądu. Po dyskusji (...) postanowiono na wniosek mgr. Felickiego powołać komisję do zbadania możliwości rehabilitacji prof. Zienkowskiego. Do komisji obrano prof. Groszkowskiego, prof. Maleckiego, prof. Wróbla i mgr. Felickiego. Zbliżał się czas, kiedy przywrócono prawo nauczania wielu wybitnym humanistom polskim usuniętym z uniwersytetów: Romanowi Ingardenowi, Władysławowi Tatarkiewiczowi, Stanisławowi Ossowskiemu i Marii Ossowskiej...*

*Towarzysz Wiesław ma rację, mamy w Polsce demokrację*²²

OD PRZEŁOMU DO PRZEŁOMU (1956–1968)

W ciągu roku 1956 nastąpiła liberalizacja systemu politycznego w Polsce. W procesie zachodzących wówczas przemian politycznych miała swój udział społeczność Politechniki Warszawskiej. W czasie gorących dni października 1956 r., podczas obrad VIII Plenum Komitetu Centralnego Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej, odbyły się w Gmachu Głównym trzy wiece, z których najważniejszy miał miejsce 19 października, jako że w czasie jego trwania uchwalono wniosek o przekazanie wspólnego listu młodzieży i organizacji partyjnej Politechniki Warszawskiej uczestnikom trwającego Plenum. Atmosferę wiecu, w którym wzięło udział kilkanaście tysięcy osób, doskonale oddaje następująca notatka prasowa: *Oto aula Politechniki Warszawskiej. Tysiące młodych ludzi zapelniają przejścia i krużganki. Atmosfera jest pełna powagi i spokojnej stanowczości. (...) W kierownictwie wiecu znajdują się przyjmowani owacyjnie członkowie komitetów partyjnych Politechniki, Uniwersytetu i delegaci młodzieży robotniczej i studenckiej z Krakowa i Nowej Huty. (...) W głębokiej ciszy przedstawiciel Politechniki rozpoczyna odczytywanie tekstu listu do VIII Plenum. Gorący aplauz towarzyszy nieomal każdemu fragmentowi tego listu. Sala jest młoda, przejęta zapałem i wiarą w zwycięstwo naszej słusznej sprawy. (...) Na podium pojawia się przedstawiciel młodzieży Uniwersytetu Warszawskiego. To, co mówi, w treści odpowiada listowi Politechniki Warszawskiej. Następnie, witany entuzjastycznie przez warszawskich studentów, wchodzi na podium de-*

²¹ *Politechnik*, nr 3/40, 1–15 marca 1956 r., str. 1.

²² Z piosenki studenckiej z 1968 r.

legat młodzieży Krakowa i Nowej Huty. (...) W rojną aulę Politechniki wchodzi delegacja żałogi Żerania. Sala krzyczy, bije brawa, wszyscy zrywają się z miejsc.²³ Przypomnijmy, że obiektem owacji był Lechosław Goździk, sekretarz organizacji partyjnej w Fabryce Samochodów Osobowych na Żeraniu, który owej jesieni cieszył się niezwykle popularnością. Na zakończenie wiecu na Politechnice uchwalono list do VIII Plenum Komitetu Centralnego Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej, w którym uczestnicy zebrania wyrazili całkowite poparcie dla rezolucji młodzieży UW i listu POP FSO na Żeraniu do VIII Plenum KC PZPR (...), domagali się szybkich zmian w systemie zarządzania przemysłem, w myśl koncepcji samorządu robotniczego (...), żądali również ujawnienia danych ekonomicznych, dotyczących naszej gospodarki, a zwłaszcza inwestycji handlu zagranicznego i ogólnej sumy wydatków na obronę narodową.²⁴

Liberalizacja systemu politycznego nie pozostała bez wpływu na funkcjonowanie systemu szkolnictwa wyższego, ale też i nie doprowadziła do gruntownej jego odnowy. W dniu inauguracji roku akademickiego 1956/57 wydawało się, że kierownictwo polityczne kraju przystało na to, że: *Władze uczelni powinny być wybrane przez samych uczonych, poważną część spraw znajdujących się dotychczas w kompetencji ministerstw, [należy] przekazać bezpośrednio uczelniom, decyzje władz centralnych szkolnictwa wyższego muszą być wcześniej konsultowane przez naukowców, [należy] zwiększyć płace pracownikom nauki, znieść biurokratyczne normowanie pracy uczonego.*²⁵ W dniu inauguracji roku akademickiego 1956/57 wydawało się, że najważniejsze problemy zostały już rozwiązane: *Znieśliśmy administracyjne formy zapewnienia niezbędnej dyscypliny studiów. Znieśliśmy system nauczania polegający na prowadzeniu młodzieży za rączkę. (...) Znieśliśmy drobiazgowo, biurokratyczne kierowanie odgórne życiem uczelni. Nasze uczelnie i wydziały mają obecnie dużą swobodę w ustalaniu szczegółowego planu studiów, w organizacji procesu nauczania, w planowaniu pracy badawczej.*²⁶ Specyfiką instytucji akademickich jest jednak znaczna inercja procesów decyzyjnych i adaptacyjnych, a wszak już w rok po VIII Plenum Komitetu Centralnego Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej grzebano nadzieje na trwałą liberalizację systemu politycznego. Wydarzeniem w znacznej mierze symbolicznym była likwidacja tygodnika *Po Prostu*. Protest społeczeństwa, w tym także studentów Politechniki Warszawskiej, przybrał formę zamieszek ulicznych w dniach 2–5 października 1957 r., które zostały brutalnie stłumione przez specjalne oddziały milicji. Użycie siły oznaczało zerwanie z metodą dialogu politycznego i początek odwrotu od obietnic październikowych. Zanim jednak do tego doszło, na fali „odwilży”, 10 września 1956 r., znowelizowano *Ustawę o szkolnictwie wyższym i o pracownikach nauki* z 1951 r. Została przywrócona wybieralność na kadencje trzyletnie rektora i prorektorów, a na kadencje dwuletnie — dziekanów i prodziekanów, a więc pośrednio i senatu. Powróciła także instytucja doktoratów honorowych, co natychmiast wykorzystało środowisko naukowe Wydziału Łączności, z którego inicjatywy już 10 września 1956 r. tytuł ten nadano Baltazarowi van der Polowi — specjalście w dziedzinie radiofizyki i radiotechniki (a zwłaszcza — teorii drgań nieliniowych), profesorowi Uniwersytetu Technicznego w Delft, Dyrektorowi Międzynarodowego Komitetu Doradczego Radiokomunikacji — przebywającemu właśnie w Warszawie w związku z sesją tego Komitetu... Było to wydarzenie o tyle spektakularne, że kontakty z zagranicznymi ośrodkami naukowymi od początku lat pięćdziesiątych ograniczały się niemal wyłącznie do uczelni radzieckich.

W styczniu 1957 r. obradowało w Warszawie Zgromadzenie Ogólne Polskiej Akademii Nauk. W swoim referacie programowym sekretarz naukowy Akademii, a zarazem partyjny prominent, Henryk Jabłoński, wypowiedział się na rzecz tezy, że *Polska Akademia Nauk jest autonomiczną organizacją uczonych*. Prezesem Akademii został Tadeusz Kotarbiński, wiceprezesami — Janusz Groszkowski, Kazimierz Kuratowski i Władysław Szafer, a sekretarzem naukowym — ponownie Henryk Jabłoński. Wydawało się, że nauka polska uzyskała pewną niezależność od decyzji partyjnych; niestety, jej dzieje po roku 1956 są historią rosnącego

²³ *Życie Warszawy*, 20 października 1956 r., nr 251, str. 1–2.

²⁴ *Życie Warszawy*, 19 października 1956 r., nr 250, str. 1.

²⁵ *Trybuna Ludu*, 1 października 1956 r., nr 274, str. 1.

²⁶ *Ibid.*, str. 1.

uzależnienia... Był to jeden z powodów, dla których do głębszej reformy prawa akademickiego doszło dopiero dwa lata później: 5 listopada 1958 r. Sejm uchwalił *Ustawę o szkolnictwie wyższym*. Najistotniejszym postanowieniem tej *Ustawy* było złożenie odpowiedzialności za pracę uczelni na samodzielnych pracownikach nauki. Zastrzeżenia w środowiskach wyższych uczelni budziły jej postanowienia dotyczące tzw. rotacji pomocniczych pracowników nauki, ograniczające pracę na stanowisku asystenta do lat 2, a na stanowiskach starszego asystenta i adiunkta do lat 6 i warunkujące awans na stanowisko adiunkta uzyskaniem doktoratu. Regulacje te okazały się jednak skuteczne: o ile w 1959 r. jedynie 16% adiunktów Uczelni posiadało doktoraty, to po sześciu latach odsetek ten osiągnął 87%. Zlikwidowanie Centralnej Komisji Kwalifikacyjnej dla Pracowników Nauki, co nastąpiło z mocy *Ustawy*, podniosło znaczenie uczelni w zakresie postępowania nominacyjnego na docentów i profesorów. Nauka rozwijała się po 1956 r. w korzystniejszych niż dotąd warunkach: znacznie zmalała presja ideologiczna; pracownicy nauki uzyskali możliwość swobodnego określania tematyki badań, choć już w 1958 r. zwiększały się naciski na *ideologiczną słuszność* osiąganych rezultatów, szczególnie w naukach humanistycznych; nadal więc lepsze warunki do pracy naukowej mieli przedstawiciele dyscyplin technicznych i matematyczno-przyrodniczych.

Wprowadzonym równolegle z *Ustawą* formalnoprawnym instrumentem intensyfikacji prac naukowych było zarządzenie Ministerstwa Szkolnictwa Wyższego ograniczające dodatkowe zatrudnienie pracowników pomocniczych do wymiaru połowy etatu. Przestrzeganie zaś zaniedbywanej dawniej zasady uzyskiwania przez profesorów i docentów zgody Ministra na dodatkowe zatrudnienie doprowadziło do stopniowego zmniejszenia się grupy pracowników zatrudnionych dodatkowo poza Uczelnią. W roku 1961/62 wprowadzono ponadto wysokie dodatki do wynagrodzeń dla pracowników zajmujących tylko jeden etat oraz ograniczenia administracyjne utrudniające otrzymywanie zezwoleń na dodatkowe zatrudnienie. Czynnikiem stymulującym rozwój prac badawczych miała być także publikacja ich wyników w *Zeszytach Naukowych Politechniki Warszawskiej*, które ukazywały się wprawdzie od 1953 r., ale dopiero od 1958 r. wydawane były przez Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, działające na prawach gospodarstwa pomocniczego. Pracownicy Wydziału Łączności publikowali zwykle w serii *Elektryka* — jednej z sześciu istniejących serii *Zeszytów*. Istotne działania podjęła Politechnika Warszawska w latach sześćdziesiątych w celu rozwinięcia zainteresowań nauczycieli akademickich zagadnieniami dydaktycznymi i podwyższenia ich kwalifikacji dydaktycznych. W maju 1963 r. powołany został Ośrodek Metodyczny, który podjął zadania związane z analizą i oceną skuteczności procesu dydaktycznego oraz prace zmierzające do jego usprawnienia, problem pedagogizacji kadry nauczającej... itp. W 1964 r. Ośrodek przekształcony został w Zakład Metod Nauczania i Wychowania.

W latach pięćdziesiątych nastąpił wyraźny wzrost odsetka młodzieży robotniczej i chłopskiej wśród studentów Politechniki Warszawskiej: z 15,8% w roku 1949 r. do 52,3% w roku 1955. Podstawą ekonomiczną tego zjawiska były stypendia i domy studenckie. Zgodnie z ustawą o stypendiach z 1950 r. mieszkanie w domu studenckim było bezpłatne, a stypendium państwowe — powszechnie dostępne. W 1952/53 r. 77% studentów Politechniki Warszawskiej (w całej Polsce ok. 70%) było stypendystami. W ten oto sposób urzeczywistniła się teza, że: *Sprawa studiów ze sprawy osobistej, prywatnej studenta stała się sprawą społeczną, sprawą obchodzącą całe społeczeństwo.*²⁷ Wydział Łączności wyraźnie nie nadążał za przemianami społecznymi, bo w roku 1955 wśród studentów tego Wydziału tylko 43,3% studentów pochodziło z rodzin robotniczych lub chłopskich. Miało to być może związku z tym, o czym mówił Dziekan, Cezary Pawłowski, przy okazji dziesięciolecia Politechniki Warszawskiej: *Studia na Wydziale Łączności są dość trudne i wymagają od studentów uzdolnień w dziedzinie matematyki i fizyki. Wobec dużej liczby zgłaszających się na studia, dobór odpowiednio uzdolnionych kandydatów jest możliwy przez ustalenie wysokich konkursowych ocen egzaminów wstępnych z matematyki, fizyki i nauki o Konstytucji.* I nie pomogło nawet to, że przy rekrutacji studentów *brano pod uwagę pochodzenie społeczne i wyrobienie społeczne kandydata.*²⁸ Od roku 1956 rozpoczął się spadek zainteresowania studiami politechnicznymi

²⁷ *Ibid.*, str. 26.

²⁸ *Dziesięciolecie Politechniki Warszawskiej w Polsce Ludowej 1945–1955*, PWN, Warszawa 1956, str. 291.

wśród młodzieży pochodzenia chłopskiego i nieco mniej wyraźny wśród młodzieży pochodzenia robotniczego. Następstwem skierowania znacznych środków finansowych na szkolnictwo w latach pięćdziesiątych był zauważalny wzrost poziomu wykształcenia polskiego społeczeństwa: w 1960 r. już 2% Polaków miało wyższe wykształcenie, następne 10% — średnie, a 30% — podstawowe. Dane te mogłyby być zapewne powodem do optymizmu, gdyby nie fakt, że poziom szkolnictwa — także wyższego — uległ w latach pięćdziesiątych gwałtownemu obniżeniu. Tym, być może, należy tłumaczyć wyhamowanie procesów edukacyjnych na progu lat sześćdziesiątych. Funkcjonujący od 1950 r. system przymusowego kierowania absolwentów uczelni do pracy został zaniechany w 1956 r. Ponieważ jednak stwierdzono, iż pełna swoboda wyboru zatrudnienia prowadzi do poważnych dysproporcji w rozmieszczeniu kadry z wyższym wykształceniem, już w 1964 r. Sejm uchwalił ustawę o planowanym zatrudnieniu absolwentów szkół wyższych. W myśl tej ustawy do pracy kierowany był każdy absolwent, który nie miał stypendium fundowanego, ani nie podpisał na czwartym lub piątym roku studiów umowy z jednym z zakładów pracy. Prawdziwe motywy nowej inicjatywy legislacyjnej wyjaśnione zostały podczas narady dziekanów w Ministerstwie Szkolnictwa Wyższego, która odbyła się 5 marca 1964 r.: *W uczelniach rolniczych zaledwie 1/4 absolwentów wyraża chęć pracy w PGR-ach. Nowa ustawa o zatrudnianiu absolwentów jest podyktowana przede wszystkim potrzebami szkół rolniczych.*²⁹ Podczas tejże narady dziekani mogli się ponadto dowiedzieć, że *rady wydziałowe powinny zajmować się wprowadzaniem w życie Uchwał XI i XIII Plenum KC PZPR.*³⁰

Po rozwiązaniu Związku Młodzieży Polskiej w 1957 r. nastąpiła aktywizacja Zrzeszenia Studentów Polskich — także w zakresie takich form samopomocy studenckiej, jak kasy zapomogowo-pożyczkowe oraz studenckie punkty usługowe. Te ostatnie zostały połączone w 1962 r. w Studencką Spółdzielnię Pracy *Universitas*, obejmującą studentów wszystkich uczelni stolicy. Pierwszy studencki punkt usługowy w Warszawie, słynny *Maniuś*, powstał w 1956 r. na Politechnice Warszawskiej i świadczył usługi głównie w zakresie trzepania dywanów, przesuwania szaf i innych robót pomocniczych. Inny punkt, *Radius*, specjalizował się w naprawie radiodbiorników i telewizorów i był domeną studentów Wydziału Łączności.

W latach 1955–1963 istotnie zwiększyła się liczba katedr na Wydziale Łączności: powołano — między innymi — Katedrę Fizyki Ogólnej „B”, Katedrę Matematyki „E”, Katedrę Elektrotechniki Teoretycznej „A”. Utworzenie katedr, zaspokajających przede wszystkim potrzeby dydaktyczne pierwszych lat studiów, uniezależniło Wydział Łączności od innych wydziałów. Z kolei powstanie znacznej liczby katedr tematycznie mniej lub bardziej oddalonych od telekomunikacji, uzasadnione postępowaniem nauk technicznych i techniki, sprawiło, iż nazwa Wydziału przestała odpowiadać zakresowi jego działalności. Z tego powodu w dniu 1 września 1966 r. doszło do zmiany nazwy Wydziału: odtąd, aż do roku 1994, Wydział nosił nazwę „Wydział Elektroniki”. Zmianę nazwy Wydziału poprzedziła wieloletnia dyskusja, skomplikowana koniecznością konsultowania propozycji ze środowiskami wydziałów łączności na innych uczelniach; decyzja należała bowiem do Ministerstwa i miała dotyczyć wszystkich tych wydziałów. Już 27 września 1960 r. Feliks Błocki zaproponował Radzie Wydziału nazwę „Wydział Teleelektryczny”. W protokole z posiedzenia tejże Rady, które odbyło się 18 kwietnia 1961 r., czytamy natomiast, że *proponowana jest ewentualna zmiana nazwy Wydziału Łączności na Wydział Telekomunikacji i Elektroniki oraz że propozycja ta spotkała się z ogólną aprobatą zebranych.* Jednak 30 marca 1965 r. — na wniosek Dziekana — Rada Wydziału podjęła uchwałę zawierającą wystąpienie do Ministerstwa Szkolnictwa Wyższego o zmianę nazwy Wydziału Łączności na „Wydział Elektroniki”. W dyskusji poprzedzającej podjęcie tej uchwały stwierdzono, że: *nazwa „elektronika” używana jest w Polsce w podwójnym znaczeniu. Znaczenie szersze rozpowszechnione w społeczeństwie obejmuje całokształt zagadnień związanych z przemysłem elektronicznym i urządzeniami elektronicznymi szeroko pojętymi. Znaczenie węższe obejmuje tylko technologię przyrządów elektronicznych (lampy i tranzystory) oraz podzespołów.*³¹ Tak więc względ na odczucia językowe ludu polskiego zdecydo-

²⁹ Protokół Nr 30 z posiedzenia Rady Wydziału Łączności w dniu 7 kwietnia 1964 r.

³⁰ *Ibid.*

³¹ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Łączności z dnia 30 marca 1965 r.

wał o wyborze nowej nazwy Wydziału. Odtąd przez blisko 30 lat słowo „elektronika” wypełniane było coraz szerszą treścią — coraz bardziej wykraczającą poza zakres znaczeniowy angielskiego pierwowzoru *electronics*. Historycy polskich instytucji akademickich w Polsce wyjaśniają nam zapewne, jak to się stało, że zgodnie w tym uczestniczyły odpowiednie wydziały kilku polskich politechnik...

W połowie lat sześćdziesiątych nastąpiła radykalna poprawa sytuacji lokalowej Wydziału w związku z oddaniem do jego wyłącznego użytku nowego gmachu o kubaturze około 100 000 m³ i powierzchni użytkowej około 15 000 m². Budowę tego gmachu rozpoczęto w 1959 r., przy czym projekt koncepcyjny opracowywał zespół architektów z Politechniki Warszawskiej na podstawie założeń i danych przygotowanych przez Witolda Nowickiego jeszcze w pierwszej połowie lat pięćdziesiątych. Seniorem budowy gmachu został Stanisław Judycki. Gmach zaprojektowano, zakładając limit rekrutacyjny 240 studentów rocznie; warto o tym wspomnieć w roku 2001, gdy limit ten zbliżył się do 1000. Nie obyło się bez kłopotów, o których tak mówił Zbigniew Gniewiński na posiedzeniu Rady Wydziału w dniu 17 listopada 1959 r.: *będą trudności finansowe podczas realizacji budowy, gdyż koszt budowy jest wyceniony orientacyjnie na 100 milionów zł, a roczne kredyty MSW są w wysokości 6 milionów zł*. Na tymże posiedzeniu Janusz Groszkowski wysuwał wątpliwość, *czy budynek ten nie będzie pewną kompromitacją w stosunku do podobnych budowanych zagranicą (toalety itp.)*. Choć pierwsze przeprowadzki do nowego gmachu Wydziału miały miejsce już w roku 1963, za datę jego inauguracji można uznać dzień 14 maja 1965 r., kiedy to odbyło się uroczyste posiedzenie Rady Wydziału Łączności, w którym udział wzięli — jak czytamy w protokole — *liczni zaproszeni goście oraz przedstawiciele prasy i telewizji*. To pierwsze posiedzenie Rady w nowych murach zorganizowano w celu uczczenia umownie rozumianego dwudziestolecia działalności Wydziału oraz z okazji wręczenia dyplomów absolwentom. Były przemówienia okolicznościowe, gratulacje i lampka wina w pomieszczeniach biblioteki wydziałowej...

W roku 1966 nastąpiła likwidacja istniejącej w Warszawie Wieczorowej Szkoły Inżynierskiej i włączenie jej do Politechniki Warszawskiej pod postacią tzw. Wieczorowego Studium Zawodowego. Fakt ten w odniesieniu do Wydziału Elektroniki pociągnął za sobą przyjęcie nielicznego personelu i nieznaczne zwiększenie ilości sprzętu z jednoczesnym uruchomieniem trzech specjalności tego Studium: radiotechniki, teletransmisji i telekomutacji. W tymże roku akademickim, za sprawą dyrektyw ministerialnych, nastąpiło skrócenie czasu studiów z 11 do 10 semestrów, a z inicjatywy Dziekana Stanisława Sławińskiego — zapoczątkowanie cosemestralnej rekrutacji z jednoczesnym prowadzeniem zajęć na wszystkich semestrach studiów. Zmodyfikowany został również system egzaminów wstępnych: odtąd postępowanie kwalifikacyjne opiera się wyłącznie na sprawdzanych anonimowo pracach pisemnych oraz przetwarzaniu danych o wynikach egzaminu przez komputer. W roku akademickim 1967/68 nastąpiło uruchomienie w niektórych specjalnościach (teletransmisja i aparatura pomiarowa) trzyletniego kursu inżynierskiego; pierwsi absolwenci tego kursu uzyskali dyplomy w roku akademickim 1970/71.

W połowie lat sześćdziesiątych władza doszła do wniosku, że proporcja liczby kształconych przez politechniki magistrów inżynierów i liczby kształconych inżynierów nie odpowiada potrzebom gospodarki, należy więc ograniczyć liczbę przyznawanych dyplomów magisterskich i podnieść liczbę dyplomów inżynierskich. Po pierwszej, rozpoczętej w 1967 r. przez Wydział Elektroniki oraz Filię w Płocku, próbie prowadzenia dziennych studiów inżynierskich na Politechnice Warszawskiej, w roku następnym zapadła decyzja równoległego prowadzenia przez większość wydziałów uczelni obu typów kształcenia, z odrębną rekrutacją i odrębnymi od pierwszego roku planami studiów.

Znamiennym elementem strukturalnego rozwoju Wydziału w końcu lat sześćdziesiątych było tworzenie przy katedrach zakładów doświadczalnych ułatwiających studia technologiczne, konstrukcyjne i modelowe, a nierzadko małoseryjną produkcję aparatury pomiarowej i kontrolnej. W roku 1965 przy Katedrze Teletransmisji Przewodowej powstał Zakład Opracowań Teletransmisyjnej Aparatury Pomiarowej (ZOTAP), w roku 1967 przy Katedrze Wysokiej Próżni — Zakład Opracowań Próżniowej Aparatury Pomiarowej (ZOPAP), a w roku 1968 przy Katedrze Budowy Maszyn Matematycznych — Zakład Budowy Maszyn Matematycznych (ZBMM). Potrzeba tworzenia zakładów doświadczalnych wiązała się ściśle z intensyfikacją

działalności badawczej w latach sześćdziesiątych, której miarą mogą być następujące wskaźniki: największa (w porównaniu z innymi wydziałami Politechniki) ilość prowadzonych tematów w planach N i NT, drugie miejsce (po Wydziale Chemii) pod względem ilości publikacji naukowych, największa ilość (w porównaniu z pozostałymi wydziałami) projektów wynalazczych zgłoszonych do Urzędu Patentowego, największa wartość przerobowa prac naukowo-badawczych zleconych (ok. $30 \cdot 10^6$ zł wobec ok. $10 \cdot 10^6$ zł drugiego pod tym względem wydziału i wobec ok. $96 \cdot 10^6$ dla całej Politechniki).³²

*Mamy prawo do szczęścia, nie mamy szczęścia do prawa*³³

WYDARZENIA MARCOWE I ICH NASTĘPSTWA (1968–1970)

W marcu 1968 r. przetoczyła się przez Polskę fala protestów społecznych, w których szczególną rolę odegrała młodzież akademicka, a zwłaszcza studenci największych uczelni warszawskich — Uniwersytetu Warszawskiego i Politechniki Warszawskiej. Wydarzenia marcowe miały swą genezę w wewnątrzpartyjnej walce o wpływy: *pokolenie ZMP zawarło z partyzantami sojusz i w 1968 wykonało szturm na posady*.³⁴ Rolę „wyzwalacza” spełnił, podyktowany względami politycznymi, zakaz wystawiania przez Teatr Narodowy *Dziadów* Adama Mickiewicza w reżyserii Kazimierza Dejmka. 30 stycznia 1968 r., po ostatnim przedstawieniu, doszło do manifestacji ulicznej zorganizowanej przez studentów Państwowej Wyższej Szkoły Teatralnej i Uniwersytetu Warszawskiego. Władze Uniwersytetu Warszawskiego wszczęły postępowanie dyscyplinarne w stosunku do studentów zatrzymanych przez milicję; dwaj z nich, Adam Michnik i Henryk Szlajfer, zostali relegowani z Uczelni decyzją Ministra Szkolnictwa Wyższego. 8 marca doszło do wiecu studentów na dziedzińcu Uniwersytetu, podczas którego przyjęto rezolucję żądającą, między innymi, unieważnienia tej decyzji. Wiec został brutalnie rozproszony przez tzw. aktyw robotniczy; wielu studentów pobito, wielu aresztowano... 11 marca *Trybuna Ludu* opublikowała artykuł *Wokół zajść na Uniwersytecie Warszawskim*, sugerujący, iż inspiratorami zajść byli studenci pochodzenia żydowskiego, głównie dzieci wysokich urzędników PRL. Organizacje Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej, prasa, radio i telewizja zostały wprzęgnięte w zmasowaną kampanię mającą na celu sprowadzenie protestu studenckiego do poziomu chuligańskich wybryków. Gazety pełne były tekstów takich, jak ten oto w *Ilustrowanym Kurierze Polskim*: *Około 800 robotników Zakładów Wytwórczych Przyrządów Pomiarowych „Era” zebrało się w hali produkcyjnej. Z aplauzem spotkała się wypowiedź studenta — pracownika tych zakładów, Bronisława Rodzenia. — Wstyd mi — powiedział — za te nieodpowiedzialne i niegodne młodzieży akademickiej, wychowanej w Polsce Ludowej — gorszące zajścia na uczelniach i ulicach Warszawy. Wstyd mi również za ich stosunek do robotników, których obsypali wyzwiskami. Chciałbym, aby wprowadzono stałe praktyki dla studentów w fabrykach, aby młodzież mogła nie tylko poznać działalność ekonomiczną zakładów, ale również codzienny trud i wysiłek robotników. Zdzisław Rybak, robotnik z Wydziału Obróbki Termicznej, oświadczył: Nie możemy pogodzić się z faktem, że naszych współtowarzyszy, którzy próbowali skłonić młodzież do powrotu do nauki, pobito i obrzucono kamieniami oraz wyzwiskami. Nie będziemy tolerować tego, żeby za nasze ciężko zarobione pieniądze, młodzież zamiast uczyć się słuchała podszeptów różnych prowodyrów przeciwko naszej władzy ludowej*.³⁵ Przemówienie Władysława Gomułki,

³² Propozycja powołania do życia przy Wydziale Elektroniki Politechniki Warszawskiej Zespołu Zakładów Doświadczalnych, zgłoszona na posiedzeniu Rady Wydziału Elektroniki dnia 17 grudnia 1969 r.

³³ Autor nieznany (P. Kierski, R. Cupryjak, S. Choromański, *Sławne cytaty*, broszura wydana nakładem studentów Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych PW, 1996).

³⁴ A. Friszke: *Opozycja polityczna w PRL 1945–1980*, Wyd. Aneks, Londyn 1994, str. 118.

³⁵ *Ilustrowany Kurier Polski*, 13 marca 1968 r., nr 62, str. 1–2.

wyłoszone 19 marca w Sali Kongresowej Pałacu Kultury i Nauki, wywołało oburzenie studentów. 21 marca rozpoczął się strajk okupacyjny na Politechnice Warszawskiej i na Uniwersytecie Warszawskim: studenci twierdzili, że stoją na gruncie socjalizmu, ale domagają się respektowania praw obywatelskich, zniesienia cenzury przewencyjnej i monopolu informacyjnego władz.

Udział studentów Wydziału Elektroniki w wydarzeniach marcowych został udokumentowany w wielu opracowaniach wspomnieniowych. Ich rola w organizacji strajku okupacyjnego w Gmachu Głównym zapewnia im trwałe miejsce w historii sprzeciwu wobec rzeczywistości politycznej PRL; do rangi symbolu urosło jednak inne wydarzenie, o niewątpliwie mniejszej wadze politycznej. W poniedziałek, 11 marca 1968 r., w następstwie studenckiej demonstracji, która przeciągnęła przez Śródmieście Warszawy, doszło do utarczek młodzieży z milicjantami na placu przed budynkiem Wydziału Elektroniki. Grupa milicjantów wtargnęła do tego budynku, doszło do bójek w holu: kilku studentów zostało ujętych i uwięzionych, na czas na ogół nie dłuższy niż doba. Nie słyszało się wprawdzie o znęcaniu nad uwięzionymi, ale co krnąbrniejszych ostrzyżono „na zero”. Walki w budynku Wydziału Elektroniki miały przebieg dość gwałtowny: poszły w ruch gaśnice przeciwpożarowe; jednemu z milicjantów studenci zabrali hełm i pałkę — hełm wywiesili przez okno na znak tryumfu. Szturmujący nadaremnie milicjanci demolowali sprzęty na parterze, a gdy studenci użyli gaśnic pianowych — wycofali się. W tym samym czasie w sali wykładowej nad wejściem, zwanej od 1970 r. Audytorium im. Romualda Litwina, odbywało się spotkanie młodzieży z Dziekanem, Stanisławem Sławińskim. Jego działania miały decydujące znaczenie dla dalszego przebiegu wydarzeń w budynku Wydziału Elektroniki: zręcznie pertraktując z oficerem MO kierującym akcją, doprowadził do odstąpienia milicji sprzed gmachu i spokojnego rozejścia się młodzieży. Mieli swój udział w wydarzeniach marcowych i pracownicy Wydziału. Jak wspomina Witold Wierzejski, w Katedrze Podstaw Telekomunikacji prowadzono wówczas nasłuch radiowy w wykorzystywanym przez Milicję Obywatelską paśmie 175 MHz, używając miliwoltomierza selektywnego, oraz nasłuch Służby Bezpieczeństwa w paśmie 102 MHz, dostępnym wówczas jedynie w zachodnioeuropejskich odbiornikach radiowych.³⁶

Wydarzenia marcowe były symptomem głębokiego kryzysu władzy centralnej. Kończyła się era Gomułki, załamujący się reżim podejmował rozpaczliwe próby odzyskania kontroli nad środowiskiem akademickim. Po tych wydarzeniach polityka władz poszła dwoma torami. Z jednej strony otwierano „wentyle” bezpieczeństwa, łagodząc nieco cenzurę czy dopuszczając do obchodów 50-lecia odzyskania niepodległości. Z drugiej jednak strony podejmowano działania represyjne: skłoniono 20 tys. osób — przeważnie pochodzenia żydowskiego — do emigracji; prowadzono procesy przywódców marcowego protestu; uchwalono także zmiany w ustawach dotyczących szkolnictwa wyższego i nauki. Zanim jednak do tego doszło, w maju 1968 r. Minister w trybie wyjątkowym i przyspieszonym powołał na Politechnice Warszawskiej na stanowiska docentów kilkudziesięcioosobową grupę adiunktów i wykładowców nie posiadających habilitacji, co wprawdzie w pewnym stopniu obniżyło średni wiek kadry samodzielnych pracowników nauki, lecz zostało przyjęte z niechęcią zarówno przez profesurę, jak i przez tych adiunktów i wykładowców, od których nadal wymagano spełnienia przewidzianych przepisami rygorów. Nowelizacja *Ustawy o szkolnictwie wyższym* z 1958 r. nastąpiła 20 grudnia 1968 r. Zniesiona została obieralność władz akademickich: odtąd rektorzy i dziekani oraz ich zastępcy byli mianowani przez Ministra. Jednocześnie kompetencje rektora i dziekana uległy rozszerzeniu kosztem kompetencji senatu i rady wydziału. Kierując się zapewne wypróbowanymi zasadami dialektyki połączono regułę jednoosobowej odpowiedzialności z praktyką kolegów rektorskich i dziekańskich. Na szczeblu Uczelni były to cotygodniowe zebrania kierownictwa uczelni z udziałem, między innymi, sekretarza Komitetu Uczelnianego Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej i przewodniczącego Zakładowej Organizacji Związkowej. Kolektyw ten nie podejmował uchwał, a jego zebrania nie były protokołowane, odgrywał natomiast bardzo istotną rolę jako organ doradczy Rektora i wzajemnej informacji o działaniu poszczególnych pionów kierownictwa; w praktyce bowiem Rektor nie podejmował decyzji sprzecznych z opinią owego kolektywu... W skład kolegium dziekańskiego utworzonego w roku akademickim 1969/70 na Wydziale Elektroniki

³⁶ W. Wierzejski, *Wspominki z konspiracy*, nie opublikowany maszynopis z 1999 r.

wchodził Dziekan, jako przewodniczący, prodziekan, Pierwszy Sekretarz Podstawowej Organizacji Partyjnej Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej, Przewodniczący Rady Oddziałowej ZNP oraz Przewodniczący Rady Wydziałowej SZSP. Z chwilą powstania instytutów, w roku 1970, do kolegium weszli również ich dyrektorzy, a po roku 1980 — także przedstawiciele NSZZ Solidarność i Stronnictwa Demokratycznego. Kolegium było ciałem doradczym dla Dziekana: opiniowało wnioski personalne pracowników, programy studiów, wszystkie sprawy dotyczące bieżącego funkcjonowania Wydziału, rozpatrywało odwołania studentów od decyzji prodziekanów. Na posiedzeniach Kolegium ustalano porządek dzienny obrad Rady Wydziału.

Władze partyjne wyciągnęły z wydarzeń marcowych istotny wniosek praktyczny — młodzież jest niedostatecznie przygotowana ideologicznie: *Młodzież nasza nie zawsze umie różnić hasła od celów, którym one służą* — stwierdził Komitet Zakładowy Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej Politechniki Warszawskiej — *Każdy z nas jest za dalszą demokratyzacją życia i jak najszerszą informacją polityczną. Po to, aby odróżnić cele od haseł, trzeba mieć niewątpliwie spore doświadczenie życiowe i polityczne, którego młodym ludziom z natury brak. Trudno nam winić tę młodzież, idącą w pierwszych dniach za hasłami, które w istocie swej były tylko środkiem do osiągnięcia celów obcych tym hasłom. Jesteśmy pewni, że przytłaczająca większość studentów Politechniki Warszawskiej działała w dobrej wierze — wierzyli oni, że chodzi o zagrożenie swobód. Serce, uczucia, wrażliwość, patriotyzm — te naturalne atrybuty młodości były bardziej ich doradcami, niż rozum.*³⁷ Władze szkolnictwa wyższego uznały więc za konieczne podwyższenie poziomu świadomości politycznej studentów poprzez wprowadzenie powszechnych i obowiązkowych nauk politycznych. Lektorzy — bardzo powierzchownie przygotowani merytorycznie i zupełnie nieprzygotowani dydaktycznie — pojawili się na Wydziale już jesienią 1968 r.

W atmosferze pomarcowej reakcji doszło też do radykalnej reorganizacji Uczelni, polegającej na utworzeniu blisko 50 instytutów bezpośrednio podporządkowanych Rektorowi. Najbardziej eksponowanym argumentem przemawiającym za utworzeniem instytutów była potrzeba zwiększenia efektywności badań poprzez zwiększenie liczebności zespołów badawczych, innym — potrzeba zlikwidowania „bastionów naukowego feudalizmu”, tj. katedr, których kierownicy budowali swoje kariery kosztem młodych i zdolnych podwładnych, pozbawionych perspektyw własnego rozwoju i awansu formalnego. Przy tworzeniu instytutów szermowano również przykładem przedwojennego, a cieszącego się dobrą sławą i po wojnie, Instytutu Aerodynamiki Politechniki Warszawskiej. Atrakcyjnie brzmiał także argument zmniejszenia obciążeń nauczycieli akademickich pracą administracyjną, związaną z planowaniem i realizacją zamówień materiałowych i aparaturowych; mieli tę pracę przejąć pracownicy obsługi. Realizacja tego ostatniego postulatu doprowadziła do bardzo znacznego zwiększenia personelu administracyjnego w skali całej Politechniki: w roku 1985/86 personel ten był ośmiokrotnie liczniejszy niż w roku 1965/66. W tym samym czasie liczba nauczycieli akademickich wzrosła tylko dwukrotnie. W podobnej skali wzrosła liczba personelu inżynierjno-technicznego, przy czym to ostatnie zjawisko było spowodowane rozbudową i obsługą laboratoriów, warsztatów oraz zwiększeniem zakresu wykonywanych prac zleconych.

Idea tworzenia instytutów nie była nowa dla środowiska Wydziału Elektroniki, jako że pojawiła się ona już w latach pięćdziesiątych i powracała w dyskusjach na temat ewentualnej reorganizacji, toczących się ze zmiennym natężeniem w latach sześćdziesiątych. Dyskusje te dotyczyły zresztą nierzadko znacznie szerszej tematyki niż administracyjna komasacja katedr. *Dziekan przedłożył następującą propozycję przyszłej struktury* — czytamy w protokole z posiedzenia Rady Wydziału z 1968 r. — *Wydział w ramach Politechniki Warszawskiej otrzymałby status wydzielonej szkoły, na czele której stałby jeden z prorektorów. Szkoła miałaby m.in. własny budżet, oraz szereg komórek administracji wydzielonych z administracji Politechniki. Niektóre działy administracji pozostałyby wspólne. Wewnętrznie szkoła dzieliłaby się na instytuty, które np. mogłyby odpowiadać obecnym oddziałom lub też specjalnościom. Instytuty miałyby z kolei podział na zakłady lub też z zachowaniem tradycyjnej nazwy, na katedry. Podział na zakłady (katedry) poza kilkoma korekturami odpowiadałby obecnemu stanowi organizacji katedr. Instytuty nie miałyby osobnych rad naukowych, funkcje te w sto-*

³⁷ *Politechnik*, 14–15 kwietnia 1968 r., nr 14–15, str. 2.

sunku do wszystkich jednostek organizacyjnych szkoły spełniałaby Rada Szkoły. Instytuty mogłyby mieć przewidziane możliwości jednoczenia się z jednostkami spoza szkoły (np. przysły Instytut Technologii Elektronowej PAN), co rozszerzałoby możliwość wykorzystania wspólnej aparatury, wykorzystania kontaktów zagranicznych, a także dawałoby możliwości zmniejszenia obciążenia dydaktycznego pracowników instytutu przez równoczesne zaangażowanie dydaktyczne wszystkich pracowników połączonej jednostki.³⁸ Ostateczne stanowisko Wydziału w sprawie reorganizacji było następujące: Ze względu na organizację dydaktyki Wydział uważa za optymalną strukturę katedralną przy katedrach liczących 15–25 pracowników naukowo-dydaktycznych (30–50 ogółu zatrudnionych), na szczeblu Dziekanatu zaś — strukturę oddziałową, przy oddziałach odpowiadających głównym kierunkom nauczania. (...) Zarządzanie Wydziałem przy obecnej jego liczebności (3400 studentów) i uzależnieniu od rektoratu i administracji ogólnopolitechnicznej jest bardzo trudne i nieefektywne. (...) Wydział stawia sprawę uzyskania daleko idącej autonomii w ramach Politechniki w postaci wydzielenia w odrębną Szkołę Elektroniki, kierowaną przez odpowiedniego prorektora i mającą odrębne niektóre ogniwa administracji. (...) Wydział deklaruje gotowość przeprowadzenia eksperymentu w tym zakresie.³⁹ Przeciwno tworzeniu instytutów wypowiedziała się także wydziałowa komórka Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej: Tworzenie instytutów mogłoby wpłynąć na pogorszenie wyników nauczania (takie doświadczenia już istnieją na innych uczelniach). Koncepcja utworzenia instytutów w istniejących obecnie warunkach na Wydziale Elektroniki byłaby — wydaje się — jedynie koncepcją formalną z możliwością wprowadzania raczej skutków ujemnych.⁴⁰

Nie podaję tego twierdzenia, proszę państwa, bez powodu — u mnie jest jak w dramacie Czechowa — jeśli w pierwszym akcie na ścianie wisi strzelba, to najpóźniej w trzecim wypali...⁴¹

OD KREDYTU DO LIMITU (1970–1980)

W grudniu 1970 r. nastąpiła zmiana na stanowisku I sekretarza Komitetu Centralnego Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej. Edward Gierek, który przejął wówczas ster władzy, starał się stworzyć pozory demokracji: głosił potrzebę umocnienia Sejmu i rad narodowych, ożywił dialog z Kościołem, zapowiedział zwiększenie roli bezpartyjnych w życiu gospodarczym i społecznym kraju. Rozpoczęła się era polityki prokonsumpcyjnej: nowe kierownictwo zmierzało zarówno do poprawy stopy życiowej ludności, jak i do forsownego rozwoju gospodarczego. Nic więc dziwnego, że dzięki ogromnym kredytom, zaciągniętym w zachodnich bankach w latach 1971–1975, nastąpił wzrost tempa rozwoju gospodarki do poziomu najwyższego od czasu planu sześcioletniego: produkcja przemysłowa wzrastała rocznie o ponad 10%, a w przemyśle elektromaszynowym, z którym Wydział miał najwięcej kontaktów, nawet o prawie 15%. W pierwszej połowie dekady gierkowskiej osiągnięto najwyższy wzrost przeciętnej płacy realnej w całej powojennej historii PRL. Nowa ekipa rządząca na wiele sposobów okazywała zainteresowanie problematyką edukacji i nauki. Już w styczniu 1971 r. powołana została komisja ekspertów pod przewodnictwem Jana Szczepańskiego, której zadaniem było przygotowanie projektu reformy systemu oświaty. W maju 1972 r. Sejm uchwalił

³⁸ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki z dnia 15 października 1968 r.

³⁹ Stanowisko Wydziału Elektroniki w sprawie struktury Wydziału z dnia 1 kwietnia 1969 r.

⁴⁰ *Zadania Wydziału Elektroniki w zakresie dalszej modernizacji*. Opracowanie Egzekutywy O.O.P. Wydziału Elektroniki z dnia 14 lutego 1968 r.

⁴¹ R. Godowski na wykładzie z przedmiotu *Matematyka Dyskretna* (P. Kierski, R. Cupryjak, S. Choromański, *Sławne cytaty*, broszura wydana nakładem studentów Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych PW, 1996).

Kartę Praw i Obowiązków Nauczyciela. W czerwcu 1973 r. odbył się w Warszawie II Kongres Nauki Polskiej, w którym uczestniczyli przedstawiciele najwyższych władz państwowych z Edwardem Gierkiem na czele. Jednym z głównych postulatów uczestników Kongresu było zwiększenie nakładów na badania naukowe z 1,8% do 2,5% produktu krajowego brutto...

W okresie od 1 kwietnia do 1 października 1970 r. na Wydziale utworzono sześć instytutów: Instytut Podstaw Elektroniki powstał z Katedry Układów Elektronicznych i Katedry Elektrotechniki Teoretycznej „A”; Instytut Automatyki — z Katedry Automatyki i Telemekhaniki; Instytut Maszyn Matematycznych — z Katedry Budowy Maszyn Matematycznych i części Katedry Technologii Sprzętu Elektronicznego; Instytut Radioelektroniki — z Katedry Urządzeń Radiotechnicznych i Telewizyjnych, Katedry Radiolokacji, Katedry Elektroakustyki, Katedry Radiologii i części Katedry Budowy Aparatów Elektromedycznych; Instytut Technologii Elektronowej — z Katedry Przyrządów Elektronowych, Katedry Elektroniki Ciała Stałego oraz Katedry Wysokiej Próżni; Instytut Teleelektroniki — z Katedry Teletransmisji Przewodowej, Katedry Telekomutacji, Katedry Urządzeń Teletransmisyjnych i Telegraficznych oraz Katedry Telegrafii. Część Katedry Budowy Aparatów Elektromedycznych (zespół Stanisława Nowosielskiego) została włączona do Instytutu Budowy Sprzętu Precyzyjnego i Elektronicznego na Wydziale Mechaniki Precyzyjnej, a część Katedry Elektrotechniki Teoretycznej „A” (zespół Mariana Łapińskiego) — do Instytutu Automatyki Przemysłowej na Wydziale Mechaniki Precyzyjnej. Tylko dwie katedry na Politechnice Warszawskiej, obydwie na Wydziale Elektroniki, uchroniły się w 1970 r. od połączenia z innymi jednostkami i zostały przekształcone w instytuty przez zmianę nazwy: była to Katedra Automatyki i Telemekhaniki, która stała się Instytutem Automatyki, oraz Katedra Budowy Maszyn Matematycznych, która stała się Instytutem Maszyn Matematycznych. Kierownikiem tej ostatniej był ówczesny Rektor, Antoni Kiliński.

Utworzenie instytutów miało zapoczątkować dalej idące zmiany strukturalne na Politechnice Warszawskiej. Na przełomie lat 1971 i 1972 zajmowała się tą sprawą Uczelniana Komisja ds. Perspektywicznego Rozwoju Uczelni pod przewodnictwem Janusza Ciborowskiego, w której Wydział Elektroniki reprezentował Stanisław Ryżko, oraz komisja partyjno-rządowa pod przewodnictwem wicepremiera Wincentego Kraśki. Powstała wizja Politechniki Warszawskiej kształtującej ok. 30 000 studentów, stanowiącej federację uniwersytetu technicznego (prowadzącego studia magisterskie i doktoranckie) oraz kilku szkół inżynierskich. Na fali entuzjazmu, znamiennego dla pierwszych lat siedemdziesiątych, rozwijane były także prace koncepcyjne nad projektem dwóch nowych budynków: gmachu Technologii Elektronowej oraz gmachu Elektroniki II. W protokole Rady Wydziału z czerwca 1973 r. czytamy: *Zgodnie z pierwotną decyzją naszego resortu, rozbudowa Wydziału planowana była po roku 1975. W wyniku starań Uczelni, Ministerstwo Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki wyraziło zgodę na przyspieszenie tej realizacji i rozpoczęcie budowy jednocześnie z budową obiektów dla Wydziału Technologii Elektronowej. Zgodnie z pismem Ministerstwa Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki z dnia 21 maja 1973 r. opracowany przez Uczelnię program rozbudowy Wydziału został zatwierdzony, co stanowi podstawę do rozpoczęcia opracowywania dokumentacji. Na podstawie wykonywanych uprzednio prac studialnych zagospodarowania przestrzennego terenu w rejonie Placu Jedności Robotniczej określona została lokalizacja tego obiektu obejmująca teren w sąsiedztwie gmachów Instytutu Techniki Ciepłej i Elektroniki, na który Naczelny Architekt Warszawy wydał wskazanie terenu (...). Komisja ds. rozbudowy Uczelni (...) postanawia zlecić opracowanie pełnej dokumentacji dla Wydziału Elektroniki II do Zakładu Badawczo-Projektowanego Budownictwa Szkół Wyższych B-017 przy Politechnice Warszawskiej, z udziałem doc. dr arch. R. Karłowicza i mgr inż. arch. J. Nalewajskiego.*⁴² Tak więc: *już był w ogródku, już witał się z gąską...* Idea budowy nowych gmachów dla Wydziału powracała w dyskusjach publicznych w ciągu ostatnich 35 lat, zwykle w chwilach przejściowej poprawy koniunktury finansowej w szkolnictwie wyższym. W końcu lat osiemdziesiątych pojawiła się realistyczna propozycja alternatywna: nadbudowa istniejącego gmachu Wydziału. Tak ją uzasadniał Witold Wierzejski w liście do Dziekana: *zaletą takiego rozwiązania są względnie małe koszty, możliwość prowadzenia rozbudowy sukcesywnie — a więc szybkie uzyskanie pierwszych realnych korzyści — i wreszcie poprawa sylwetki archi-*

⁴² Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki w dniu 7 czerwca 1973 r.

tektonicznej *Gmachu*.⁴³ W końcu lat osiemdziesiątych powstały nawet dwa projekty koncepcyjne nadbudowy; nigdy nie doszło jednak do ich realizacji.

Konsekwencją wprowadzonych w roku 1970 zmian strukturalnych na Wydziale były zmiany w organizacji nauczania wdrożone w latach 1971–1974. Instytuty przejęły pełną odpowiedzialność za kształcenie studentów wyższych semestrów, a zastępcy dyrektorów instytutów ds. dydaktycznych przejęli część uprawnień i obowiązków prodziekanów. Skróceniu uległ czas studiów, z 10 do 9 semestrów, oraz zlikwidowane zostały stacjonarne studia zawodowe (inżynierskie). Reforma programowa przyniosła ograniczenie liczby specjalności i zniesienie specjalizacji oraz zwiększenie samodzielności studiowania: na starszych latach studiów pojawiły się przedmioty obieralne i monograficzne oraz pracownie problemowe. Wydział Elektroniki był pierwszą jednostką organizacyjną polskich uczelni wyższych, która wprowadziła na tak szeroką skalę indywidualizację programów kształcenia. Podczas reformy programowej zarysowały się tendencje do powiększania liczby kierunków studiów w ramach szeroko rozumianej elektroniki. Instytut Telekomunikacji wystąpił z inicjatywą utworzenia kierunku Telekomunikacja, a Instytut Informatyki — z inicjatywą utworzenia kierunku Informatyka. Obydwie te inicjatywy spotkały się z przychylnością Ministerstwa Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki. Dla obydwu nowych kierunków opracowano nowe programy nauczania, odrębne — choć w wielu elementach zbliżone do programów dla kierunku Elektronika. Inicjatywa utworzenia kierunku Automatyka, podjęta przez inne uczelnie, uznana została na Wydziale za przedwczesną.

W pierwszej połowie lat siedemdziesiątych panował urzędowy optymizm co do możliwości rozwoju działalności edukacyjnej Wydziału. Przeprowadzona w 1973 r. analiza potrzeb etatowych wskazywała na konieczność zwiększenia w ciągu 3–4 lat liczby etatów nauczycieli akademickich do 460, tj. o ok. 50%.⁴⁴ Optymizm ów dotyczył całej Uczelni i wyrażał się, między innymi, w zamiarze *eksperymentalnego wprowadzenia w życie nowego modelu szkolnictwa wyższego*. Rada Wydziału Elektroniki, dyskutując nad owym zamiarem stwierdziła, że *zasadniczym zadaniem tego modelu powinno być (...) optymalne rozwijanie osobowości studenta i najlepsze przygotowanie go do samodzielnego i sprawnego działania dla dobra naszego socjalistycznego społeczeństwa*.⁴⁵ Urzędowy optymizm pobudzać miały stosunkowo częste „gospodarskie” wizyty przedstawicieli władz partyjnych i rządowych na Uczelni — nowy element wprowadzony do rytuału sprawowania władzy przez ekipę Edwarda Gierka. Jedną z takich wizyt miała miejsce w roku akademickim 1971/72 w ZOTAP-ie; przybył Minister Oświaty i Szkolnictwa Wyższego, Henryk Jabłoński, i Minister Łączności, Edward Kowalczyk; przybyło kierownictwo Wydziału Nauki Komitetu Centralnego Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej. Wniosek z tej wizyty był jednoznaczny: *ułatwić tworzenie Z[akładów] D[oświadczalnych] przy Uczelniach Technicznych*.⁴⁶ W marcu 1972 r. sam Edward Gierek odwiedził wystawę osiągnięć sztuki inżynierskiej i dlatego dzień wcześniej Dziekan zwrócił się do Rady Wydziału z prośbą, *by przy stoiskach byli Dyrektorzy Instytutów i twórcy wystawionych eksperymentów*.⁴⁷ Dwa lata później Edward Gierek skierował listy do Witolda Nowickiego i Stanisława Bellerta zawierające *wyrazy uznania za wybitne osiągnięcia naukowe i aktywną postawę społeczną w 1973 r.*⁴⁸

W 1973 r. na Politechnice uruchomione zostały tzw. studia przemienne. Wydział dołączył do tej inicjatywy, wprowadzając — z właściwą sobie ostrożnością — kwalifikacyjne studia przemienne eksperymentalnie w 1975 r., a dopiero od 1976 r. jako formę trwałą. Na studia te przyjmowani byli warunkowo wszyscy ci kandydaci, którzy zdali egzamin wstępny, ale nie na tyle dobrze, żeby zmieścić się w połowie limitu naboru; byli oni zobowiązani w ciągu roku zaliczyć materiał pierwszego semestru, łącząc naukę z pracą w przemyśle elektronicznym. Zasadnicza idea kwalifikacyjnych studiów przemiennych przetrwała na Wydziale aż do roku 1991. Wynikało to z przekonania, że są one lepszym sposobem wyrównywania szans

⁴³ List Witolda Wierzejskiego do Dziekana Wydziału Elektroniki z dnia 25 stycznia 1987 r.

⁴⁴ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki w dniu 22 maja 1973 r.

⁴⁵ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki w dniu 15 października 1974 r.

⁴⁶ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki w dniu 18 stycznia 1972 r.

⁴⁷ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki w dniu 14 marca 1972 r.

⁴⁸ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki w dniu 15 stycznia 1974 r.

kandydatów — ze względu na swe pochodzenie gorzej przygotowanych do zdawania egzaminu wstępnego — niż system punktów preferencyjnych związanych z pochodzeniem; premują bowiem udokumentowaną zdolność do przetrwania selekcji w trakcie pierwszego roku. System punktów preferencyjnych był oceniany negatywnie dość powszechnie, podobnie zresztą jak pomysł kierowania maturzystów na studia przez szkoły średnie. Na jednym z posiedzeń Rady Wydziału zwrócono uwagę na fakt, że wyniki w nauce studentów skierowanych na Wydział ze szkół są słabsze od wyników studentów przyjętych na podstawie egzaminu konkursowego bądź olimpiad. Ponieważ okazało się, że stwierdzenie to pozostaje w sprzeczności z doniesieniami prasowymi na ten temat, postanowiono wysłać w tej sprawie pisma do odpowiedniej redakcji oraz do Instytutu Badań nad Szkolnictwem Wyższym i Polityki Naukowej stwierdzające, że w odniesieniu do Wydziału Elektroniki informacje te nie odpowiadają prawdzie.⁴⁹

Liczba studentów Wydziału Elektroniki w 1975 r. zbliżyła się do 2500. Wśród blisko 340 nauczycieli akademickich zatrudnionych na Wydziale było 58 profesorów i docentów oraz 72 adiunktów ze stopniem doktora. Sytuacja kadrowa była więc dobra. Tak oto oceniali ją autorzy opracowania *Dzieje Wydziału Elektroniki*, Witold Nowicki i Andrzej Wierzbicki, przy okazji jubileuszu 25-lecia Wydziału: *Kadra dydaktyczna Wydziału, silna już obecnie zarówno pod względem poziomu, jak i liczebności, będzie mogła podołać zwiększonym zadaniom pod warunkiem dalszego rozwoju jakościowego; tak więc najpilniejszym zadaniem na najbliższe lata jest uzyskiwanie stopni doktora habilitowanego i doktora przez pracowników Wydziału. Rozwój ten może przynieść w perspektywie wzrost liczby samodzielnych pracowników naukowych do liczby wystarczającej na obsadzenie kilku niezależnych wydziałów, których założenia rysują się już obecnie w postaci istniejących kierunków nauczania. Jednakże w chwili obecnej perspektywa podziału Wydziału jest odległa, zarówno ze względu na ograniczenia lokalowe, jak i na silne tradycje współpracy pomiędzy wszystkimi instytutami, kierunkami i specjalnościami nauczania istniejącymi w ramach Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej.*⁵⁰ Nie w liczebności, strukturze i kwalifikacjach kadry akademickiej upatrywano więc wówczas ograniczeń dalszego rozszerzania frontu kształcenia: *Dalszy rozwój Wydziału Elektroniki zależeć będzie od zapotrzebowania różnych gałęzi przemysłu i instytutów badawczych na absolwentów Wydziału. Bieżące potrzeby gospodarki narodowej w tym zakresie poważnie przekraczają możliwości Wydziału, który nie może zwiększać rekrutacji studentów głównie z uwagi na ograniczone pomieszczenia Gmachu Elektroniki. Największe zapotrzebowanie sygnalizowane jest w stosunku do absolwentów kierunków Informatyka i Telekomunikacja...*⁵¹ Warto o tym przypomnieć w roku 2001, gdy liczba studentów kształconych na Wydziale od kilku już lat przekracza 3500.

W 1975 r. przy Instytucie Radioelektroniki powstał Zakład Doświadczalny Aparatury Radioelektronicznej (ZDAR). Od tego czasu, aż do roku 1991, przy Wydziale funkcjonowały cztery zakłady doświadczalne spośród siedmiu istniejących na Politechnice. Były one istotnym ogniwem systemu badań stosowanych, umożliwiającym półprzemysłową weryfikację nowych rozwiązań technicznych, powstających w gabinetach i laboratoriach akademickich. Intensywność prac tego rodzaju była w owym czasie wysoka i dlatego ważnym akcentem końca lat siedemdziesiątych stała się, zorganizowana we wrześniu 1980 r., wystawa pod hasłem *Wydział Elektroniki PW — Gospodarce Narodowej*, która miała na celu zaprezentowanie osiągnięć badawczych instytutów w latach 1975–1980 oraz przedstawienie możliwości i potencjału naukowo-badawczego Wydziału. W związku z wystawą zostały wydane pierwsze materiały informacyjno-promocyjne, zawierające charakterystyki działalności badawczej instytutów.

W latach siedemdziesiątych partia „postawiła na młodzież”. Podjęte działania wychowawcze były syntezą doświadczeń roku 1968 oraz nowego stylu przywództwa wprowadzo-

⁴⁹ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki w dniu 30 kwietnia 1974 r.

⁵⁰ *150 lat wyższego szkolnictwa technicznego w Warszawie, 1826–1976*, Wydawnictwa PW, Warszawa 1979, str. 311.

⁵¹ *Historia i dorobek Wydziału Elektroniki w latach 1951–1976*, opracowanie jubileuszowe, Warszawa 1976, str. 24.

nego przez Edwarda Gierka. Ważnym instrumentem wychowawczym miały być praktyki studenckie, a zwłaszcza — wprowadzone po 1968 roku — praktyki robotnicze. Te ostatnie nie mogły jednak spełnić swego zadania, o czym na Wydziale wiedzano od dawna, gdyż eksperyment z praktykami dla studentów pierwszego semestru nie powiódł się już w początku lat sześćdziesiątych, kiedy to wprowadzono je po raz pierwszy; ujawniły się bowiem zupełnie zasadnicze ich wady: *brak opieki ze strony zakładu pracy, brak opieki ze strony Politechniki, zbyt mały zakres pracy na tak długi okres praktyki, zły stosunek załogi do studentów, zła organizacja pracy, nieróbstwo oraz niewybredny język panujący w zakładach pracy, demoralizująca oddziaływanie na studentów*.⁵² Z tych to względów zapewne poszukiwano formuły praktyki, która zmniejszałaby ich szkodliwość wychowawczą: *Doc. J. Ebert wskazał, że praktyki robotnicze powinny mieć również charakter zdrowotny, odbywać się w PGR lub w lesie i mieć organizację zbliżoną do obozów sportowych*.⁵³ Sama idea wzbogacania studiów praktyką zawodową nie budziła wątpliwości: *Prof. W. Nowicki wypowiedział się za rozwinięciem praktyk, gdyż stanowią one dla studentów szkołę życia i są rozwinięciem horyzontów myślowych. Dlatego wypowiada się za rozszerzeniem programu praktyk, przy czym uważa, że nie regulaminy są rzeczą najistotniejszą, lecz sumienna realizacja i dobrzy opiekunowie*.⁵⁴ Był więc problem właściwej realizacji idei praktyk. Chwilami mogło się wydawać, że problem ten był bliski rozwiązania, o czym zdaje się świadczyć następująca notatka prasowa o praktyce studentów Wydziału Elektroniki w Zakładach Radiowych im. Marcina Kasprzaka: *...W lipcu zaryzykowaliśmy — opowiada Wiesław Trojanowski, zakładowy opiekun praktyk — i studentów elektroniki skierowaliśmy na stanowiska regulacji i strojenia magnetofonów eksportowych. To bardzo odpowiedzialne zadanie. Praktykanci dawali sobie jednak zupełnie dobrze radę*.⁵⁵ Ostatecznie jednak, na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych, Wydział wycofał się z obowiązkowych praktyk dla studentów... Ich substytutem w owym czasie stawała się praca zarobkowa studentów — coraz powszechniej podejmowana w firmach związanych z kierunkiem studiów. Zanim jednak do tego doszło, pojawiały się i takie ogłoszenia w prasie: *Jeśli studiujesz na Politechnice i chcesz zarobić, zgłoś się do MZK; możesz pracować jako motorniczy tramwajów, również w niepełnym wymiarze czasu pracy; zapewniamy: przeszkolenie, bilet wolnej jazdy, świadczenia socjalne, wysokie wynagrodzenie — znacznie podwyższone od 1 grudnia 1988 r. ...*⁵⁶

Istotną rolę w formowaniu postawy młodych ludzi spełniać miały w latach siedemdziesiątych organizacje młodzieżowe. Wśród założeń ideowych tych organizacji niezmiennie wymieniano pełną akceptację socjalistycznego systemu ustrojowego oraz uznanie ideowego i politycznego kierownictwa Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej. Statut Związku Młodzieży Socjalistycznej głosił, że Związek ten *pracuje pod ideowo-politycznym kierownictwem Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej, zaznajamia swoich członków z programem partii i realizuje stawiane przez nią zadania. Wiąże młode pokolenie z ideą partii, przygotowując swoich członków do wstąpienia w jej szeregi*. Organizacje młodzieżowe spełniać miały zadania wychowawcze, ideowe, polityczne i propagandowe; miały przygotowywać przyszłą kadrę Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej, o czym przypomniano młodzieży, dodając w 1973 r. literę „S” do nazw organizacji młodzieżowych, w szczególności do nazwy Zrzeszenia Studentów Polskich. Szybko stało się jednak jasne, że wszystkie te „metody wychowawcze” są niewystarczające. Już bowiem w roku 1973 studenci protestowali przeciw ujednoczeniu organizacji młodzieżowych na wyższych uczelniach, a na przełomie lat 1975 i 1976 — przeciwko zmianom w Konstytucji Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej. Sprzeciw budziły dwa jej uzupełnienia: *Przewodnią siłą polityczną społeczeństwa w budowie socjalizmu jest Polska Zjednoczona Partia Robotnicza* (Art. 3, ust. 1) oraz *Polska Rzeczpospolita Ludowa w swej polityce (...) umacnia przyjaźń i współpracę ze Związkiem Socjalistycznych Republik Radzieckich* (Art. 6). Po uchwaleniu owych zmian studenci i nauczyciele akademicki

⁵² Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Łączności z dnia 10 kwietnia 1962 r.

⁵³ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki w dniu 23 listopada 1971 r.

⁵⁴ *Ibid.*

⁵⁵ *Życie Warszawy*, 7 sierpnia 1980 r., nr 184 (11496), str. 12.

⁵⁶ *Życie Warszawy*, 15 maja 1989 r., nr 113 (14082), ogłoszenia, str. 10.

z Gdańska i Lublina skierowali następny list protestacyjny do Marszałka Sejmu; odpowiedziami były represje: 10 miesięcy więzienia za wyrażanie poglądów politycznych w prywatnej korespondencji, usunięcie z uczelni za niepoprawne politycznie wypowiedzi na zajęciach i za wytknięte przez rektora nieposłuszeństwo... W 1976 r. zaprotestował także Janusz Groszkowski: zrzekł się mandatu poselskiego, funkcji wiceprzewodniczącego Rady Państwa oraz funkcji przewodniczącego Ogólnopolskiego Komitetu Frontu Jedności Narodu.

W latach siedemdziesiątych problematyka młodzieżowa pojawiała się w porządku obrad Rady Wydziału Elektroniki częściej niż kiedykolwiek przedtem i kiedykolwiek potem. Na progu dekady, gdy jeszcze można było mówić o kredycie zaufania w stosunku do odnowionej władzy, miały miejsce próby krytyki zmian wprowadzonych do szkół wyższych po wydarzeniach marcowych. *Pracownicy ITE⁵⁷ uważają* — czytamy w jednym z protokołów Rady Wydziału z tego okresu — *że liczba godzin przewidzianych na przedmioty społeczno-polityczne jest zbyt duża, tym bardziej, że student styka się z tymi zagadnieniami w szkole średniej oraz w prasie, radiu i telewizji. W przedstawionym programie nie widać jest logicznej kolejności poszczególnych przedmiotów społeczno-politycznych. Należałoby zamiast godzin wykładowych wprowadzić godziny dyskusyjno-seminaryjne. Tematyka tych zajęć powinna obejmować aktualne zagadnienia polityczne i gospodarcze.*⁵⁸ W połowie dekady pragmatyzm nakazywał dostosowanie się do „stylu epoki”. W programach *działalności wychowawczej* pojawiły się ambitne zadania, takie jak: *opracowanie form oddziaływania na organizację młodzieżową zmierzających do podniesienia ideowości organizacji, zwiększenia dyscypliny i aktywności jej członków, opracowanie nowych form działania Rady ds. Młodzieży, (...) pomoc w podniesieniu roli organizacji młodzieżowej przez zapewnienie udziału przedstawicieli SZSP w posiedzeniach kolegiów Instytutów, zasięganie opinii w sprawie przebiegu procesu dydaktycznego, oceny wykładowców, zmian w programach studiów itp.*⁵⁹ Funkcjonował rozbudowany system zachęt dla studentów. *Dziekan prof. dr hab. A. Wierzbicki* — czytamy w protokole Rady Wydziału z 1976 r. — *przeczytał list Egzekutywy POP oraz Dziekana skierowany do Rady Wydziałowej SZSP z wyrazami uznania za sprawną organizację i liczny udział studentów w pochodzie 1-majowym. Jednocześnie Dziekan wręczył nagrody książkowe dwunastu działaczom SZSP, którzy wzięli najbardziej aktywny udział w organizacji wystąpienia Wydziału Elektroniki na pochodzie 1 Majowym. (...) Prodziekan J. Szymanowski stwierdził, że dążenie do najszerzego udziału młodzieży we wszystkich formach działalności Wydziału (...) [stanowi] istotny element w przygotowaniu studentów do aktywnego życia w społeczeństwie socjalistycznym po ukończeniu studiów.*⁶⁰ Funkcjonował także system nacisków na nauczycieli akademickich, o czym dowiadujemy się z innego protokołu z tegoż roku: *Na uczelni odbyło się plenum KZ PZPR, na którym omawiane były sprawy polityki kadrowej; m.in. zwrócono uwagę na fakt, że we wnioskach awansowych nie są w dostatecznym stopniu uwzględnione osiągnięcia dydaktyczne i wychowawcze. Na Wydziale Elektroniki powołana została komisja partyjno-dziekańska do zbadania ocen działalności dydaktycznej i wychowawczej, dokonywanych przez Instytuty, oraz wpływu tych ocen na postępowanie awansowe.*⁶¹

Jeśli wierzyć statystykom, to epoka Gierka, lata 1971–1980, była okresem dość pomyślnym dla szkolnictwa wyższego: nakłady na naukę osiągnęły poziom 1,5% produktu krajowego brutto; liczba szkół wyższych wzrosła z 85 do 91, liczba studentów z 330 tys. do 470 tys., a liczba nauczycieli akademickich z 31 tys. do 53 tys. W znakomitej większości polskich uczelni spadał jednak nadal poziom nauczania, co było po części pochodną niskich kryteriów przyznawania stopni naukowych — od pracowników naukowych oczekiwano bardziej posłuszeństwa politycznego niż rewelacji naukowych. Rosła dysproporcja między poziomem studiów w kilku największych uczelniach i w masie drobnych, lokalnych szkół, formalnie tylko mających status szkół wyższych. Nakłady na badania naukowe i techniczno-wdrożeniowe wzrosły w latach 1970–1975 ponad dwukrotnie; nie dało to jednak nadziei-

⁵⁷ skrót nazwy Instytutu Technologii Elektronowej.

⁵⁸ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki w dniu 3 marca 1971 r.

⁵⁹ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki w dniu 14 października 1975 r.

⁶⁰ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki w dniu 11 maja 1976 r.

⁶¹ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki w dniu 29 czerwca 1976 r.

wanych efektów. Bolesnej falsyfikacji uległa teza — leżąca u podstaw ówczesnej organizacji badań naukowych, opartej na systemie tzw. problemów węzłowych i problemów resortowych — że zwiększony dopływ pieniądza wystarcza do zwiększenia wydajności twórców. Poza tym, większa część funduszy poszła na prace organizacyjno-biurokratyczne i prace pozorne, takie jak planowanie i sprawozdawczość w nauce. Władza była zupełnie świadoma tych procesów. Świadczy o tym chociażby pismo Ministra Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki z dnia 22 maja 1976 r. dotyczące prowadzenia przewodów naukowych i nadawania stopni naukowych, w którym czytamy, że trzeba *eliminować słabe rozprawy doktorskie i habilitacyjne*, przykładać większą wagę do wyznaczania odpowiednich recenzentów i ograniczać przewody do tematyki mieszczącej się w *głównym nurcie prac naukowych prowadzonych przez jednostkę*.⁶² Świadczą o tym także materiały XIII Plenum Komitetu Zakładowego Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej z czerwca 1976 r. W referacie Egzekutywy przygotowanym na owe Plenum czytamy, między innymi, że: *...w obronach prac doktorskich jak i przy przewodach habilitacyjnych (...) brak jest często rzetelnej dyskusji i polemiki naukowej*. Z drugiej jednak strony w uchwale tegoż Plenum zaleca się przestrzeganie zasady, *aby pierwszeństwo w zatrudnieniu dawać studentom wykazującym predyspozycje do pracy naukowej, dydaktycznej i wychowawczej, będącym równocześnie aktywnymi uczestnikami życia społeczno-politycznego Uczelni, członkami i kandydatami PZPR, aktywistami SZSP*.

W drugiej połowie lat siedemdziesiątych karierę — nie tylko medialną — zrobiło pojęcie limitu. Limitowanie lub reglamentowanie dostępu do dóbr, usług i pieniędzy miało uzdrowić załamującą się gospodarkę. „Towarzysz limit” był wszechobecny: w formie kartek na mięso i w formie talonów na samochody, w formie zapisów na meble i w formie dwudziestoletniej kolejki do mieszkań spółdzielczych... Był też obecny w życiu uczelni: w formie ograniczeń na dopuszczalne dochody z tytułu prac zleconych. Społeczność Wydziału już w roku 1976 podjęła próbę przeciwstawienia się tej praktyce zarządzania pracami badawczymi: *W dyskusji poruszono przede wszystkim sprawę limitowania prac naukowo-badawczych w Uczelni i ujemnego wpływu tego limitowania na rozwój dydaktyki, nauki i gospodarki. Biorący udział w dyskusji postulowali wystąpienie Dziekana do władz nadrzędnych o zniesienie limitów związanych z wykonywaniem prac naukowo-badawczych w Uczelni, prowadzonych z udziałem pracowników zewnętrznych. W wyniku powołano specjalną komisję, mającą za zadanie przygotowanie odpowiedniego pisma do władz nadrzędnych w tej sprawie (z wyraźnym zaznaczeniem ujemnego wpływu limitowania na rozwój dydaktyki, nauki i gospodarki)*.⁶³ Problem ten był w istocie echem dramatu sprzed lat: *Należy znieść krzywdzący limit godzin dodatkowych na prowadzenie prac zleconych przez pomocniczych pracowników naukowych Politechniki Warszawskiej — czytamy w dokumentach Wydziału z 1957 r. — Przyznane 100% godzin, ponad obciążenia etatowe, na prowadzenie prac zleconych jest krzywdzące. Pracownicy instytutów naukowych i przemysłu, prowadzący prace zlecone na zlecenie katedr Politechniki Warszawskiej, mają znacznie wyższe uposażenia niż pomocniczy pracownicy nauki i nie są ograniczani górnym limitem za wykonanie prac zleconych, wskutek czego zarobki pomocniczych pracowników naukowych są znacznie niższe od zarobków pracowników instytutów naukowych i przemysłu*.⁶⁴

W jakimś związku z nasilającymi się trudnościami rynkowymi, ale przede wszystkim w następstwie kilku dziesięcioleci demoralizacji społecznej w drugiej połowie lat siedemdziesiątych udręką życia codziennego na Wydziale stało się złodziejstwo. Odtąd już nie można było pozwolić sobie na pozostawienie otwartego pokoju lub laboratorium — nawet na kilkanaście minut. Ginęły portfele, teczki i książki; ginęła galanteria elektroniczna, proste mierniki, a czasem i droższe egzemplarze aparatury badawczej; znikał papier toaletowy, znikaly krany i deski klozetowe. *Dziekan zawiadomił — czytamy w protokole Rady Wydziału z 1979 r. — że nadchodzą niepokojące sygnały o częstych kradzieżach w gmachu Elektroniki, ginie sprzęt, elementy i podzespoły oraz rzeczy prywatne. Dziekan zaapelował o wzmoże-*

⁶² Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki w dniu 8 czerwca 1976 r.

⁶³ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki w dniu 9 marca 1976 r.

⁶⁴ Wnioski aktywu związkowego Rady Oddziałowej Wydziału Łączności, przedstawione do przedyskutowania na Radzie Wydziału Łączności w dniu 23 lutego 1957 r.

nie kontroli i czujności oraz meldowanie o zjawiskach negatywnych.⁶⁵ Trzeba było zakratować zewnętrzne okna w pomieszczeniach znajdujących się na parterze. Trzeba było zakratować okna wychodzące na korytarze, na wszystkich piętrach — przynajmniej w tych pomieszczeniach, w których było coś atrakcyjnego dla złodzieja, a zwłaszcza komputer... Prymitywna technologia wykonywania krat sprawiła, iż w ciągu kilku lat korytarze gmachu Wydziału zaczęły przypominać wnętrza zakładu penitencjarnego: *signum temporis*...

*Komunizm — tak! W Polsce — nie!*⁶⁶

*Wykład w takich warunkach jest zbrodnią przeciwko ludzkości...*⁶⁷

W ATMOSFERZE SOLIDARNOŚCI (1980–1989)

Dekada Gierka skończyła się nocą z 5 na 6 września 1980 r., kiedy to decyzją VI Plenum Komitetu Centralnego Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej został on pozbawiony przywództwa partii. Nowy jej szef, Stanisław Kania, stwierdził, że przyczyną fali strajków, które doprowadziły do podpisania porozumień gdańskich, były *poważne błędy w polityce ekonomicznej i deformacji w życiu społecznym*. Tymi słowami rozpoczął on ostatnią dekadę błędów i wypaczeń...

Do *poważnych błędów*, o których mówił Stanisław Kania, należała zapewne polityka „stawiania na młodzież”. W drugiej połowie lat siedemdziesiątych studenci już nie tylko protestowali przy różnych okazjach, takich jak zmiany w Konstytucji, ale zaczęli tworzyć niezależne struktury organizacyjne. W maju 1977 r. w Krakowie powstał pierwszy niezależny od władz Studencki Komitet Solidarności; zaraz potem utworzono ponad 150 takich komitetów w innych miastach. W lipcu 1979 r. środowisko gdańskie zainicjowało Ruch Młodej Polski. W lecie 1980 roku powstały komitety założycielskie Niezależnego Zrzeszenia Studentów, które w ciągu kilku miesięcy dobrze skoordynowanych akcji nacisku doprowadziły do rejestracji tego Zrzeszenia w lutym 1981 roku.

Już od wiosny 1980 r. istotnym elementem działalności Wydziału stały się przygotowania do wprowadzenia w życie zmian regulacji prawnych dotyczących szkolnictwa wyższego. Rodziła się bowiem nadzieja na zwiększenie samodzielności Uczelni i jej wydziałów, zwiększenie roli organów kolegialnych, stworzenie pewnych form samorządności akademickiej. Podpisanie porozumień gdańskich i powstanie Niezależnego i Samorządnego Związku Zawodowego Solidarność stworzyło warunki do urzeczywistnienia tej nadziei. Dziekan Wydziału Elektroniki, Jerzy Osowski, nie czekając na nowe rozstrzygnięcia formalnoprawne, już jesienią 1980 r. poddał się demokratycznej weryfikacji. Tak jak wszyscy wówczas dziekani, powołany był do pełnienia tej funkcji przez Rektora na podstawie partyjnej rekomendacji; uznał więc, że w warunkach przemian posierpniowych nie może jej pełnić bez pełnej aprobaty Rady Wydziału. W głosowaniu tajnym Rada udzieliła mu jednomyślnego poparcia...

Wiosną 1981 r., za sprawą dobrej woli Ministra Szkolnictwa Wyższego, Nauki i Techniki — Janusza Górskiego, mimo braku zmian stanu prawnego nastąpił powrót do obieralności władz akademickich: kolegium elektorów — składające się w 45% z samodzielnych pracowników naukowych, w 25% z reprezentantów pozostałych nauczycieli akademickich, w 5% z przedstawicieli pozostałych pracowników i w 25% z przedstawicieli studentów — dokonało wyboru Rektora. Do wyborów stanęło ośmiu kandydatów; odbyły się otwarte zebrania przedwyborcze, podczas których zaprezentowali oni swoje poglądy na sprawy istot-

⁶⁵ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki w dniu 27 listopada 1979 r.

⁶⁶ Autor nieznany (P. Kierski, R. Cupryjak, S. Choromański, *Sławne cytaty*, broszura wydana nakładem studentów Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych PW, 1996).

⁶⁷ A. Filipkowski na wykładzie z przedmiotu *Elementy i Układy Elektroniczne*.

ne dla Uczelni. Kolegium elektorów, po kilku głosowaniach, wybrało znaczną większością głosów profesora z Wydziału Elektroniki, Władysława Findeisena; Minister Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki wręczył mu nominację na posiedzeniu Senatu w dniu 22 kwietnia 1981 r. Odbłyły się również wybory dziekanów poszczególnych wydziałów. Na Wydziale Elektroniki — zgodnie z zasadami ustalonymi przez Senat — utworzone zostało Zgromadzenie Wyborcze Wydziału. Pierwsza tura wyborów, która odbyła się w dniu 21 marca, nie przyniosła rezultatu, gdyż żaden z dwóch kandydatów nie uzyskał wymaganej większości głosów. W wyniku drugiej tury wyborów, w dniu 16 maja, Dziekanem Wydziału Elektroniki został Jerzy Osowski, który pełnił tę funkcję w ciągu poprzedniej kadencji władz akademickich, a w pierwszej turze wyborów nie kandydował. Przywracanie samorządności akademickiej po latach jej paraliżu nie było procesem łatwym. Z jednej strony dochodziło do przerostów demokratycznej formy nad treścią, z drugiej zaś do niemożności zdobycia się na dyscyplinę organizacyjną. I tak, na przykład, jesienią 1981 r. powołana została 23-osobowa komisja wyborcza, której jedynym zadaniem było dokonanie wyboru jedenastu przedstawicieli studentów do Rady Wydziału, po jednym w każdym z jedenastu okręgów wyborczych. W pierwszej turze wybrano tylko trzech przedstawicieli; w ośmiu okręgach nie było *quorum*; w sześciu powtórzono więc wybory, a w dwóch przedłużono termin zakończenia pierwszej tury. Druga tura wyborów zakończyła się również fiaskiem — w pięciu okręgach nie obsadzono mandatów z powodu braku *quorum*...

W ciągu semestru zimowego 1980/81 w wielu ośrodkach uniwersyteckich miały miejsce strajki studenckie: chodziło przede wszystkim o to, żeby skłonić władze państwowe do zarejestrowania Niezależnego Związku Studentów i do zmniejszenia udziału przedmiotów ideologiczno-propagandowych w programach studiów. Na Wydziale powołana została specjalna komisja, której jedynym zadaniem było opracowanie nowej wizji przedmiotów społeczno-ekonomicznych w programach kształcenia. Komisja przedstawiła wyniki swoich prac na posiedzeniu Rady Wydziału Elektroniki w dniu 24 marca 1981 r. Jej propozycja brzmiała następująco: przeznaczyć 120 godzin na przedmioty obowiązkowe — filozofię, metodologię nauk, socjologię i psychologię społeczną oraz ekonomię polityczną, a następne 120 godzin na przedmioty obieralne — filozofię XX wieku, filozofię kultury, filozofię religii, psychologię inżynierską oraz przedmioty polityczne. System ten wszedł w życie już w semestrze letnim 1980/81: na Religioznawstwo zapisało się sześć grup studenckich, na Historię Polski niewiele mniej... System ten nie przetrwał próby stanu wojennego, ale pozostawił trwałe ślady w strukturze oferty przedmiotów nietechnicznych dla studentów Wydziału Elektroniki.

W kwietniu 1981 r. Komisja Kodyfikacyjna pod przewodnictwem Zbigniewa Resicha przekazała Ministrowi Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki projekt nowej *Ustawy o szkolnictwie wyższym*, który poddany został dyskusji trwającej do 11 czerwca 1981 r. Mógł więc on być przesłany Radzie Ministrów, a następnie skierowany do Sejmu jeszcze w czerwcu — zgodnie z wcześniej przyjętymi wobec środowiska akademickiego zobowiązaniami. Stało się jednak inaczej: zapadła cisza wokół projektu, trwająca aż do sierpnia, kiedy to pojawiła się jego wersja *poprawiona w drobnych szczegółach*, jak głosił oficjalny komentarz Ministerstwa. W istocie, zmiany polegały na przywróceniu rozwiązań systemowych właściwych dla sposobu zarządzania szkolnictwem wyższym wprowadzonego w końcu lat sześćdziesiątych, a w szczególności — istniejących ograniczeń samorządności uczelni. Zbigniew Resich odmówił dalszego udziału w pracach nad projektem *Ustawy*, ruszyła fala protestów, narastała atmosfera strajkowa. Rolę „wyzwalacza” spełniła sprawa wyboru Michała Hebdy na Rektora Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Radomiu, a dokładniej — fakt, iż wyboru dokonano mimo braku *quorum*. W radomskiej Szkole strajk rozpoczął się już 26 października 1981 r., a strajki solidarnościowe na innych uczelniach — w połowie listopada. Na Politechnice Warszawskiej strajk okupacyjny rozpoczął się z inicjatywy Niezależnego Zrzeszenia Studentów w poniedziałek, 16 listopada 1981 r.; 23 listopada został rozszerzony na wszystkie gmachy, po proklamowaniu przez Zrzeszenie ogólnopolskiego strajku studentów, skierowanego przeciwko projektowi *Ustawy*. Tego też dnia objął on i gmach Wydziału Elektroniki, gdzie został zorganizowany przez Andrzeja Borowskiego (przewodniczącego wydziałowej organizacji Niezależnego Zrzeszenia Studentów), Marcina Eberta (przewodniczącego komitetu strajkowego) i Tomasza Traczyka (przewodniczącego wydziałowego samorządu studentów). Decyzją Dziekana Wydziału Elektroniki zawieszono zajęcia dydaktyczne na studiach dziennych i wieczorowych, z wyjątkiem zajęć na studiach przemianowych, studiach podyplo-

owych i w Studium Wojskowym. Strajk trwał do 9 grudnia 1981 r., a wznowienie zajęć na Wydziale nastąpiło 11 grudnia 1981 r. I choć najważniejszy z postulatów strajkowych został spełniony — tj. projekt *Ustawy* w wersji z 11 czerwca wpłynął do Sejmu — strajk trwał na Politechnice aż do wprowadzenia stanu wojennego: wieczorem 13 grudnia ostatni strajkujący opuścili Gmach Główny. W pierwszych dniach stanu wojennego internowano ośmiu pracowników Politechniki, w tym dwóch nauczycieli akademickich z Wydziału Elektroniki: Konstantego Kurmana i Kornela Wydro. W poniedziałek, 14 grudnia, w audytorium nr 133 na Wydziale Elektroniki został zwołany wiec, podczas którego w dość gorączkowej atmosferze dyskutowana była propozycja ogłoszenia strajku jako formy protestu przeciwko wprowadzeniu stanu wojennego. Po kilku godzinach dyskusji — dzięki roważnym wypowiedziom przedstawicieli kierownictwa wydziałowej Solidarności — zapadła decyzja, aby skierować list protestacyjny do Rady Państwa, która — formalnie rzecz biorąc — stan wojenny wprowadziła, a wybór formy reakcji środowiska Wydziału powierzyć Radzie Wydziału. Następnego dnia, 15 grudnia, Rada Wydziału Elektroniki podjęła uchwałę zawierającą żądanie zwolnienia wszystkich zatrzymanych działaczy ruchu odnowy i wyrażającą zdecydowany sprzeciw wobec wprowadzenia stanu wojennego oraz przekonanie, że *stan wojenny, niosąc dla społeczeństwa upokorzenie i utratę nadziei, nie stanowi jednocześnie szansy na rozwiązanie żadnego z ekonomicznych ani politycznych problemów naszego kraju*. Uchwała została natychmiast przekazana Rektorowi Władysławowi Findeisenowi i ogłoszona na Wydziale. Jednak po kilku godzinach — na prośbę Rektora, a w związku ze spodziewaną wizytą przedstawicieli Komitetu Zakładowego Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej na Wydziale — zniknęła z tablic ogłoszeniowych.

Z chwilą wprowadzenia stanu wojennego, zgodnie z zaleceniem ministrów nadzorujących szkołę wyższe, Rektor zarządził rozpoczęcie bezterminowych wakacji zimowych z dniem 14 grudnia 1981 r.; komisarzem wojskowym Wydziału został podpułkownik Bolesław Góra ze Studium Wojskowego Politechniki Warszawskiej; powołana została pracownicza służba porządkowa, pełniąca stałe dyżury w Gmachu Elektroniki. „Wakacje” trwały ponad miesiąc: zajęcia dydaktyczne zostały wznowione 20 stycznia 1982 r., przy czym Dziekan Jerzy Osiewski podjął szereg decyzji organizacyjnych, zmierzających do umożliwienia studentom zaliczenia rygorów całego roku akademickiego. Stan wojenny trwał jednak nadal. Kilka miesięcy później rocznica uchwalenia *Konstytucji 3 Maja* stała się okazją dla studentów do zamianowania sprzeciwu wobec stanu wojennego. Wielu z nich zostało zatrzymanych w dniach 3 i 4 maja 1982 r.; skierowano ich na kolegia do spraw wykroczeń za udział w zgromadzeniach ulicznych, co było naruszeniem dekretu o stanie wojennym. Kolegia ukarały grzywnami dwunastu studentów Politechniki Warszawskiej, w tym trzech studentów Wydziału Elektroniki: Zbigniewa Brzozowskiego, Piotra Gąsiorowskiego i Witolda Gromadzkiego. Po zawiadomieniu przez Urząd Miasta Stołecznego Warszawy o tym fakcie zostali oni zawieszani w prawach studentów do czasu wyjaśnienia kwalifikacji prawnej popełnionego czynu, a ich sprawy skierowane zostały do Komisji Dyscyplinarnej dla Studentów. Na mocy orzeczenia owej Komisji z dnia 30 czerwca 1982 r. wszyscy trzej „delikwenci” z Wydziału Elektroniki odzyskali prawa studenta. Kolejna fala protestów studenckich i aresztowań miała miejsce w związku z drugą rocznicą podpisania porozumień gdańskich, tj. po 31 sierpnia 1982 r. I znowu, wśród siedmiu studentów Politechniki ukaranych przez kolegia znalazło się trzech z Wydziału Elektroniki: Grzegorz Krupiński, Robert Rzymiski i Janusz Szutkowski.

Pracownicy Wydziału Elektroniki przyczyniali się swoim kunsztem inżynierskim do rozwoju podziemnej opozycji w aspekcie informacyjnym. Jak wspomina Witold Wierzejski, już w 1976 r. powstał za jego sprawą pierwszy z serii prostych powielaczy, zwanych *kopiorami*, wykorzystujących tusz do stempli i sadzę jako barwnik. W czasie stanu wojennego zespół pracowników Instytutu Podstaw Elektroniki miał kilka osiągnięć technicznych w zakresie tworzenia podziemnego społeczeństwa informacyjnego, z których najbardziej chyba spektakularnym było skonstruowanie nadajnika telewizyjnego umożliwiającego nakładanie hasła *Solidarność żyje* na obraz emitowany przez pierwszy program telewizji. Również wielu internowanych opozycjonistów skorzystało z miniaturowych radioodbiorników (wielkości orzecha laskowego) zaprojektowanych i wytwarzanych przez tenże zespół.⁶⁸

⁶⁸ W. Wierzejski, *Wspominki z konspiracy*, nie opublikowany maszynopis z 1999 r.

Na czas trwania stanu wojennego została wprowadzona zasada jednoosobowej odpowiedzialności rektorów i dziekanów; zmniejszone zostały składy rad wydziałów i senatów szkół wyższych; zawieszono realizację wcześniejszych decyzji Ministra Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki odbiegających od litery ustawy o szkolnictwie wyższym z 1958 r. Z dniem 1 września 1982 r. weszła jednak w życie długo oczekiwana przez środowisko akademickie nowa *Ustawa o szkolnictwie wyższym*, stwarzająca nowe podstawy prawne do działalności uczelni. Z dniem 2 lutego 1984 r. wszedł w życie — oparty na tej *Ustawie* — *Statut Politechniki Warszawskiej*, nad projektem którego pracowały kolejno dwie komisje: senacka, pod przewodnictwem Jerzego Osiowskiego, oraz rektorska, pod przewodnictwem Rektora Władysława Findeisena. Umożliwiło to przeprowadzenie wyborów władz akademickich na kadencję 1984–1987 według nowych zasad: w kwietniu 1984 r. Dziekanem został Jan Ebert, a miesiąc później Rektorem Politechniki Warszawskiej ponownie Władysław Findeisen. Na nową kadencję przypadło dostosowanie modelu funkcjonowania Wydziału do nowych regulacji prawnych, istotnie poszerzających kompetencje dziekanów i rad wydziałów.

Dnia 3 sierpnia 1984 r. zmarł Janusz Groszkowski — inicjator wielu kierunków badawczych, które dały początek Wydziałowi, wybitny profesor i działacz państwowy. Rada Wydziału na posiedzeniu w dniu 18 grudnia 1984 r. postanowiła nadać gmachowi Wydziału jego imię, a ponadto upamiętnić je na kilka innych sposobów: umieścić popiersie Janusza Groszkowskiego wewnątrz gmachu Wydziału oraz tablice pamiątkowe w jego gabinecie i na frontonie gmachu Elektrotechniki, ustanowić nagrodę naukową jego imienia dla młodych pracowników naukowych, wystąpić do Ministra Łączności o wydanie znaczka pocztowego z jego podobizną, złożyć wniosek o nazwanie jego imieniem jednej z ulic Warszawy.⁶⁹ Cztery lata później, 21 marca 1988 r., w 90 rocznicę urodzin Janusza Groszkowskiego, nadano jego imię gmachowi Wydziału. Pozostałe postanowienia zostały zrealizowane w latach 1986–1991.

Gwałtowne przemiany społeczne, kryzys polityczny i gospodarczy, a następnie pogorszenie warunków studiowania zimą 1984/85 roku (awarie instalacji elektrycznych i centralnego ogrzewania w domu akademickim *Riviera*) spowodowały obniżenie dyscypliny studiów na Wydziale. Podjęto starania o powrót do tradycyjnych rygorów, w czym skuteczną pomoc okazał samorząd studencki. W semestrze letnim tego samego roku źródłem niepokoju stały się inicjatywy władz na rzecz nowelizacji *Ustawy o szkolnictwie wyższym* z 1982 r. Rada Wydziału Elektroniki — podobnie jak inne rady wydziału, a następnie Senat Politechniki Warszawskiej — wysuwała argumenty przeciwko szybkiej zmianie *Ustawy*. W lipcu 1985 r. doszło jednak do jej nowelizacji. Skład rad wydziałów został dostosowany do standardu ukształtowanego w 1968 r., a samorząd studencki rozwiązany do czasu ustalenia nowych form jego funkcjonowania. W listopadzie 1985 r. przeprowadzona została przez Ministra Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki ocena kadr kierowniczych szkół wyższych, której wynik zakomunikowano kierownictwu Politechniki Warszawskiej w dniu 27 listopada 1985 r.: Minister *nie potwierdził pełnienia funkcji* Rektora Politechniki Warszawskiej przez Władysława Findeisena. Podobne decyzje podjął Minister w stosunku do 3 dziekanów i 4 prodziekanów, komunikując jednocześnie, że — zgodnie z obowiązującymi przepisami — decyzje takie nie wymagają uzasadnienia. W związku z tym wydarzeniem Dziekan Jan Ebert, w poczuciu współodpowiedzialności, złożył rezygnację na ręce Rady Wydziału, która jednak — na swym nadzwyczajnym posiedzeniu — rezygnacji tej nie przyjęła...

Niepokój bardzo licznych na Wydziale adiunktów wzbudził — przewidziany znowelizowaną w 1985 r. *Ustawą* — obowiązek poddawania się okresowej ocenie oraz obowiązek terminowego habilitowania. Okazało się jednak, że ustalona ostatecznie procedura oceny opiera się na *rejestrze dorobku nauczyciela akademickiego* i uwzględnia udział bezpośredniego przełożonego w formułowaniu opinii, co na Wydziale Elektroniki było praktykowane już wcześniej. W skali Uczelni sytuacja wyglądała nieco inaczej. Na kilku wydziałach doszło do wykorzystania nowych regulacji prawnych w toczącej się walce politycznej. W lutym 1988 r. nie zostały odnowione umowy o pracę ze Zbigniewem Wrzesińskim, adiunktem na Wydziale Mechanicznym Technologicznym i członkiem Senatu, oraz z Karolem Szeligą, adiunktem na Wydziale Geodezji i Kartografii i członkiem Rady tego Wydziału. W pierwszym przypad-

⁶⁹ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki w dniu 18 grudnia 1984 r.

ku ocena okresowa zawierała zastrzeżenia co do postawy jako nauczyciela szkoły wyższej PRL, w drugim — co do zgodności postawy z zasadami konstytucyjnymi PRL.⁷⁰ Rada Wydziału Elektroniki interweniowała w tej sprawie, zwracając się do Senatu: *Uważamy, że dr Z. Wrzesiński i dr K. Szeliga powinni otrzymać prawo powrotu do Politechniki Warszawskiej i do sprawowania swych funkcji w organach kolegialnych. Jeśli zaś ich przewinienia są tak poważne, iż mimo chroniącego ich zwyczajowego immunitetu, decyzje zwolnień miałyby być uzasadnione, to należy tego publicznie dowieść przez odpowiednie orzeczenia dyscyplinarne. Domagamy się jawnego i publicznego załatwienia tych spraw, gdyż osoby, o które chodzi, stały się z chwilą wyboru na delegatów środowiska osobistościami publicznymi.*⁷¹ W myśl postanowień znowelizowanej Ustawy nauczyciele akademicki zajmujący stanowiska do adiunkta włącznie byli mianowani co najwyżej na pięć lat. Wynikające stąd poczucie tymczasowości wzmagał fakt, że zakończenie stosunku pracy z powodu zakończenia okresu mianowania nie wymagało ostrzeżenia ze strony pracodawcy, a brak decyzji o mianowaniu na następny okres nie mógł być przedmiotem żadnych roszczeń ani odwołań. *Uczelnia jest postrzegana — czytamy w roboczym dokumencie Rady Wydziału z tamtych lat — jako miejsce pracy, w którym dokonywane są ustawiczne selekcje, zależne od władz zwierzchnich i zewnętrznych. Konkluzja z tego jest taka, że pracę na uczelni wybierać będą jednostki raczej skłonne do uległości, o postawach dostatecznie giętkich. Nie stanowi to pomyślnego rokowania dla rozwoju nauki, a tym samym bardziej dla pojawienia się nauczycieli akademickich będących wzorcami osobowymi dla kształcącej się w Politechnice młodzieży.*⁷²

Jesień roku 1986 upłynęła pod znakiem obchodów 35-lecia Wydziału. Intencją organizatorów tej raczej „nieokrągłej” rocznicy było utrwalenie historii dziesięciolecia dzielącego rok 1986 od obchodów 25-lecia Wydziału — dziesięciolecia znamiennego szczególną intensywnością wydarzeń w życiu kraju, a Politechniki Warszawskiej i Wydziału w szczególności. Z okazji jubileuszu w ośmiu czasopismach fachowych o profilu związanym z działalnością Wydziału ukazały się artykuły bądź notatki poświęcone temu wydarzeniu; wydany został także specjalny numer czasopisma *Elektronizacja* związany z jubileuszem — w całości wypełniony artykułami pracowników Wydziału. W telewizji, radiu i prasie codziennej ukazały się felietony, audycje, artykuły i wywiady poświęcone Wydziałowi. Do zakładów pracy zatrudniających większą liczbę absolwentów Wydziału rozesłano plakaty i afisze okolicznościowe. Rozesłano również około 150 zaproszeń na uroczystości jubileuszowe, które odbyły się dnia 3 października 1986 r. w Małej Auli Gmachu Głównego Politechniki. Wydział został odznaczony przez Ministra Łączności Honorową Złotą Odznaką *Zasłużony Pracownik Łączności*. Były jubileuszowe gratulacje, życzenia, medale i odznaczenia dla zasłużonych pracowników Wydziału, a także dary dla Wydziału: od Instytutu Łączności, od Zakładów TELKOM-ZWUT, od Centralnego Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Elektronicznego Sprzętu Powszechnego Użytku, od Zakładów Radiowych im. M. Kasprzaka i od Zakładów Kineskopów Kolorowych UNITRA-POLKOLOR.

W 1986 r. wszedł w życie nowy system finansowania badań naukowych: powstały centralne programy badań podstawowych oraz centralne programy badań rozwojowych, w których dość gremialnie wzięli udział pracownicy naukowcy Wydziału. Jak się dziś powszechnie ocenia, analizując funkcjonowanie owych programów w latach 1986–1990 i ich efekty, był to chyba najbardziej udany eksperyment władzy ludowej w dziedzinie organizacji badań naukowych w Polsce. Przyniósł on wiele pożytków w zakresie integracji specjalistycznych środowisk naukowych w skali ogólnokrajowej i przyczynił się do pewnego odrodzenia takich elementów kultury życia naukowego, jak publiczna dyskusja naukowa, krytyka naukowa, współdziałanie w zakresie dużych przedsięwzięć badawczych. Nie zapobiegł on jednak — realia ekonomiczne były silniejsze — dość masowemu odpływowi kadr naukowych z uczelni, najczęściej do uczelni zagranicznych. Wśród ok. 600 tys. osób, które wyjechały z Polski w latach 1979–1989, dominowały osoby z wyższym wykształceniem; w kilku tysiącach przy-

⁷⁰ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki w dniu 23 lutego 1988 r.

⁷¹ List otwarty Rady Wydziału Elektroniki do Senatu Politechniki Warszawskiej z dnia 23 lutego 1988 r.

⁷² Opinia Komisji Rady Wydziału Elektroniki ds. Rozwoju Kadry o sytuacji nauczycieli akademickich nie będących docentami i profesorami z dnia 19 stycznia 1988 r.

padków byli to nauczyciele akademicy, a wśród nich — także nauczyciele akademicy Wydziału Elektroniki. Droga do Francji, Wielkiej Brytanii, Republiki Federalnej Niemiec, Kanady, USA czy Australii nierzadko wiodła przez kontrakt Polservice'u w jednym z krajów arabskich...

W 1986 r. rozpoczęła się modernizacja dziekanatu: pojawiły się trzy komputery typu PC z drukarkami mozaikowymi oraz kserograf. Niedługo potem przybyły trzy elektroniczne maszyny do pisania, drugi kserograf do obsługi rekrutacji oraz regały do indeksów. Wprowadzie już we wczesnych latach siedemdziesiątych podejmowane były przez Instytut Maszyn Matematycznych próby opracowania *systemu przetwarzania danych o studentach*⁷³, pierwsza rejestracja komputerowa miała jednak miejsce dopiero po semestrze zimowym 1986/87. Trzy lata później opracowano pierwszy program komputerowy do wspomaganie procesu układania rozkładu zajęć.

W latach 1988–1989 czynione były starania na rzecz uruchomienia studiów inżynierskich na terenie Zespołu Szkół Elektronicznych przy ul. gen. Józefa Zajęczka 7. Nie zostały one uwieńczone sukcesem ze względu na niemożność uzgodnienia opłat z tytułu użytkowania lokali i sprzętu. W styczniu 1990 r. zostało natomiast podpisane porozumienie z Zespołem Szkół Łączności przy Al. Stanów Zjednoczonych w sprawie powołania studiów inżynierskich na kierunku Telekomunikacja. Kształcenie inżynierów miało być prowadzone przez Wydział przy współdziałaniu Zespołu Szkół na jego terenie, przy czym Wydział miał zapewnić obsługę procesu dydaktycznego, obsługę administracyjną oraz sprawować opiekę socjalno-bytową nad studentami, a Zespół Szkół miał udostępnić swoje lokale, laboratoria oraz w niewielkim stopniu zapewnić udział swojej kadry w procesie kształcenia. Działaniami tymi kierować miał Instytut Telekomunikacji. Była już pozytywna decyzja Senatu w sprawie utworzenia Szkoły Inżynierskiej, była zgoda Ministerstwa Edukacji Narodowej. Studia miały się rozpocząć od lutego 1991 roku... I ta inicjatywa skończyła się fiaskiem.

W latach osiemdziesiątych — w związku z gwałtownym rozwojem technik komputerowych i pierwszymi próbami informatyzacji laboratoriów, zakładów przemysłowych i biur — gwałtownie wzrosło zapotrzebowanie na absolwentów kierunku Informatyka. Już w sprawozdaniu Dziekana za rok akademicki 1984/85 możemy przeczytać, że niezbędne jest *dostosowanie profilu kształcenia do potrzeb gospodarki i wyjście naprzeciw zainteresowaniu kandydatów, tzn. szersze kształcenie w dziedzinie informatyki*. W sprawozdaniu za rok następny znajdujemy numeryczną ilustrację istniejącego niedostosowania: *...rozkład życzeń kandydatów był bardzo nierównomierny: od 2,6% zainteresowanych Technologią Elektronową do 39,2% zainteresowanych Informatyką, przy limitach miejsc: Technologia — 21,1%, Informatyka — 12,4%*. Nic więc dziwnego, że kształcenie na kierunku Informatyka stało się przedmiotem szczególnej troski kierownictwa Wydziału i licznych prób przewyciężenia trudności ograniczających możliwości kształcenia na tym kierunku. Przewodniczący specjalnej Komisji ds. Informatyki zajmującej się tą sprawą tak oceniał sytuację jesienią 1986 r.: *W Instytucie Informatyki niewielka liczba nauczycieli akademickich boryka się ze znacznymi przeciążeniami (...), a ponadto większość pracowników to ludzie młodzi z niewielkim dorobkiem i doświadczeniem, zaledwie 3–4 samodzielnych pracowników nauki. Może wystąpić problem z dostateczną liczbą samodzielnych pracowników nauki dla prowadzenia przewodów doktorskich i habilitacyjnych. Konieczna jest pomoc Wydziału, a także można rozważyć zatrudnienie samodzielnych pracowników spoza Wydziału. W zakresie spraw programowych brak pełnej jasności, ilu jakich informatyków będzie potrzebować gospodarka. Instytut Informatyki kształci informatyków-konstruktorów, twórców sprzętu i oprogramowania podstawowego. Zastosowania informatyki są w gestii innych instytucji i nie należy ich włączać do Instytutu Informatyki. Tymczasem główne zapotrzebowanie będzie na informatyków od zastosowań*.⁷⁴ W ciągu następnych 25 lat sytuacja kadrowa w Instytucie Informatyki ulegała powolnej poprawie. Rostała jednak także skala problemu i dlatego w roku 2000 mogła pojawić się inicjatywa utworzenia odrębnego wydziału Politechniki Warszawskiej zajmującego się wyłącznie informatyką.⁷⁵

⁷³ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki w dniu 15 stycznia 1974 r.

⁷⁴ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki w dniu 28 października 1986 r.

⁷⁵ Por. *Memorandum w sprawie kształcenia informatyków w Politechnice Warszawskiej* z dnia 16 maja 2000 r.

Pod naporem trudności, jakie rodziła niemożność sprostania wyzwaniu edukacyjnemu coraz szybciej ewoluującego świata nowoczesnych technik informacyjnych, na Wydziale dojrzała świadomość konieczności zmiany systemu studiów w kierunku zwiększenia jego elastyczności w celu stworzenia bardziej atrakcyjnej i silniej motywującej formy kształcenia studentów oraz w kierunku lepszego dostosowania oferty edukacyjnej do oczekiwań kandydatów i rynku pracy dla absolwentów. Dyskusja na ten temat uległa intensyfikacji w roku 1988. Stanowisko w tej sprawie zajęła także wydziałowa komórka Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej. Prezentując je na posiedzeniu Rady Wydziału, Andrzej Wojtkiewicz postawił kilka istotnych pytań natury metodologicznej: *Czy Wydział jest zainteresowany poszerzeniem kształcenia, czy wystarcza nam kształcenie wysoko kwalifikowanych specjalistów elektroników, czy nie powinniśmy kształcić więcej w kierunkach interdyscyplinarnych, czy może też pełnić rolę usługową dla innych Wydziałów (np. w informatyce)? Rozwój Wydziału możliwy jest poprzez zwiększenie ilości, jakości kształconych studentów i doktorantów. Bariery jest tu baza lokalowa i materialna, co wchodzi w zakres spraw ogólnouczelnianych. Czy Uczelnia chce równomiernego rozwoju wszystkich kierunków? Jeżeli konieczne jest zwiększenie kształcenia, to trzeba zlikwidować bariery. Może na Wydziale zwrócić uwagę na zakłady doświadczalne, przekształcając je w przedsiębiorstwa innowacyjne? Może powołać fundację na rzecz rozwoju Wydziału Elektroniki?*⁷⁶ Powołana została dziekańska komisja pod przewodnictwem Radosława Ładzińskiego, w skład której weszli *młodzi pracownicy naukowcy, w większości krótko po lub przed habilitacją, z założenia prezentujący stanowiska swoje a nie będący reprezentantami poszczególnych Instytutów.*⁷⁷ Komisja ta przedstawiła wynik swojego działania na styczniowym posiedzeniu Rady Wydziału w formie *Tez Programowych: ...zwiększyć względny udział treści podstawowych, ...pogłębić indywidualizację studiów, ...zapewnić systemowi kształcenia zdolność do samorozwoju i adaptacji, ...przywrócić równowagę między przekazywaniem wiedzy a nauczaniem umiejętności, ...przezwyćczyć izolację naszego systemu kształcenia od systemów zagranicznych.* W kilka dni po posiedzeniu, podczas którego zostały zaprezentowane owe postulaty, rozpoczęły się obrady „okrągłego stołu”; zarysowały się możliwości wdrożenia śmielszych wizji i paradygmatów kształcenia na Wydziale, niż wynikałoby to z prostej ekstrapolacji tendencji rozwojowych w latach osiemdziesiątych. Powołane więc zostały dwie komisje Rady Wydziału: Komisja ds. Oceny i Organizacji Dydaktyki pod przewodnictwem Wiesława Traczyka oraz Komisja ds. Warunków Samodzielnego Studiowania pod przewodnictwem Jerzego Woźnickiego.

Smutnym lejtymotywnym sprawozdań Dziekana z lat osiemdziesiątych są nierozwiązalne problemy techniczne dotyczące gmachu Wydziału. W sprawozdaniu za rok 1986/87 czytamy: *Realizacja procesu dydaktycznego w roku akademickim 1986/87 była poważnie zagrożona w semestrze zimowym. Ze względu na wymianę rur doprowadzających energię ciepłą do Gmachu i niskie temperatury na zewnątrz, zajęcia były zawieszane na 3 dni w listopadzie, a ze względu na wyjątkowo ostrą zimą i niedogrzanie Gmachu Elektroniki jak i akademika Wydziału „Riviera”, zajęcia zostały zawieszane na 7 dni.*⁷⁸ A dalej: *Szczególnie aktualną w tym roku stała się sprawa niedogrzanego gmachu... Z powodu braku rur remont ten rozpoczęty we wrześniu trwał do końca listopada i zakończył się efektywnie dzięki interwencji Kierownictwa Wydziału i Rektora u najwyższych władz stolicy. (...) Przy niskich temperaturach występujących tej zimy, temperatura w salach dydaktycznych i innych pomieszczeniach nie przekroczyła w niektóre dni 10°C. Sprawę tę udało się po okresie zaburzenia rozwiązać przez pociągnięcia organizacyjne prowadzone z inicjatywy i przez Prodziekana dr inż. Jana Bobera, jak wymuszenie dostaw czynnika cieplnego o wyższych parametrach, powtórne dokładne uszczelnienie okien oraz wstawienie do audytoriów sprowadzonych z Wilgi pieców akumulacyjnych — 16 szt. Chcąc się zabezpieczyć przed niedogrzaniami budynku w roku przyszłym, wysłano już monity do Senackiej Komisji ds. Wentylacji i Ogrzewania oraz Dyrektora Administracyjnego PW w sprawie przeprowadzenia ekspertyzy oraz sprawdzenia i remontu sieci co. Jak na razie służby odpowiedzialne za wymienione sprawy nie rozpoczęły żadnych*

⁷⁶ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki w dniu 27 września 1988 r.

⁷⁷ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki z dnia 7 lutego 1989 r.

⁷⁸ Sprawozdanie Dziekana Wydziału Elektroniki PW za rok akademicki 1986/87, str. 4.

działań.⁷⁹ Jak echo powtarzają się te narzekania w sprawozdaniu za rok 1987/88: *Realizacja procesu dydaktycznego napotyka na poważne trudności, do których przede wszystkim należą: przeciążenie Gmachu Elektroniki niemal w 100% oraz jego ogólny stan techniczny; niedogrzanie Gmachu, a w szczególności Audytoriów Ryżki i Litwina, spotęgowane wypaczonymi i nieszczelnymi oknami w całym Gmachu.*⁸⁰ I w sprawozdaniu za rok następny: *Warunki pracy i BHP są w istotny sposób związane ze zbyt małą kubaturą i stanem budynku zajmowanego przez Wydział Elektroniki — w okresie sprawozdawczym ogólnie panująca ciasnota nie uległa zmianie, natomiast stan budynku jako wynik prowadzonych prac uległ niewielkiej zmianie. Główne prace związane z poprawą stanu BHP koncentrowały się na sprawie ogrzewania budynku. Zakończono płukanie grzejników w poszczególnych pomieszczeniach, zmieniono system odpowietrzenia sieci grzewczej, ocieplono dodatkowo audytorium.*⁸¹

A więc: ciasnota, niesprawne ogrzewanie, niedomykające się okna, wiecznie brudne „sanitariaty” (od łac. *sanitas* — zdrowie). Wszystkie te problemy, tak jak problem chronicznie pustych półek sklepowych, musiały poczekać na „okrągły stół”...

*Jest czas (...) rzucania kamieni i czas ich zbierania⁸²
Czas to pieniądź, a pieniądź czasem jest, a czasem go nie ma⁸³*

OSTATNIA DEKADA (1990–2000)

Dnia 4 czerwca 1989 r. rozpoczął się w Polsce bolesny proces transformacji ustrojowej, tzn. budowania kapitalizmu bez kapitału. Nic więc dziwnego, że kwestie finansowe zdominowały umysły polskich elit — także władz akademickich... Z początkiem lat dziewięćdziesiątych pojawiły się bowiem dotkliwe ograniczenia w obszarze finansowania szkolnictwa wyższego, po części związane z likwidacją centralnych problemów badawczych i zanikiem prac zlecanych przez przemysł, a po części z obnażeniem prawdy ekonomicznej o rzeczywistości uczelnianej. Zanim jednak przyszło się z nimi zmierzyć, był entuzjazm i radość z odzyskanej wolności. W wyniku wyborów czerwcowych, pierwszych częściowo wolnych wyborów parlamentarnych w powojennej Polsce, członkiem Senatu Rzeczypospolitej został Władysław Findeisen. Takimi oto słowy witał go na posiedzeniu Rady Wydziału Dziekan Jan Ebert: *Zwracam się do Senatora Rzeczypospolitej w dniu Jego Patrona św. Władysława. Pragnę wyrazić naszą radość, nasze podziękowanie i życzenia... Radość, że członek społeczności akademickiej naszego Wydziału, profesor obrany Rektorem Uczelni w pamiętnym 1981 roku uzyskał mandat zaufania tak wielkiej liczby wyborców i w efekcie godność Senatora w wyższej izbie parlamentu, w Senacie — w instytucji, która ma w Polsce tradycję 5 wieków, tradycję zgromadzenia wybitnych przedstawicieli narodu: o najwyższym autorytecie moralnym, o najwyższych kwalifikacjach intelektualnych, o wysokiej pozycji społecznej.*⁸⁴ Natomiast sam senator widział swoją misję parlamentarną następująco: *Proszę pamiętać, że swoją rolę „senatora z Warszawy” rozumiem nie w tym sensie, że mam reprezentować interesy miasta i województwa warszawskiego. Rolą członków parlamentu rzeczywiście ustawodawczego jest myślenie o całości kraju. W programie interesują mnie dwa nurty. Pierwszy wynika z mojej pracy w szkolnictwie i nauce. Tutaj zebrałem najwięcej doświadczeń, przez wiele lat rozwijając zespół naukowy, a zwłaszcza sprawując funkcję rektora Politechniki Warszawskiej*

⁷⁹ *Ibid.*, str. 37.

⁸⁰ Sprawozdanie Dziekana Wydziału Elektroniki PW za rok akademicki 1987/88, str. 42.

⁸¹ Sprawozdanie Dziekana Wydziału Elektroniki PW za rok akademicki 1988/89, str. 51.

⁸² *Księga Koheleta* 3, 1–5.

⁸³ Autor nieznan (P. Kierski, R. Cupryjak, S. Choromański, *Sławne cytaty*, broszura wydana nakładem studentów Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych PW, 1996).

⁸⁴ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki w dniu 27 czerwca 1989 r.

w okresie 1981–85. Było to wówczas znacznie więcej niż tylko administrowanie uczelnią i dbanie o jej materialny rozwój.⁸⁵

Dnia 12 września 1990 r. uchwalona została nowa *Ustawa o szkolnictwie wyższym*⁸⁶, która — przywracając uczelniom pełną autonomię i samorządność akademicką — bardzo przewidywająco uregulowała kwestię ich finansowania. W Art. 27 tej ustawy zawarty został przepis, w myśl którego: *Uczelnia jest zwolniona z podatków (...) Zwolnieniu nie podlega działalność gospodarcza...* Przepis ten — choć do dziś pozostaje w *Ustawie* — stracił moc już w roku 1992⁸⁷; uczelnie są więc dzisiaj płatnikami podatku VAT, podatku od nieruchomości i podatku dochodowego od osób prawnych, nie mówiąc o kryptopodatkach, takich jak odpisy na ZUS czy na Państwowy Fundusz Rehabilitacji Osób Niepełnosprawnych. Na mocy nowej *Ustawy o szkolnictwie wyższym* oraz *Ustawy o utworzeniu Komitetu Badań Naukowych* z 12 stycznia 1991 r. w latach 1989–1991 nastąpiły istotne zmiany zasad przydzielania uczelniom środków publicznych zarówno na działalność dydaktyczną, jak i na działalność badawczą — w dotacji zbiorowej na działalność dydaktyczną pojawił się element chesnego opłacanego przez państwo, a system finansowania działalności badawczej uległ daleko idącej dywersyfikacji. Najbardziej stabilnymi formami dotacji budżetowych, które od dziesięciu lat uzyskują uczelnie, są dotacje na działalność dydaktyczną, na badania własne oraz na statutową działalność badawczą.

O ile w roku 1989 wśród 92 polskich szkół wyższych tylko dwie miały charakter niepaństwowy, a podstawową formą finansowania szkolnictwa wyższego była dotacja zbiorowa z budżetu państwa, to w latach dziewięćdziesiątych liczba niepaństwowych szkół wyższych wzrastała z roku na rok, aby zbliżyć się do 200 w końcu dekady, a system finansowania szkolnictwa wyższego uległ istotnej modyfikacji: wkład państwa do budżetu szkół państwowych przybrał postać kombinacji dotacji zbiorowej i chesnego opłacanego przez państwo; chesne opłacane przez studenta stało się podstawową formą finansowania szkół niepaństwowych, a chesne opłacane przez studenta studiów wieczorowych lub zaocznych stało się pomocniczą formą finansowania szkół państwowych. Funkcjonujący od 1991 roku sposób podziału środków na działalność dydaktyczną pomiędzy uczelnie znamienne jest proporcjonalnością znacznej części (około połowy) dotacji uzyskiwanej przez uczelnię do wskaźników kosztu kształcenia na prowadzonych przez tę uczelnię kierunkach studiów oraz do ważonej sumy liczb studentów na różnych rodzajach studiów. Wysokość dotacji przyznanej uczelni zależy ponadto od liczby zatrudnionych w niej nauczycieli akademickich z tytułem lub stopniem naukowym, bibliotekarzy i pracowników informacji naukowej. Oczywistym skutkiem wprowadzenia opisanego sposobu podziału środków na działalność dydaktyczną było pojawienie się konkurencji międzyuczelnianej w pozyskiwaniu kandydatów na studia i — w konsekwencji — niemal trzykrotne zwiększenie liczby studentów przy nieznacznym tylko zwiększeniu liczby nauczycieli akademickich i ogólnych nakładów na szkolnictwo wyższe.

Podział środków na badania własne opiera się na formule, w myśl której dotacja uzyskiwana przez uczelnię jest w mniejszej części zależna od ogólnej liczby zatrudnionych w niej nauczycieli akademickich, a w większej od liczby stopni naukowych doktora i doktora habilitowanego, nadanych jej pracownikom w okresie trzech lat poprzedzających przydział dotacji. Paradoksalnym skutkiem funkcjonowania tego sposobu podziału dotacji na badania własne — tak jak w przypadku dotacji na działalność dydaktyczną — jest jego silne oddziaływanie „proinflacyjne”: jednostkowa nagroda za zwiększony wysiłek uczelni w zakresie promocji kadr naukowych jest tym mniejsza, im większy jest globalny efekt tego wysiłku, jako że sumaryczna dotacja przyznawana wszystkim uczelniom w kraju nie ulega z roku na rok istotnej zmianie.

Odmiennej charakter miał mieć, według pierwotnych założeń, schemat przydziału dotacji na statutową działalność badawczą jednostki organizacyjnej uczelni, samodzielnie taką działalność prowadzącej (początkowo był to instytut, a potem wydział). Według tych zało-

⁸⁵ *Życie Warszawy*, 20–21 maja 1989 r., nr 118 (14087), str. 3.

⁸⁶ Ustawa z dnia 12 września 1990 r. o szkolnictwie wyższym, *Dziennik Ustaw*, Nr 65, poz. 385.

⁸⁷ Ustawa z dnia 15 lutego 1992 r. o podatku dochodowym od osób prawnych oraz o zmianie niektórych ustaw regulujących zasady opodatkowania, *Dziennik Ustaw*, Nr 21, poz. 86 (Art. 40. ust. 1).

zeń⁸⁸ miał on uwzględniać: ogólną liczbę pracowników zatrudnionych w jednostce, tzw. „przeliczeniową” liczbę osób bezpośrednio uczestniczących w badaniach oraz średnie wynagrodzenia tych osób, koszty zakupu aparatury i inne jeszcze koszty badań, średnie koszty eksploatacji budynków, energii, bibliotek, obsługi administracyjnej itp. dla grupy jednostek o zbliżonym charakterze badań. Z drugiej zaś strony miał on uzależniać poziom finansowania jednostki badawczej od rodzaju i dziedziny uprawianych w niej badań, jej poziomu naukowego (kategoria jednostki) oraz jej podległości administracyjnej. Ze względu na stale pogarszające się od 1991 roku warunki finansowania badań naukowych powyższy schemat nigdy nie został zastosowany w sposób pełny i konsekwentny. W praktyce o poziomie finansowania decydował wskaźnik udziału budżetu państwa w finansowaniu jednostki badawczej, który dla jednostek uczelnianych nie przekraczał 0,15. Spowodowało to sprowadzenie finansowania statutowego do poziomu nie wystarczającego nawet do podtrzymania infrastruktury badawczej tych jednostek, nie mówiąc już o składnikach kosztów ich funkcjonowania, które w jakimś stopniu — zgodnie z opisanym schematem — miały być pokrywane z dotacji statutowej. Powszechna i wieloaspektowa krytyka systemu przydzielania jednostkom badawczym dotacji statutowej doprowadziła do jego zmiany w 1998 r. Według zasad wówczas wprowadzonych ok. 80% dotacji zależęć miało od wyników niezwykle sformalizowanej oceny dorobku jednostki badawczej, kwalifikowanego według skomplikowanego, a zarazem wysoce nieprecyzyjnego, układu kryteriów.

Zmiana zewnętrznych uwarunkowań ekonomicznych Uczelni odsłoniła liczne obszary niegospodarności i nieefektywności jej funkcjonowania; zmiana uwarunkowań politycznych — umożliwiła publiczną dyskusję na ten temat. Włączając się do tej dyskusji, już w styczniu 1990 r. Rada Wydziału Elektroniki domagała się *niezwłocznego rozpoczęcia reformy struktury centralnej administracji Politechniki Warszawskiej i skutecznej redukcji tego działu*.⁸⁹ Uzasadniała Rada owo żądanie w sposób następujący: *Brak działań w tym kierunku przedłuża dramatyczną sytuację na całej Uczelni polegającą na likwidacji zespołów technicznych w wyniku ograniczonych funduszy. Doprowadzi to wkrótce do załamania się prowadzonych prac, z których Uczelnia czerpie pokaźny dochód*.⁹⁰

Antycypując narastanie trudności finansowych, już w 1991 r. Wydział podjął działania dostosowawcze: nastąpiła redukcja zatrudnienia, likwidacja zakładów doświadczalnych, warsztatów i magazynów instytutowych. Pomieszczenia po warsztatach i magazynach — o łącznej powierzchni 1500 m² — po przeprowadzeniu adaptacji wykorzystane zostały na cele dydaktyczne, przy czym na adaptację tych pomieszczeń Wydział uzyskał pokaźną dotację z Ministerstwa Edukacji Narodowej. Ogółem liczba zatrudnionych na Wydziale zmniejszyła się o 82 osoby, z czego 27 osób stanowili nauczyciele akademicy. Jednocześnie za priorytetowe zadanie uznano utrzymanie kadrowego potencjału Wydziału w sensie jakościowym. *Wiele wskazuje na to — czytamy w Sprawozdaniu Dziekana — że może się to okazać niemożliwe, jeżeli nie powstaną możliwości znacząco zwiększonego wynagradzania pracowników merytorycznych Wydziału, a także lepszego materialnego zainteresowania najlepszych absolwentów podejmowaniem zatrudnienia na Wydziale*.⁹¹ Z dniem 1 lipca 1992 r. na Politechnice weszły w życie nowe — obowiązujące do dziś — rozwiązania finansowo-organizacyjne, w myśl których koszty użytkowania budynków ponoszą jednostki organizacyjne Uczelni. W związku z tym utworzony został dział techniczno-administracyjny Wydziału, zatrudniający początkowo kierownika, gospodarza gmachu, 5 portierów, 2 robotników, 4 szatniarki i 20 sprzątaczek.

W roku 1990 wdrożony został elastyczny system studiów, którego założenia opierały się na wynikach prac analitycznych przeprowadzonych w końcu lat osiemdziesiątych. Wprowadzone wówczas zmiany w systemie i programach kształcenia okazały się jednak niewystarczające dla wielu środowisk na Wydziale już w roku 1992 w związku z burzliwymi przemianami ogólnokrajowymi i przyspieszeniem technologicznym w dziedzinie technik informacyjnych,

⁸⁸ *Zasady określania poziomu finansowania działalności statutowej jednostek naukowych i jednostek naukowo-badawczych*, Biuletyn KBN, nr 2, 1993.

⁸⁹ Uchwała Rady Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej z dnia 30 stycznia 1990 r.

⁹⁰ *Ibid.*

⁹¹ Sprawozdanie Dziekana Wydziału Elektroniki PW za rok akademicki 1990/91.

jakie miało miejsce w cywilizowanym świecie. Dyrektorzy trzech instytutów — Instytutu Automatyki, Instytutu Informatyki i Instytutu Telekomunikacji — powołali zespół pod przewodnictwem Stanisława Sławińskiego, który miał się zająć analizą sytuacji. 4 czerwca 1992 r. zespół przedstawił opinię, z której wynikała celowość podzielenia Wydziału na dwa wydziały mniejsze. *W ciągu niemal czterdziestu lat od wyodrębnienia się z Wydziału Elektrycznego — konstatowali autorzy opinii — nastąpił nie tylko jego intensywny rozwój, ale też podział zainteresowań merytorycznych jego jednostek na co najmniej dwie orientacje: jedną o charakterze systemowym, reprezentowanym głównie w Instytutach Automatyki, Informatyki i Telekomunikacji, drugą zaś o charakterze bardziej układowym i technologicznym. (...) niezbędna jest — argumentowali autorzy opinii — bardzo szybka adaptacja struktury kształcenia do zmieniających się warunków zewnętrznych. Zasadnicza zmiana struktury studiów, preferująca szerzej dostępne studia inżynierskie przy ograniczeniu studiów magisterskich jest nie tylko uzasadniona ze względu na potrzeby kraju, lecz także — w niektórych specjalnościach — silnie wymuszana naciskiem rynku. W szczególnym stopniu dotyczy to telekomunikacji i techniki przetwarzania informacji, a przejawia się m.in. w bardzo licznych ofertach zatrudnienia studentów tych specjalności już w czasie studiów. (...) zainteresowanie różnych instytutów w (...) zmianach — uzasadniali autorzy opinii — jest na Wydziale bardzo zdywersyfikowane, różne są preferowane strategie dostosowania się do nowej sytuacji, różne są stanowiska w zakresie minimów i wzorców programowych. Przywiązanie do tradycji rozwiązywania sporów na zasadzie uzgodnień merytorycznych (...) wywołuje jednak kompromisy i skłonności zachowawcze znacznie spowalniające tempo zmian, zbyt szybkie dla jednych a zbyt powolne dla innych instytutów. Wynika stąd diagnoza — konkludowali autorzy opinii — że (...) Wydział przekroczył rozmiary pozwalające na szybką adaptację i wymaga zasadniczej zmiany struktury organizacyjnej.* Na podstawie opinii przedstawionej przez zespół, dyrektorzy trzech instytutów skierowali do Rektora odpowiedni wniosek w dniu 16 czerwca 1992 r., przy czym — zgodnie z wymogami „drogi służbowej” — najpierw trafił on do rąk Dziekana. Wniosek ten nie dotarł jednak nigdy do Rektora, ponieważ został wycofany przez autorów motywowanych przekonaniem, że *nowe zadania dydaktyczne mogą znaleźć szansę realizacji w ramach dużego Wydziału w jego nowej strukturze.*⁹² „Nowa struktura” została zaproponowana przez Dziekana Jerzego Woźnickiego w dokumencie pt. *Program ustaleń, posunięć i zmian odnoszących się do organizacji i funkcjonowania Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej* — stanowiła ona wynik ogólnowydziałowej dyskusji, której istotnym elementem był dokument analityczny pt. *Czy i jak należy zreorganizować Wydział Elektroniki?*, opracowany przez Nadzwyczajną Komisję Rady Wydziału pod przewodnictwem Jerzego Osiewskiego.

Uchwałą Senatu z dnia 27 kwietnia 1994 r. zmieniona została nazwa Wydziału: nazwa wprowadzona w roku 1966 została rozszerzona o człon „techniki informacyjne”, będący polskim odpowiednikiem angielskiego terminu *information technology*. Wystąpienie z wnioskiem w tej sprawie poprzedzone było głęboką dyskusją nad różnymi wariantami nowej nazwy oraz nad interpretacją tego terminu w świetle praktyki językowej utrwalonej w anglosaskich (europejskich i amerykańskich) źródłach informacji. Rozważane były alternatywne propozycje, takie jak: „Wydział Elektroniki i Informatyki”, „Wydział Elektroniczno-Informatyczny” czy „Wydział Elektroniki, Informatyki i Telekomunikacji”. Okazało się jednak, że tylko rozszerzenie nazwy o „techniki informacyjne” zapewnia objęcie nową nazwą wszystkich obszarów działalności badawczej i edukacyjnej uprawianej na Wydziale, a więc — oprócz elektroniki, telekomunikacji i informatyki — także automatyki i robotyki, metrologii i systemów pomiarowych oraz inżynierii biomedycznej. Uchwałą Senatu z dnia 27 kwietnia 1994 r. wprowadzony został makrokierunek Informatyka, automatyka i robotyka, elektronika i telekomunikacja. Z początkiem roku akademickiego 1994/95 pojawili się pierwsi studenci przyjęci na studia I stopnia uruchomione na tym właśnie makrokierunku; w roku 1997 ruszyły studia II stopnia. Następnym etapem rozwoju nowego systemu kształcenia było uruchomienie w 1999 r. studiów doktoranckich, koncepcyjnie spójnych ze studiami dwustopniowymi i dlatego nazywanych studiami III stopnia.

⁹² List prof. W. Majewskiego, prof. K. Malinowskiego i prof. Z. Pawlaka do Dziekana Wydziału Elektroniki, prof. dr. hab. Jerzego Woźnickiego, z dnia 12 stycznia 1993 r.

Sądzić należy, że reformy edukacyjne wprowadzane na Wydziale spotkały się z przychylną oceną środowisk akademickich Uczelni, ponieważ opowiedziały się one w roku 1996 za wyborem Jerzego Woźnickiego, Dziekana Wydziału w latach 1990–1996, na Rektora Politechniki Warszawskiej. W ten sposób bilans udziału profesorów Wydziału w kierownictwie Uczelni dopełnił się następująco: trzech rektorów (Władysław Findeisen, Antoni Kiliński i Jerzy Woźnicki) oraz siedmiu prorektorów (Andrzej Filipkowski, Bogdan Galwas, Stanisław Kuhn, Ignacy Malecki, Stanisław Ryżko, Stanisław Sławiński i Alfred Świt).

Lata dziewięćdziesiąte były okresem szybkiego odrabiania przez Wydział zaległości w zakresie aktywności informacyjno-promocyjnej. Po latach mizერიi na rynku usług poligraficznych, chronicznego braku papieru (nie tylko toaletowego), braku kserografów i drukarek, niemal z dnia na dzień wszystko to okazało się dostępne. Jednocześnie powstał mniej lub bardziej wolny rynek usług edukacyjnych, a zabieganie o klienta lub partnera — tak w działalności edukacyjnej, jak naukowej — stało się koniecznością. Opracowany więc został i podlegał corocznej aktualizacji informator dla kandydatów na dzienne studia dwustopniowe. Powstał bogato ilustrowany — aktualizowany co trzy lata — biuletyn o studiach w języku angielskim *Electrical and Computer Engineering*. Od roku 1997, każdej wiosny wszystkie instytuty publikują własne informatory w języku angielskim przedstawiające ich działalność w ciągu minionego roku (tzw. *Annual Report*). W roku 1999 ukazał się pierwszy informator w języku angielskim przedstawiający działalność Wydziału w ciągu kadencji władz akademickich 1996–1999 (tzw. *Triennial Report*). Zawarte w informatorach wiadomości o Wydziale zostały wprowadzone do międzynarodowego obiegu w sieci *Internet*. Już w roku 1992 Wydział zaistniał na międzynarodowych targach akademickich w Granadzie, zorganizowanych z okazji EXPO '92, a rok później został zaprezentowany przez Prodziekana Andrzeja Jakubiaka w cyklu czterech programów telewizyjnych, zatytułowanych *Spotkania z Elektroniką*. W roku 1996 powstał pierwszy 15-minutowy film o Wydziale w polskiej i angielskiej wersji językowej.

W latach dziewięćdziesiątych stało się możliwe rozwiązanie wielu wcześniej nierozwiązalnych problemów technicznych związanych z infrastrukturą Wydziału. Powiodła się realizacja programu „eurotoalety”; przeprowadzone zostały liczne prace remontowo-modernizacyjne, takie jak instalacja bezprzewodowej aparatury nagłośnieniowej i audiowizualnej w niektórych audytoriach, ulokowanie wszystkich sal wykładowych poniżej trzeciego piętra, zgrupowanie pomieszczeń dziekanatu czy zagospodarowanie piwnic na cele dydaktyczne. To ostatnie przedsięwzięcie, zakończone w 1995 r., przyczyniło się do powiększenia powierzchni laboratoriów Wydziału o ponad 2000 m². Zostały tam zlokalizowane, między innymi, dwa laboratoria komputerowe o zadaniach ogólnowydziałowych, przeznaczone do prowadzenia wszystkich zajęć z przedmiotów informatycznych na pierwszych czterech semestrach studiów. W piwnicach umiejscowione zostało także Laboratorium Badawcze Sprzętu Audiowizualnego, do którego zadań należą badania parametrów i charakterystyk technicznych elektronicznego sprzętu powszechnego użytku oraz wykonywanie badań bezpieczeństwa użytkownika tego sprzętu. Wszystkie te posunięcia nie rozwiązywały jednak zasadniczego problemu, jakim było wyeksploatowanie wielu elementów budynku z powodu braku remontu kapitalnego w ciągu 35 lat jego istnienia. I ten problem doczekał się rozwiązania w przededniu jubileuszu pięćdziesięciolecia Wydziału: 20 grudnia 2000 r. rozpoczął się remont kapitalny obejmujący — między innymi — wymianę wszystkich okien, ocieplenie i otnikowanie elewacji, wymianę stropodachów, wymianę systemu wentylacyjnego...

W latach dziewięćdziesiątych nieprzerwanie prowadzone były prace nad rozwojem komputerowego systemu wspomagającego prace dziekanatu *ERES*. Do roku 1994 system ten rozwijany był przy użyciu środowiska o stosunkowo ograniczonych możliwościach narzędziowych, a mimo to pojawiły się nowe funkcje, takie jak wspomaganie rozdziału stypendiów i miejsc w domach akademickich, drukowanie informatorów, integracja rozproszonych zapisów na zajęcia; system *ERES* uległ rozbudowie od pojedynczego stanowiska do sieci obejmującej sekretariaty dydaktyczne instytutów. Od roku 1994 jego nowa wersja rozwijana jest przy użyciu środowiska *Oracle*; uwzględnia ona nowe rozwiązania organizacyjne, jakie pojawiły się w procesie dydaktycznym w związku z wdrożeniem studiów trójstopniowych.

W latach dziewięćdziesiątych liczba komputerów na Wydziale przekroczyła magiczną granicę tysiąca; istotnej modernizacji uległa sieć komputerowa i system informacyjny Wydziału. Serwer z informacjami o Wydziale, dostępny w sieci *Internet* pod adresem

<http://www.elka.pw.edu.pl>, zapewnia dużej części społeczności Wydziału, jego partnerom zewnętrznym, kandydatom na studia i innym, natychmiastowy dostęp do stale aktualizowanej informacji o życiu Wydziału i do wielu dokumentów z tym życiem związanych. Istotnym krokiem w rozwoju systemu informacyjnego Wydziału było włączenie Biblioteki Wydziałowej do systemu bibliotecznego-informacyjnego Politechniki Warszawskiej: utworzona została baza danych z informacjami o książkach dostępnych w Bibliotece Wydziałowej, zapewniony został dostęp do tej informacji i wdrożony system wypożyczeń komputerowych.

*Wszelki postęp to odrabianie zaległości*⁹³

ROK 2001 CZYLI HISTORIA KOŁEM SIĘ TOCZY

Jest rok 2001. Po 50 latach istnienia Wydziału można powiedzieć, że wszystkie problemy, z którymi się on dzisiaj mierzy są nienowe: były już — gdzieś, kiedyś, przez kogoś — rozwiązywane. Świadczą o tym archiwalne dokumenty Wydziału. Stwierdzenie to dotyczy przede wszystkim problemów dydaktycznych.

Jeszcze w czasach „prehistorycznych” zaczęła się dyskusja na temat roli i miejsca w programach kształcenia treści podstawowych. Trwała ona przez całe półwiecze istnienia Wydziału i zapewne trwać będzie nadal. Przedmiotem wiecznej troski była, w szczególności, fizyka. I w roku 1952: *Studentów należy nauczać umiejętności myślenia kategoriami fizyki i zapoznać ich ze słownictwem współczesnej fizyki. Brak koordynacji myślenia i umiejętności praktycznego ujmowania zagadnień teoretycznych u większości studentów tkwi w braku czasu do przemyślenia tych zagadnień opanowywanych jedynie pamięciowo.*⁹⁴ I w roku 1985: *...najpoważniejszym mankamentem obecnego sposobu prowadzenia wykładu z fizyki jest zatarcie jej empirycznej natury.*⁹⁵ A wszak przedmiot ten ma do spełnienia na Wydziale Elektroniki dwa podstawowe zadania: *zapoznanie studentów ze specyfiką myślenia charakterystyczną dla fizyki, w której zgodność teorii z doświadczeniem stanowi podstawowe kryterium prawdy oraz zapoznanie z podstawowymi zjawiskami stanowiącymi podstawę zastosowań technicznych.*⁹⁶ W roku 1956 studenci zwracali się do Rady Wydziału Łączności z taką oto prośbą: *My studenci II r. Wydziału Łączności prosimy Radę Wydziału o rozpatrzenie sprawy wykładów z fizyki na naszym roku. Uważamy, że metodyka bieżących wykładów z fizyki jest nieodpowiednia. Stwierdzamy, że wykłady są niejasne i prowadzone w sposób chaotyczny, co przy przedmiocie wymagającym głębszego wyjaśnienia mechaniki zjawisk, powoduje, mimo korzystania z dostępnych źródeł, niedostateczne zrozumienie bieżącego materiału. Prosimy, ażeby, o ile sprawa ta nie byłaby możliwa do załatwienia w bieżącym semestrze, o uznaniu jej za otwartą i rozpatrzenie jej ponownie w semestrze przyszłym, w wypadku, gdyby pozostała aktualną.*⁹⁷ Być może nie pierwszy raz, a na pewno nie ostatni. Usytuowanie fizyki w programach kształcenia, jej funkcje względem przedmiotów zawodowych oraz relacja do matematyki i innych przedmiotów teoretycznych — wszystkie te kwestie były przedmiotem dyskusji przy okazji każdej reformy programowej, a także przedmiotem licznych eksperymentów dydaktycznych i kadrowych...

Do dobrych tradycji Wydziału należą znakomicie prowadzone zajęcia z matematyki. Nie oznacza to jednak, że nie były one nigdy przedmiotem krytycznej oceny i doskonalenia

⁹³ Autor nieznany (P. Kierski, R. Cupryjak, S. Choromański, *Sławne cytaty*, broszura wydana nakładem studentów Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych PW, 1996).

⁹⁴ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Łączności z dnia 19 marca 1952 r.

⁹⁵ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki w dniu 23 kwietnia 1985 r.

⁹⁶ *Ibid.*

⁹⁷ List studentów do Rady Wydziału Łączności z dnia 11 grudnia 1956 r.

w ogniu zbiorowej dyskusji: *Po dyskusji ustalono, że program wykładów z matematyki jest na zbyt wysokim poziomie — uwzględnia jedynie uzasadnienia twierdzeń i wzorów matematycznych. Główny nacisk winien być położony na zastosowanie matematyki do zagadnień technicznych (...).*⁹⁸ *...celem nauczania [matematyki] powinno być wyłożenie może mniejszej niż dotychczas ilości materiału, ale w sposób dokładny, logiczny, wyrabiający w studentach inteligencję i zachęcający do naukowych poszukiwań, do stawiania i rozwiązywania nowych problemów przyczyniających się do rozwoju nauki i techniki.*⁹⁹

Poczynając od roku akademickiego 1953/54 Wydział zmagał się cyklicznie — tak jak i inne wydziały innych uczelni polskich — z „przekleństwem” zbyt dużej liczby specjalności, a okresowo także i specjalizacji. *Zwiększająca się z roku na rok liczba specjalności — mimo szeregu udanych prób komasacji poszczególnych specjalności — wskazuje na konieczność uporządkowania organizacyjnego Wydziału*¹⁰⁰ — czytamy w planie działania z 1959 r. Trzy lata później, w podsumowaniu dyskusji nad projektem reformy studiów (opracowanym na ministerialnej konferencji w Międzyzdrojach we wrześniu 1963 r.) — dyskusji, która odbyła się na posiedzeniu Rady Wydziału Łączności Politechniki Warszawskiej z udziałem delegatów Rady Wydziału Łączności Politechniki Gdańskiej i Rady Wydziału Łączności Politechniki Wrocławskiej — stwierdzono, że *konieczna jest modernizacja programów obowiązujących obecnie na Wydziałach Łączności, przy czym powinna ona zmierzać przede wszystkim w kierunku ograniczenia liczby specjalności z przesunięciem ciężaru szkolenia na przedmioty podstawowe i ogólne specjalnościowe.*¹⁰¹ Problem nadmiernej liczby specjalności powrócił ponownie w latach siedemdziesiątych, w latach osiemdziesiątych i w końcu lat dziewięćdziesiątych...

Równie ponadczasowy wydaje się problem dostosowania specjalnościowej struktury absolwentów do potrzeb rynku pracy: *...dokonywany obecnie przez Dziekanat Wydziału podział studentów III roku na 6 specjalności wydziałowych — czytamy w notatce z 1966 r. — w dużym stopniu nie odpowiada życzeniom deklarowanym przez studentów; można się przeto obawiać, że ci studenci, którzy otrzymują taki przymusowy przydział specjalności, mogą się poczuć zaskoczeni i zawiedzeni w zestawieniu z tym, czego się spodziewali przy zdawaniu egzaminu wstępnego na wydział i w okresie pierwszych dwóch lat studiów. ...zagadnienie przydziału studentów na specjalności w sposób całkowicie zgodny z życzeniami studentów jest bardzo trudne i (...) się prawdopodobnie nie da całkowicie zadowalająco rozwiązać bez zmiany struktury studiów, a nawet — być może — bez zmiany samej struktury Wydziału.*¹⁰² Do problemu tego wracamy w drugiej połowie lat osiemdziesiątych: *Chodzi o dostosowanie profilu kształcenia do potrzeb gospodarki i wyjście naprzeciw zainteresowaniu kandydatów (szersze kształcenie w dziedzinie informatyki).*¹⁰³ I podejmujemy ten problem w roku 2000, gdy okazuje się, że liczba kandydatów zainteresowanych studiami o charakterze informatyczno-telekomunikacyjnym zaczyna niebezpiecznie przewyższać liczbę zainteresowanych studiami o charakterze elektroniczno-układowym...

Obserwując z niepokojem zjawisko masowego podejmowania pracy zawodowej poza Politechniką przez studentów, a zwłaszcza doktorantów i asystentów, skłonni jesteśmy niekiedy sądzić, że jest ono zupełnie nowe, charakterystyczne dla dekady lat dziewięćdziesiątych. Okazuje się jednak, że trudności z zapewnieniem stabilnej kadry młodszych pracowników naukowych pojawiały się nawet w czasach, które postrzegane są jako „złoty wiek” w rozwoju instytucji akademickich w kraju i na świecie: *[Ze względu na] duże zapotrzebowanie na młodych wykwalifikowanych fachowców w zakładach przemysłowych i w instytutach nau-*

⁹⁸ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Łączności z dnia 19 marca 1952 r.

⁹⁹ Sprawozdanie z prac komisji dydaktycznej w składzie: A. Smoliński, K. Leibler, K. Salwa, E. Porządkowski, J. Osowski, maj 1959 r.

¹⁰⁰ Wytyczne do planu pięcioletniego 1961–65, październik 1959 r.

¹⁰¹ Protokół z posiedzenia Rad Wydziałów Łączności Politechnik Gdańskiej, Wrocławskiej i Warszawskiej z dnia 25 stycznia 1964 r.

¹⁰² Notatka z 15 stycznia 1966 r. dotycząca trybu przyjmowania kandydatów na Wydział Łączności, opracowana przez Stanisława Kuhna na podstawie rozmowy z Witoldem Nowickim i Bohdanem Paszkowskim.

¹⁰³ Sprawozdanie Dziekana za rok akademicki 1984/85.

z katedr powoduje niestałość personelu naukowego, która ujemnie wpływa na działalność naukową i dydaktyczną katedr. Uplynnianie składu osobowego nie pozwala na zachowanie ciągłości prac badawczych, na wykonanie prac zaplanowanych.¹⁰⁴ Dziekan prof. Cz. Rajski zwrócił uwagę Rady na niepokojące objawy, jakie zaistniały w Katedrach przedmiotów podstawowych. Istnieją mianowicie trudności przy obsadzaniu wykładów i ćwiczeń. Na brakujące etaty nie ma chętnych asystentów. Istnieje przeciążenie asystentów w Katedrze Matematyki...¹⁰⁵

Wieloletnie „tradycje” ma także na Wydziale narzekanie na „Gmach Główny”: *Najbardziej uciążliwą wadą obecnej struktury — czytamy w protokole Rady Wydziału z 1968 r. — jest za daleko posunięta zależność Wydziału od administracji ogólnopolitechnicznej*¹⁰⁶. Już w 1952 r. na posiedzeniu Rady Wydziału poruszono sprawę *zbytniego rozszerzenia sprawozdawczości, na co jest brak sił wykonawczych. Sprawa (...) otrzymania odpowiednich sił administracyjnych na razie utknęła na martwym punkcie*¹⁰⁷. A dziesięć lat później Janusz Groszkowski zwrócił uwagę, że *normy narzucone przez Rektorat przy określaniu liczebności grup studenckich w laboratoriach są w odniesieniu do Wydziału Łączności nierealne, (...) zaproponował, aby sprawa ta została poruszona przez przedstawiciela Rady Wydziału prof. Kilińskiego na posiedzeniu Senatu...*¹⁰⁸ Choć niewątpliwie problem wynagradzania nauczycieli akademickich za udział w procesie dyplomowania był wówczas rozwiązany znacznie lepiej: *...za prowadzenie prac dyplomowych (...) opłata wynosi 300 zł (...). Każdy samodzielny pracownik nauki jest obowiązany prowadzić 5 prac bezpłatnie, a nadwyżka jest płatna, 15 godzin braku do pensum odlicza się na pracę dyplomową, a dopiero po przekroczeniu pensum płaci się za prowadzenie pracy dyplomowej. Za opiniowanie pracy dyplomowej płaci się 60 zł bez powyższych ograniczeń, jak również za udział w Komisji Egzaminu Dyplomowego.*¹⁰⁹ W różnych okresach z różnym natężeniem artykułowano było odczucie, że Wydział odgrywa poważną rolę w Uczelni — *choć można mieć wątpliwości, czy rola ta jest proporcjonalna do jego potencjału. Podobnie w zakresie środków finansowych, Wydział zawsze wnosił wiele dla Uczelni, a nie zawsze partycypował w ich podziale proporcjonalnie do jego wkładu finansowego i wysiłku dydaktycznego.*¹¹⁰ Poglądy takie nie przysparzały, oczywiście, popularności Wydziałowi na forum Uczelni...

Choć były lepsze i gorsze czasy, jeśli chodzi o finansowanie szkolnictwa wyższego w Polsce, to uczelnie nigdy nie były faworytem władzy w tym względzie: *Warunki eksperymentalnej pracy naukowej na Politechnice są prawie żadne, podczas gdy w IBJ prof. Keller ma do dyspozycji pokój, inżyniera i dwóch techników na pełnym etacie oraz przyrządy i elementy nie najnowsze, ale pozwalające na prowadzenie prac eksperymentalnych*¹¹¹ — czytamy w protokole Rady Wydziału z 1961 r. No cóż, z techniką jądrową wiązano wówczas wielkie nadzieje, może nie tyle gospodarcze, co polityczne i propagandowe, tak jak dekadę wcześniej z Akademią Nauk. Trudniej objaśnić motywacje Komitetu Badań Naukowych, który w latach dziewięćdziesiątych konsekwentnie preferował finansowo placówki Polskiej Akademii Nauk i jednostki badawczo-rozwojowe... Zawsze więc brakowało pieniędzy na aparaturę naukową i inwestycje; dlatego wiele z tych inwestycji nigdy nie doczekało się realizacji albo doszło do skutku ze znacznym opóźnieniem. *Ograniczone środki finansowe Ministerstwa Szkolnictwa Wyższego — czytamy w protokole Rady Wydziału z 1952 r. — przy prawie zupełnym braku dewiz na kraje kapitalistyczne, powodują konieczność odpowiedniej polityki inwestycyjnej Wydziału. Szybki postęp techniczny powoduje, że większość urządzeń telekomunikacyjnych staje się szybko przestarzała. Nawet bardzo duże nakłady inwestycyjne nie byłyby wystarczają-*

¹⁰⁴ *Dziesięciolecie Politechniki Warszawskiej w Polsce Ludowej 1945–1955*, PWN, Warszawa 1956, str. 304–5.

¹⁰⁵ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Łączności z dnia 13 czerwca 1961 r.

¹⁰⁶ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki z dnia 15 października 1968 r.

¹⁰⁷ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Łączności z dnia 2 kwietnia 1952 r.

¹⁰⁸ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Łączności z dnia 30 maja 1961 r.

¹⁰⁹ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Łączności z dnia 5 czerwca 1962 r.

¹¹⁰ *Czy i jak należy podzielić Wydział Elektroniki*. Opinia zespołu powołanego przez dyrektorów Instytutu Automatyki, Instytutu Informatyki i Instytutu Telekomunikacji z dnia 4 czerwca 1992 r.

¹¹¹ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Łączności z dnia 7 listopada 1961 r.

jące na wyposażenie Katedr urzędniowych w nowoczesny sprzęt.¹¹² To ostatnie zdanie zachowało, niestety, aktualność przez całe pięćdziesięciolecie... Dlatego wielokrotnie ze smutkiem przychodziło nam konstatować za Januszem Groszkowskim, że *rozwoj Wydziału Łączności jest zbyt powolny, znacznie wolniejszy od szybkości rozwoju wielu innych wydziałów*.¹¹³

Lata dziewięćdziesiąte, niewątpliwie pomyślne dla wielu Polaków i dla wielu polskich instytucji, nie dały szkolnictwu wyższemu spójnych i racjonalnych rozwiązań w sferze mechanizmów jego finansowania. Wprowadzone na początku dekady mechanizmy dystrybucji środków finansowych na działalność dydaktyczną i badawczą, pomyślane jako instrumenty motywujące podmioty zbiorowe i indywidualne do wyścigu po pieniądze, szybko utraciły swoją skuteczność. Można wprawdzie uznać za sukces niemal trzykrotny wzrost liczby studentów, ale nie sposób nie zauważyć spadku realnych nakładów na jednego studenta z ok. 1600 USD w roku 1991 do ok. 1000 w końcu dekady — w sytuacji, gdy w krajach zachodnioeuropejskich wynoszą one od ok. 2500 USD (w Hiszpanii) do ok. 12 000 USD (w Szwajcarii). Można wprawdzie z dumą wyliczać formy finansowania indywidualnych i zbiorowych badaczy przez Komitet Badań Naukowych, ale nie można ignorować faktu, że ich liczność przy niskim ogólnym poziomie nakładów stwarza raczej formalne ograniczenia w racjonalnym gospodarowaniu środkami finansowymi niż zachętę do ich wydatkowania w sposób zgodny z priorytetami polityki naukowej państwa. Nie sposób bez troski przyglądać się postępującej atomizacji uczelnianych zespołów badawczych, będącej naturalnym następstwem — tak zresztą jak w USA i niektórych krajach zachodnioeuropejskich — funkcjonowania systemu indywidualnych projektów badawczych, finansowanych przez KBN w formie tzw. grantów. W skomplikowanej sytuacji prawnej, jaką stwarza Art. 70 Konstytucji z 1997 r., trudno dopracować się dobrych rozwiązań w sferze mechanizmów finansowania szkolnictwa wyższego. Była to zapewne jedna z istotnych przyczyn przeciągania się prac nad nowelizacją ustawy o szkolnictwie wyższym i fragmentaryczności uchwalonych ostatecznie w czerwcu rozwiązań prawnych. A bez kompleksowych zmian prawnych niełatwo będzie zapoczątkować proces wychodzenia szkolnictwa wyższego z finansowej zapaści...

Tymczasem jednak Wydział wychodzi z kłopotów obronną ręką... Można zadać sobie pytanie, jak to jest możliwe w warunkach permanentnego kryzysu finansowania szkolnictwa wyższego w Polsce, w warunkach zupełnej głuchoty kolejnych ekip rządzących krajem na argumenty inne niż interes członków ugrupowań politycznych, w warunkach rozlewającej się demoralizacji sięgającej już uczniów szkół podstawowych. Wydaje się, że swą zdolność przetrwania Wydział zawdzięcza szczególnie etosowi jego kadry — etosowi, którego istotnym elementem, obok tradycyjnych wartości etycznych, jest dalekowzroczność w ferowaniu ocen bieżącej sytuacji i operatywność w działaniu.

¹¹² Wytyczne do planu pięcioletniego 1961–65, październik 1959 r.

¹¹³ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Łączności z dnia 29 grudnia 1955 r.

Tablica 1

Ekipy dziekańskie w latach 1951–2001

OKRES	DZIEKAN	PRODZIEKANI
1950–1951	Ignacy Malecki	Adam Smoliński
1951–1952	Adam Smoliński	Antoni Kiliński, Stanisław Ryżko
1952–1954	Stanisław Ryżko	Antoni Kiliński, Tadeusz Wróbel
1954–1956	Cezary Pawłowski	Juliusz Grabowski, Antoni Palczewski, Tadeusz Wróbel
1956–1960	Antoni Kiliński	Jerzy Statkiewicz, Tadeusz Wróbel-Trajdos
1961–1962	Czesław Rajski	Juliusz Keller, Stanisław Sławiński
1962–1964	Czesław Rajski	Andrzej Górski, Jerzy Osiewski, Stanisław Sławiński
1964–1967	Stanisław Sławiński	Andrzej Górski, Radosław Ładziński
1967–1969	Stanisław Sławiński	Konrad Fijałkowski, Romuald Litwin, Radosław Ładziński, Stanisław Ryżko, Alfred Świt
1969–1970	Alfred Świt	Stefan Hahn, Romuald Litwin, Stefan Okoniewski, Andrzej Zieliński
1970–1973	Jerzy Statkiewicz	Anatol Gosiewski, Stefan Hahn, Stefan Okoniewski, Jerzy Pawłowski, Adam Piątkowski
1973–1975	Jerzy Statkiewicz	Stanisław Budkowski, Jan Ebert, Wiesław Traczyk
1975–1978	Andrzej Wierzbicki	Jan Hennel, Adam Piątkowski, Edmund Porządkowski, Jacek Szymanowski
1978–1981	Jerzy Osiewski	Jan Hennel, Adam Piątkowski, Andrzej Wojtkiewicz, Jan Zabrodzki
1981–1984	Jerzy Osiewski	Jan Bober, Henryk Gierasimowicz, Jan Hennel, Jerzy Pułaczewski
1984–1987	Jan Ebert	Jan Bober, Henryk Gierasimowicz, Ryszard Jachowicz, Jerzy Pułaczewski
1987–1990	Jan Ebert	Henryk Gierasimowicz, Krzysztof Holejko, Andrzej Ruszczyński, Roman Szabatin
1990–1993	Jerzy Woźnicki	Krzysztof Antoszkiewicz, Andrzej Jakubiak, Roman Szabatin, Eugeniusz Toczyłowski
1993–1996	Jerzy Woźnicki	Krzysztof Antoszkiewicz, Andrzej Jakubiak, Andrzej Kraśniewski, Roman Z. Morawski
1996–1999	Krzysztof Malinowski	Andrzej Kraśniewski, Bogdan Majkusiak, Zdzisław Mączyński, Roman Z. Morawski
1999–2002	Roman Z. Morawski	Sławomir Kula, Bogdan Majkusiak, Zdzisław Mączyński, Dariusz Turlej

Tablica 2

Historia katedr

NAZWA KATEDRY OKRES JEJ FUNKCJONOWANIA	KIEROWNIK KATEDRY OKRES PEŁNIENIA TEJ FUNKCJI	DALSZE LOSY KATEDRY
Katedra Automatyki i Telemechaniki 1955.10.01–1970.09.01	Władysław Findeisen 1955.10.01–1970.09.01	przemianowana na Instytut Automatyki
Katedra Budowy Aparatów Elektromedycznych 1947.09.01–1970.09.01	Stanisław Nowosielski 1947.09.01–1970.09.01	włączona częściowo do Instytutu Radioelektroniki, a częściowo do Instytutu Budowy Sprzętu Precyzyjnego i Elektrotechnicznego na Wydziale Mechaniki Precyzyjnej
Katedra Budowy Maszyn Matematycznych 1963.02.15–1970.09.01	Antoni Kiliński 1963.02.15–1970.09.01	przemianowana na Instytut Maszyn Matematycznych
Katedra Elektroakustyki 1949.09.01–1970.09.01	Ignacy Malecki 1949.09.01–1970.09.01	włączona do Instytutu Radioelektroniki
Katedra Elektroniki Ciała Stałego 1968.09.01–1970.09.01	Adam Smoliński (opiekun katedry) 1968.09.01–1970.09.01	włączona do Instytutu Technologii Elektronowej
Katedra Elektrotechniki Teoretycznej „A” 1963.02.15–1970.09.01	Czesław Rajski 1963.02.15–1970.09.01	włączona częściowo do Instytutu Podstaw Elektroniki, a częściowo do Instytutu Automatyki Przemysłowej na Wydziale Mechaniki Precyzyjnej
Katedra Fizyki Elektronowej 1951.09.01–1963.02.15	Witold Majewski 1951.09.01–1963.02.15	włączona do Instytutu Fizyki
Katedra Fizyki Ogólnej „B” 1951.10.01–1970.09.01	Szczepan Szczeniowski 1951.10.01–1970.09.01	połączona z Katedrą Fizyki Elektronowej
Katedra Konstrukcji Telekomunikacyjnych i Radiofonii 1951.10.01–1963.02.15	Antoni Kiliński 1951.10.01–1963.02.15	przemianowana na Katedrę Technologii Sprzętu Elektronicznego
Katedra Magnetyków i Dielektryków 1963.02.15–1968.09.01	Adam Smoliński (opiekun katedry) 1963.02.15–1963.???.?? Antoni Kiliński 1963.???.??–1968.09.01	przemianowana na Katedrę Elektroniki Ciała Stałego
Katedra Matematyki „E” 1963.02.15–1970.09.01	Wojciech Żakowski 1963.02.15–1970.09.01	włączona do Instytutu Matematyki
Katedra Podstaw Telekomunikacji 1945.10.01–1963.02.15	Adam Smoliński 1945.10.01–1963.02.15	przemianowana na Katedrę Układów Elektronicznych
Katedra Przenoszenia Przewodowego 1951.09.01–1956.10.01	Witold Nowicki 1951.09.01–1956.10.01	przemianowana na Katedrę Teletransmisji Przewodowej
Katedra Przyrządów Elektronowych 1963.02.15–1970.09.01	Bohdan Paszkowski 1963.02.15–1970.09.01	włączona do Instytutu Technologii Elektronowej
Katedra Radiologii 1946.07.01–1970.09.01	Cezary Pawłowski 1946.07.01–1965.10.01 Wilhelm Rotkiewicz 1965.10.01- 1970.09.01	włączona do Instytutu Radioelektroniki
Katedra Radiolokacji 1948.10.30–1954.05.15	Paweł Szulkin 1948.10.30–1954.05.15	przemianowana na Katedrę Techniki Fal Ultra-krótkich

Tablica 2 cd.

Historia katedr

NAZWA KATEDRY OKRES JEJ FUNKCJONOWANIA	KIEROWNIK KATEDRY OKRES PEŁNIENIA TEJ FUNKCJI	DALSZE LOSY KATEDRY
Katedra Radiolokacji* 1963.02.15–1970.09.01	Stanisław Sławiński 1963.02.15–1970.09.01	włączona do Instytutu Radioelektroniki
Katedra Radiotechniki 1929.06.07–1963.02.15	Janusz Groszkowski 1929.06.07–1963.02.15	podzielona na Katedrę Wysokiej Próżni i Katedrę Przyrządów Elektronowych
Katedra Techniki Fal Ultrakrótkich 1954.05.15–1963.02.15	Paweł Szulkin 1954.05.15–1956.01.?? Stanisław Sławiński 1956.01.??–1963.02.15	przemianowana na Katedrę Radiolokacji*
Katedra Techniki Łączenia 1946.10.01–1963.02.15	Stanisław Kuhn 1946.10.01–1963.02.15	przemianowana na Katedrę Telekomutacji
Katedra Technologii Sprzętu Elektronicznego 1963.02.15–1970.09.01	Antoni Kiliński (opiekun katedry) 1963.02.15–1970.09.01	włączona częściowo do Instytutu Maszyn Matematycznych, a częściowo do Instytutu Technologii Elektronowej
Katedra Telegrafii 1952.10.01–1963.02.15	Wiesław Fijałkowski 1952.10.01–1963.02.15	połączona z Katedrą Teletransmisyjnych Urządzeń Przewodowych w Katedrę Urządzeń Teletransmisyjnych i Telegraficznych
Katedra Telekomutacji 1963.02.15–1970.09.01	Stanisław Kuhn 1963.02.15–1970.09.01	włączona do Instytutu Teleelektroniki
Katedra Teletransmisji Przewodowej 1956.10.01–1970.09.01	Witold Nowicki 1956.10.01–1970.09.01	włączona do Instytutu Teleelektroniki
Katedra Teletransmisyjnych Urządzeń Przewodowych 1956.10.01–1963.02.15	Wiesław Fijałkowski 1956.10.01–1963.02.15	połączona z Katedrą Telegrafii w Katedrę Urządzeń Teletransmisyjnych i Telegraficznych
Katedra Telewizji 1955.06.01–1963.02.15	Lesław Kędzierski 1955.06.01–1963.02.15	połączona z Katedrą Urządzeń Radiotechnicznych w Katedrę Urządzeń Radiotechnicznych i Telewizyjnych
Katedra Układów Elektronicznych 1963.02.15–1970.09.01	Adam Smoliński 1963.02.15–1970.09.01	włączona do Instytutu Podstaw Elektroniki
Katedra Urządzeń Przenoszenia Przewodowego 1951.09.01–1956.10.01	Feliks Błocki 1951.09.01–1956.10.01	przemianowana na Katedrę Teletransmisyjnych Urządzeń Przewodowych
Katedra Urządzeń Radiotechnicznych 1946.10.01–1963.02.15	Stanisław Ryżko 1946.10.01–1963.02.15	połączona z Katedrą Telewizji w Katedrę Urządzeń Radiotechnicznych i Telewizyjnych
Katedra Urządzeń Radiotechnicznych i Telewizyjnych 1963.02.15–1970.09.01	Stanisław Ryżko 1963.02.15–1970.09.01	włączona do Instytutu Radioelektroniki
Katedra Urządzeń Teletransmisyjnych i Telegraficznych 1963.02.15–1970.09.01	Juliusz Grabowski 1963.02.15–1970.09.01	włączona do Instytutu Teleelektroniki
Katedra Wysokiej Próżni 1963.02.15–1970.09.01	Janusz Groszkowski 1963.02.15–1970.09.01	włączona do Instytutu Technologii Elektronowej

Tablica 3

Historia instytutów

NAZWA INSTYTUTU	OKRES JEGO FUNKCJONOWANIA
Instytut Automatyki	1970.09.01–1994.04.30
Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej	1994.05.01
Instytut Informatyki	od 1975.02.16
Instytut Maszyn Matematycznych	1970.09.01–1975.02.15
Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki	od 1987.06.29
Instytut Podstaw Elektroniki	1970.09.01–1998.11.17
Instytut Radioelektroniki	od 1970.09.01
Instytut Systemów Elektronicznych	od 1998.11.18
Instytut Technologii Elektronowej	1970.09.01–1987.06.29
Instytut Teleelektroniki	1970.09.01–1975.02.28
Instytut Telekomunikacji	od 1975.03.01

Tablica 3

Historia instytutów

DYREKTOR INSTYTUTU OKRES PEŁNIENIA TEJ FUNKCJI	DALSZE LOSY INSTYTUTU
Władysław Findeisen, 1970.09.01–1981.04.30 Wiesław Traczyk, 1981.05.01–1984.08.31 Krzysztof Malinowski, 1984.09.01–1994.04.30	przemianowany na Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej
Krzysztof Malinowski, 1994.05.01–1996.08.31 Piotr Tatjewski, od 1996.09.01	
Antoni Kiliński, 1975.02.16–1978.08.31 Jerzy Mieścicki, 1978.09.01–1981.08.31 Jan Zabrodzki, 1981.09.01–1987.09.30 Krzysztof Sapiecha, 1987.10.01–1989.04.30 Zdzisław Pawlak, 1989.05.01–1996.08.31 Janusz Sosnowski, od 1996.09.01	
Antoni Kiliński, 1970.09.01–1975.02.15	przemianowany na Instytut Informatyki
Alfred Świt, 1987.06.30–1999.04.15 Andrzej Pfitzner, od 1999.04.16	
Jerzy Osowski, 1970.09.01–1978.08.31 Andrzej Filipkowski, 1978.09.01–1984.08.31 Jacek Kudrewicz, 1984.09.01–1987.09.30 Andrzej Filipkowski, 1987.10.01–1990.11.30 Janusz Dobrowolski, 1990.12.01–1998.11.30	przemianowany na Instytut Systemów Elektronicznych
Stanisław Ryzko, 1970.09.01–1974.04.06 Zdzisław Pawłowski, 1974.04.07–1975.08.31 Jan Ebert, 1975.09.01–1981.08.31 Tadeusz Morawski, 1981.09.01–1996.09.01 Józef Modelski, od 1996.09.01	
Janusz Dobrowolski, od 1998.12.01	
Alfred Świt, 1970.09.01–1978.09.30 Wiesław Woliński, 1978.10.01–1981.08.31 Stefan Okoniewski, 1981.09.01–1984.08.31 Alfred Świt, 1984.09.01–1987.06.29	przemianowany na Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki
Witold Nowicki, 1970.09.01–1973.09.30 Juliusz Grabowski, 1973.10.01–1975.09.30 Marian Dąbrowski, 1975.10.01–1975.02.28	przemianowany na Instytut Telekomunikacji
Marian Dąbrowski, 1976.03.01–1982.12.31 Stanisław Sławiński, 1983.01.01–1987.09.30 Zenon Baran, 1987.10.01–1991.04.30 Władysław Majewski, od 1991.05.01	

Tablica 4

Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych w liczbach (bd = brak danych)

ROK	LICZBA STUDENTÓW (LS)	LICZBA PRACOWNIKÓW (LP)	LICZBA NAUCZYCIELI AKADEMICKICH (LN)	STOSUNEK LS:LN	STOSUNEK LN:LP
1951	776	bd	bd	bd	bd
1952	756	bd	bd	bd	bd
1953	789	bd	bd	bd	bd
1954	811	bd	bd	bd	bd
1955	878	bd	bd	bd	bd
1956	1089	141	116	9,3	0,8
1957	1174	181	140	8,3	0,7
1958	1097	bd	bd	bd	bd
1959	1256	bd	bd	bd	bd
1960	1260	bd	bd	bd	bd
1961	1425	bd	bd	bd	bd
1962	1614	238	147	10,9	0,6
1963	1683	bd	bd	bd	bd
1964	1790	bd	bd	bd	bd
1965	1921	315	179	10,7	0,5
1966	2582	356	219	11,7	0,6
1967	3106	329	210	14,7	0,6
1968	2988	bd	bd	bd	bd
1969	2861	bd	bd	bd	bd
1970	2723	bd	bd	bd	bd
1971	2518	bd	bd	bd	bd
1972	2252	bd	bd	bd	bd
1973	2207	bd	bd	bd	bd
1974	2047	bd	bd	bd	bd
1975	2416	bd	bd	bd	bd
1976	2361	bd	bd	bd	bd
1977	2375	bd	bd	bd	bd
1978	2350	950	338	6,9	0,3
1979	2339	1063	345	6,7	0,3
1980	2272	bd	bd	bd	bd
1981	2165	812	321	6,7	0,4
1982	2016	bd	bd	bd	bd
1983	1891	bd	bd	bd	bd
1984	1861	bd	bd	bd	bd
1985	1998	837	324	6,1	0,3
1986	1661	bd	bd	bd	bd
1987	1656	874	329	5,0	0,3
1988	1752	895	340	5,1	0,3
1989	1863	833	357	5,2	0,4
1990	1844	732	366	5,0	0,5
1991	2118	712	353	6,0	0,5
1992	1920	665	359	5,3	0,5
1993	1964	562	357	5,5	0,6
1994	2132	586	354	6,0	0,6
1995	2190	508	334	6,5	0,6
1996	2618	543	322	8,1	0,5
1997	2948	519	317	9,3	0,6
1998	3266	503	309	10,5	0,6
1999	3410	500	308	11,0	0,6
2000	3421	500	310	11,0	0,6

Tablica 4

Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych w liczbach

LICZBA DYPLOMÓW OGÓŁEM	LICZBA DYPLOMÓW INŻYNIERSKICH	LICZBA DYPLOMÓW MAGISTERSKICH	LICZBA NADANYCH STOPNI DOKTORSKICH	LICZBA NADANYCH STOPNI DR. HAB.	ROK
30	0	30	0	0	1951
301	160	141	2	0	1952
147	147	0	0	0	1953
205	177	28	4	0	1954
183	164	19	1	0	1955
40	7	33	1	0	1956
30	3	27	1	0	1957
49	0	49	2	0	1958
169	0	169	2	0	1959
226	0	226	6	0	1960
129	0	129	8	1	1961
180	0	180	6	1	1962
221	0	221	10	0	1963
223	0	223	17	6	1964
194	0	194	19	1	1965
336	118	218	27	5	1966
326	103	223	11	4	1967
386	159	227	14	5	1968
393	122	171	11	5	1969
405	170	235	11	2	1970
407	110	297	19	2	1971
377	125	252	22	3	1972
418	129	289	11	1	1973
334	88	246	26	3	1974
351	109	242	18	3	1975
331	77	254	26	4	1976
445	72	373	28	4	1977
332	74	258	37	4	1978
306	53	253	20	2	1979
361	68	293	38	5	1980
267	40	227	20	4	1981
384	52	332	31	3	1982
323	41	282	24	7	1983
178	31	147	21	1	1984
230	23	207	18	3	1985
141	23	118	13	5	1986
132	63	69	15	4	1987
126	34	92	14	6	1988
206	114	92	17	8	1989
187	37	150	28	10	1990
150	28	122	9	7	1991
151	29	122	11	5	1992
147	54	93	13	4	1993
213	78	134	7	4	1994
100	12	88	15	1	1995
195	23	172	15	4	1996
256	41	215	13	3	1997
331	33	298	19	1	1998
343	79	264	22	7	1999
368	257	111	20	3	2000



system kształcenia

Ewolucję systemu kształcenia na Wydziale, świętującym właśnie jubileusz 50-lecia, można przedstawić w sposób konwencjonalny, omawiając w porządku chronologicznym najważniejsze wydarzenia i procesy, które miały miejsce w ciągu ostatniego półwiecza. Omówienie takie, jeśli miałoby być kompletne, powinno obejmować wiele elementów tego systemu: ogólną strukturę studiów, programy studiów, zasady studiowania, warunki realizacji procesu dydaktycznego czy też zarządzanie i administrowanie procesem kształcenia. Pożądane byłoby także wprowadzenie do takiego opisu — w celu jego systematyzacji — znaczników czasowych, tzn. wskazanie kilku przełomowych momentów oddzielających kolejne okresy, znamienne charakterystycznymi, różniącymi się od siebie modelami działalności dydaktycznej. Okazuje się jednak, że wskazanie takich znaczników czasowych nie jest łatwe. Wynika to — z jednej strony — właśnie z wieloaspektowości zachodzących procesów — zmiany w jednym obszarze nie zawsze następowały bowiem w tym samym czasie co zmiany w innych obszarach, z drugiej zaś stąd, że najbardziej nawet istotne zmiany wprowadzane w danym roku akademickim dotyczyły zwykle tylko części studentów — z punktu widzenia pozostałych zmiany następowały w zupełnie innym momencie. Dlatego też wyróżniono w tym, co nazywamy „systemem kształcenia”, kilka obszarów, takich jak struktura systemu studiów, programy kształcenia czy zasady studiowania, i omówiono kolejno zmiany — te o charakterze zasadniczym i te o charakterze bardziej ewolucyjnym — zachodzące w każdym z tych obszarów w ciągu ostatnich 50 lat. Taki sposób prezentacji ma tę zaletę, że ułatwia porównania. Jego wadą jest natomiast to, że do pewnego stopnia powoduje utratę ogólnego kontekstu i wzajemnego uzależnienia zmian zachodzących w poszczególnych obszarach, które nie są w pełni rozłączne.

OGÓLNA STRUKTURA SYSTEMU STUDIÓW

Mówiąc o modelu czy ogólnej strukturze studiów, mamy na myśli przede wszystkim następujące elementy systemu kształcenia:

- rodzaj lub rodzaje prowadzonych studiów, z których każdy określony jest przez formalne kwalifikacje uzyskiwane przez absolwenta, tzn. rodzaj dyplomu (studia magisterskie, studia zawodowe), formę prowadzenia studiów (studia dzienne, studia wieczorowe, studia zaoczne) oraz nominalny czas ich trwania;
- obszar studiów (kierunek, specjalność, specjalizacja) odpowiadający zapisowi na dyplomie ich ukończenia; dla każdego z formalnie określonych obszarów studiów definiowane są wymagania programowe (plany studiów i programy nauczania), które należy spełnić, aby uzyskać dyplom z odpowiednią adnotacją;
- zasady przyporządkowania studentów do poszczególnych obszarów studiów, określające, w szczególności, kiedy i na podstawie jakich kryteriów zostają oni do nich „przypisani”.

Andrzej Kraśniewski

prof. nzw. dr hab.
Instytut Telekomunikacji
Politechniki Warszawskiej
Gmach Elektroniki, p. 471
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa
tel. (48 22) 660-7537
e-mail:
andrzej@tele.pw.edu.pl

Postaramy się spojrzeć najpierw na historię Wydziału z punktu widzenia zmian w tak rozumianej ogólnej strukturze studiów. Jest zrozumiałe, że niemal w każdym z rozpatrywanych okresów na Wydziale były prowadzone różne rodzaje studiów; skoncentrujemy jednak uwagę przede wszystkim na studiach dziennych.

W pierwszym okresie działalności Wydziału Łączności funkcjonował na nim system studiów bezpośrednio przeniesiony z Wydziału Elektrycznego. Począwszy od roku 1945 prowadzone tam były, podobnie jak na całej Uczelni, 8-semetralne studia, których absolwenci otrzymywali dyplom inżyniera (w przypadku Wydziału Elektrycznego — inżyniera elektryka); obowiązujące wówczas prawo nie przewidywało możliwości uzyskania tytułu magistra inżyniera.

W roku akademickim 1948/49 nastąpiła istotna zmiana — wprowadzono system studiów dwustopniowych: kandydaci przyjęci na pierwszy rok studiów po trzech latach kształcenia mogli uzyskać dyplom inżyniera, a po ewentualnych dalszych dwóch latach studiów — dyplom magistra inżyniera. Jako podstawową przesłankę uzasadniającą wprowadzenie tego systemu wymieniano chęć „dostarczenia” gospodarce narodowej — w możliwie krótkim czasie — absolwentów zdolnych do podjęcia pracy zawodowej. Pamiętać należy, że był to okres intensywnego odbudowywania kraju ze zniszczeń wojennych. Realizacja kolejnych planów *n*-letnich wymagała zatrudnienia fachowców, wśród których inżynierowie byli bodaj najbardziej poszukiwani i „obdarowywani” wysokim prestiżem społecznym, mającym swe źródło jeszcze w okresie przedwojennym.

Tak więc w pierwszym roku akademickim istnienia Wydziału Łączności, zainaugurowanym 1 października 1951 r., na Wydziale prowadzone były studia dwustopniowe, obejmujące 3-letnie studia inżynierskie, „przeniesione” z Wydziału Elektrycznego (w roku 1952 wydłużono czas trwania tych studiów do 4 lat) oraz 2-letnie uzupełniające studia magisterskie, przeznaczone dla absolwentów studiów inżynierskich. Pierwsza grupa nowo wypromowanych inżynierów podjęła studia uzupełniające właśnie w roku akademickim 1951/52 — pierwszym roku funkcjonowania Wydziału. Ponadto, w roku akademickim 1951/52 na Wydziale kończyli 4-letnie studia inżynierskie studenci, którzy rozpoczęli kształcenie na Wydziale Elektrycznym przed rokiem 1948 i z rozmaitych powodów nie uzyskali dyplomu w przewidzianym terminie.

Studenci 3- lub 4-letnich studiów inżynierskich, którzy „przeszli” z Wydziału Elektrycznego, kontynuowali studia prowadzone tam w ramach jednego z dwóch oddziałów — Oddziału Telekomunikacji lub Oddziału Elektrotechniki Medycznej.

Nowo utworzony Wydział Łączności nie miał zbyt dużo czasu na „odpoczynek” po wysiłku związanym z ukształtowaniem odpowiednich struktur organizacyjnych, dydaktycznych i badawczych, czasu, który umożliwiłby spokojne doskonalenie metodyki kształcenia w ramach systemu studiów dwustopniowych. W związku z likwidacją w roku 1951 Szkoły Inżynierskiej im. H. Wawelberga i S. Rotwanda na Wydział spadł bowiem dodatkowy obowiązek zapewnienia możliwości ukończenia studiów znacznej liczbie studentów tej szkoły. Co więcej, okazało się niebawem, że reforma systemu kształcenia w uczelniach technicznych, polegająca na wprowadzeniu studiów dwustopniowych, nie przynosiła oczekiwanych rezultatów — jedynie część absolwentów studiów inżynierskich decydowała się na podjęcie pracy; większość kontynuowała kształcenie na studiach magisterskich. W ten sposób średni czas studiowania zamiast oczekiwanego skrócenia uległ wydłużeniu. Już wkrótce zatem, w 1952 roku, decyzją Ministerstwa zniesiono studia dwustopniowe i zastąpiono je jednolitymi studiami magisterskimi o nominalnym czasie trwania 11 semestrów. Nie bez znaczenia przy podejmowaniu decyzji o zmianie systemu kształcenia było to, że nowa organizacja studiów miała być w zamierzeniu kopia systemu wypróbowanego w Kraju Rad — systemu sztywnego, zbiurokratyzowanego i ograniczającego swobodę uczelni, ale za to umożliwiającego urzędnikom szczególnie kontrolę formalną nad wykonaniem zadań dydaktycznych i gospodarką finansową.

Przejście od studiów dwustopniowych do jednolitych studiów magisterskich było okazją do zdefiniowania nowych obszarów kształcenia. Nowa struktura studiów przewidywała 8 specjalności:

- Akustyka i Elektroakustyka,
- Automatyka i Telemechanika,
- Elektronika,

- Radiologia i Elektronika Medyczna,
- Radiotechnika,
- Technologia Sprzętu Telekomunikacyjnego,
- Teletechnika Łączeniowa (później nazwana Telekomutacją),
- Teletransmisja Przewodowa.

Wybór specjalności następował po 6. semestrze.

Jednolite studia magisterskie trwające 11 semestrów prowadzone były przez kilkanaście lat. Równolegle, przez kilka lat — począwszy od roku akademickiego 1959/60, Wydział oferował także wieczorowe studia magisterskie uzupełniające.

W połowie lat sześćdziesiątych Ministerstwo Szkolnictwa Wyższego podjęło decyzję o skróceniu nominalnego czasu studiów technicznych — z 11 do 10 semestrów. Decyzja ta zaczęła obowiązywać studentów przyjętych na Wydział w roku akademickim 1965/66. Wraz ze zmianą nominalnego czasu trwania studiów ograniczono liczbę specjalności i wprowadzono nowy ich układ, znacznie odbiegający od poprzedniego; zdecydowano się także wprowadzić — w ramach niektórych specjalności — specjalizacje.

Mówiąc o wprowadzaniu nowych specjalności, należy pamiętać, że w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych definiowanie kierunków studiów, grup specjalności oraz specjalności prowadzonych w każdej z uczelni, sylwetki absolwenta, a także planów studiów i programów nauczania pozostawało w gestii odpowiedniego ministerstwa. Władze centralne ustalały również limity przyjęć na poszczególne kierunki, specjalności i specjalizacje, biorąc pod uwagę potrzeby wynikające z centralnego planu rozwoju gospodarki. Działy także mechanizmy mniej obiektywne — siła „argumentów” poszczególnych profesorów dążących do rozwoju swoich katedr, a pozostających „w dobrych układach” z decydentami. W efekcie na Wydział docierały „zapotrzebowania” (czasem nierealne) różnych resortów na odpowiednich absolwentów (niekiedy bardzo wąskich specjalności) w poszczególnych latach. Na szczęście, nie wszystkie inicjatywy ministerialne wytrzymały konfrontację ze zdrowym rozsądkiem kierownictwa Wydziału, liczącego się z opinią środowiska.

Decyzje władz centralnych miały postać obszernych, bardzo szczegółowych opracowań. W „książce” firmowanej przez Ministerstwo Szkolnictwa Wyższego, Departament Studiów Technicznych, zatytułowanej *Programy ramowe studiów magisterskich dla kierunku Elektronika, grupa specjalności Elektronika Układowa — część I*, wydanej przez PWN (Warszawa 1966), czytamy: *Magister inżynier elektronik, absolwent grupy specjalności Elektroniki Układowej, po odbyciu odpowiedniego stażu zawodowego jest przygotowany do twórczej pracy inżynierskiej w przemyśle elektronicznym, do prac badawczych w przemysłowych biurach rozwojowych i instytutach naukowych, a także do projektowania złożonych systemów elektronicznych i ich eksploatacji. W ramach Elektroniki Układowej istnieją następujące specjalności:*

1. aparatura elektroniczna,
2. automatyka,
3. radiotechnika,
4. teletechnika.

Nauczanie w zakresie tych specjalności jest realizowane w Politechnice Gdańskiej, Politechnice Warszawskiej i Politechnice Wrocławskiej. Dalej następuje opis poszczególnych specjalności, a następnie podane są szczegółowe plany studiów i programy nauczania, określające m.in. liczbę godzin wykładów, ćwiczeń, zajęć laboratoryjnych i projektowych z każdego przedmiotu wymienionego w planie studiów, a także treść wykładów i zakres ćwiczeń.

Układ specjalności i specjalizacji na kierunku Elektronika wprowadzony w połowie lat sześćdziesiątych przedstawiono w tabl. 1.

W drugiej połowie lat sześćdziesiątych obok dziennych studiów magisterskich na kierunku Elektronika prowadzone były na Wydzialeienne studia magisterskie w ramach Studium Matematyczno-Technicznego. Studium to było kolejno przekształcane w Studium Podstawowych Problemów Techniki, a następnie — w roku akademickim 1972/73 — w Międzywydziałowe Studium Podstawowych Problemów Techniki. Stanowiło ono początek nowego wydziału — utworzonego w roku 1975 Wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej.

Także w drugiej połowie lat sześćdziesiątych na Wydziale zostały ponownie uruchomione studia zawodowe (inżynierskie) — zarówno dzienne, jak i wieczorowe. W roku akademickim

Tablica 1

Układ specjalności i specjalizacji na studiach magisterskich w roku akademickim 1966/67

Grupa specjalności (oddział)	Specjalność	Specjalizacja
Oddział Elektroniki Układowej	Aparatura Elektroniczna	Akustyka
		Elektronika Jądrowa
		Elektronika Medyczna
		Miernictwo Elektroniczne
	Automatyka i Maszyny Matematyczne	Automatyka
		Maszyny Matematyczne
	Radiotechnika	Radiokomunikacja
		Radiolokacja
		Telewizja
	Teletechnika	Telekomutacja
Teletransmisja		
Sterowanie Ruchu Kolejowego		
Oddział Technologii Elektronowej	Elektronika Ciała Stałego	Magnetyki i Dielektryki
		Przyrządy Półprzewodnikowe
	Elektronika Próżniowa	Lampy Elektronowe
		Optoelektronika

Źródło: *Plan studiów w roku akademickim 1966/67 — Studia Stacjonarne*, Politechnika Warszawska, Wydział Łączności.

1967/68, w odpowiedzi na konkretne zapotrzebowanie ze strony gospodarki narodowej, uruchomiono 3-letnie dzienne studia inżynierskie w zakresie dwóch specjalności (specjalizacji): Aparatura Pomiarowa i Teletransmisja. Po kilku latach, na początku lat siedemdziesiątych, zrezygnowano jednak z prowadzenia tej formy studiów. Inną formą studiów inżynierskich były 9-semestralne studia dla pracujących prowadzone w ramach Wieczorowego Studium Zawodowego (WSZ). Wieczorowe Studium Zawodowe powstało na Politechnice Warszawskiej w roku 1966 w wyniku likwidacji istniejącej w Warszawie Wieczorowej Szkoły Inżynierskiej i włączenia jej zasobów i studentów w strukturę naszej Uczelni. Na Wydziale Elektroniki uruchomiono w ramach WSZ trzy specjalności: Radiotechnika (później Radiokomunikacja), Telekomutacja oraz Teletransmisja. Listę specjalności rozszerzono później o Miernictwo Elektroniczne.

System równolegle funkcjonujących jednolitych dziennych studiów magisterskich i wieczorowych studiów zawodowych utrzymywał się na Wydziale przez długi czas. W pierwszej połowie lat siedemdziesiątych został on wzbogacony o wieczorowe magisterskie studia uzupełniające, prowadzone jednak z pewnymi przerwami — w niektórych latach nie przyjmowano nowych kandydatów.

Funkcjonowanie dziennych studiów magisterskich „zakłócało” było zmianami nominalnego czasu ich trwania. Jak już wspomniano, w roku 1965 nastąpiło przejście od studiów 11-semestralnych do 10-semestralnych. Na początku lat siedemdziesiątych, a konkretnie w roku 1972, skrócono je do 9 semestrów, by następnie w roku 1982 powrócić do studiów 10-semestralnych.

Następowały też zmiany w układzie specjalności i specjalizacji na studiach magisterskich, a także zmiany w układzie specjalności na innych rodzajach studiów. Zmiany zachodzące na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych na dziennych studiach magisterskich prowadzonych na kierunku Elektronika można zaobserwować, porównując informacje zawarte w tabl. 1 oraz tabl. 2 (przedstawiony w tabl. 2 układ specjalności obowiązywał studentów, którzy rozpoczęli studia w roku 1971/72 lub później). Układ specjalności na innych rodzajach studiów (z wyłączeniem studiów podyplomowych) w roku akademickim 1973/74 przedstawiono w tabl. 3.

Tablica 2

**Układ specjalności i specjalizacji na dziennych studiach magisterskich
w roku akademickim 1973/74**

Grupa specjalności (oddział)	Specjalność	Specjalizacja
Oddział Automatyki i Aparatury Elektronicznej	Aparatura Elektroniczna	Elektroakustyka i Aparatura Ultradźwiękowa
		Elektronika Jądrowa
		Miernictwo Elektroniczne
	Automatyka	Automatyka Maszyny Matematyczne
Oddział Telekomunikacji	Radiotechnika	Radiokomunikacja
		Radiolokacja
		Telewizja
	Teletechnika	Teletransmisja
		Telekomutacja
		Sterowanie Ruchem Kolejowym
Oddział Technologii Elektronowej	Elektronika Ciała Stałego	Magnetyki i Dielektryki
		Przyrządy Półprzewodnikowe
	Elektronika Próżniowa	Elektronika Mikrofalowa
		Optoelektronika

Źródło: *Plan studiów w roku akademickim 1973/74 — Semestr zimowy i letni*, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki, Warszawa 1973.

Tablica 3

Układ specjalności na innych rodzajach studiów w roku akademickim 1973/74

Studia	Specjalność
Studia inżynierskie dzienne	Aparatura Pomiarowo-Kontrolna
	Teletransmisja
	Telekomutacja
Studia inżynierskie wieczorowe	Miernictwo Elektroniczne
	Radiokomunikacja
	Teletransmisja
	Telekomutacja
Studium Magisterskie dla Nauczycieli Zawodu	Telekomunikacja
Międzywydziałowe Studium Podstawowych Problemów Techniki	Elektronika
	Budownictwo
	Mechanika

Źródło: *Plan studiów w roku akademickim 1973/74 — Semestr zimowy i letni*, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki, Warszawa 1973.

Istotne zmiany w strukturze systemu studiów na Wydziale zaszły w połowie lat siedemdziesiątych. Były one w pewnej mierze następstwem zmian strukturalnych na Uczelni, które doprowadziły do powstania instytutów. Nowo tworzone instytuty przejmowały w istocie zarządzanie i administrowanie końcowym etapem studiów — studiami „specjalnościowymi”.

Instytuty podejmowały też inicjatywy zmierzające do rozszerzenia listy kierunków studiów w ramach szeroko rozumianej elektroniki. Instytut Informatyki wystąpił z inicjatywą utworzenia kierunku Informatyka, zaś Instytut Telekomunikacji — z inicjatywą utworzenia kierunku Telekomunikacja. Obie propozycje zostały wkrótce zatwierdzone przez Ministerstwo Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki, toteż w roku akademickim 1975/76 Wydział realizował już studia na trzech kierunkach. Wraz z wprowadzeniem kierunków zmniejszono liczbę specjalności oraz zniesiono specjalizacje na studiach magisterskich. Układ kierunków i specjalności na podstawowych rodzajach studiów w roku akademickim 1976/77 przedstawiono w tabl. 4.

Tablica 4

**Układ kierunków i specjalności na podstawowych rodzajach studiów
w roku akademickim 1976/77**

Studia	Kierunek	Specjalność	Jednostka prowadząca
Magisterskie dienne	Elektronika	Automatyka	Instytut Automatyki
		Aparatura Elektroniczna	Instytut Podstaw Elektroniki Instytut Radioelektroniki
		Technologia Elektronowa	Instytut Technologii Elektronowej
	Informatyka		Instytut Informatyki
	Telekomunikacja		Instytut Telekomunikacji Instytut Radioelektroniki
Wieczorowe studia zawodowe	Elektronika	Aparatura Elektroniczna	Instytut Podstaw Elektroniki Instytut Radioelektroniki
	Telekomunikacja		Instytut Telekomunikacji Instytut Radioelektroniki
Wieczorowe studia magisterskie	Telekomunikacja		Instytut Radioelektroniki

Źródło: *Plan studiów w roku akademickim 1976/77 — Semestr zimowy i letni*, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki, Warszawa 1976.

Reorganizacja kształcenia, będąca następstwem utworzenia instytutów, oraz zmiany w ogólnej strukturze studiów pociągnęły za sobą przekształcenia w programach studiów. Lat siedemdziesiąte były okresem kompleksowej reformy programowej studiów magisterskich — będzie o niej mowa w następnym podrozdziale.

Począwszy od połowy lat siedemdziesiątych, tzn. od momentu wprowadzenia nowych kierunków studiów, modyfikacje programów następowały w zasadzie bez jakichkolwiek zmian w strukturze kierunków i specjalności. Jedynie w ramach specjalności Aparatura Elektroniczna wprowadzono w roku 1979 ponownie trzy specjalizacje: Układy i Systemy Elektroniczne, Radioelektronika oraz Elektronika Jądrowa i Medyczna.

Większe zmiany w układzie specjalności i specjalizacji — które to specjalizacje nazywano już wówczas często uprofilowaniami — zaszły dopiero w drugiej połowie lat osiemdziesiątych. W roku akademickim 1989/90 uruchomiono studia na nowym kierunku — Automatyka i Robotyka. Ukształtowana wówczas struktura specjalności przedstawiona jest w tabl. 5.

W roku 1982 zawieszono rekrutację na Wieczorowe Studia Zawodowe. W zamian w roku akademickim 1986/87, uruchomiono nowy rodzaj studiów — Zaoczne Studia Zawodowe przeznaczone dla pracujących. Studia trwały 9 semestrów. Kształcenie odbywało się w ramach specjalności Aparatura Elektroniczna. Zajęcia były prowadzone w piątki, soboty i niedziele w formie 8 zjazdów w semestrze oraz zjazdu egzaminacyjnego.

Okres transformacji ustrojowej na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych przyniósł środowisku akademickiemu nową *Ustawę o szkolnictwie wyższym* (1990), stwarza-

Tablica 5

Układ kierunków, specjalności i specjalizacji (uprofilowań) na studiach magisterskich w roku akademickim 1989/90

Kierunek	Specjalność	Uprofilowanie	Jednostka prowadząca
Elektronika	Mikroelektronika		Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki
	Optoelektronika		Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki
	Aparatura Elektroniczna	Układy i Systemy Elektroniczne	Instytut Podstaw Elektroniki
		Radioelektronika	Instytut Radioelektroniki
		Elektronika Jądrowa i Medyczna	Instytut Radioelektroniki
Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna		Instytut Radioelektroniki	
Informatyka	Budowa i Oprogramowanie Maszyn Matematycznych		Instytut Informatyki
		Komputerowe Systemy Sterowania i Wspomagania Decyzji	Instytut Automatyki
Telekomunikacja	Urządzenia Transmisyjne		Instytut Telekomunikacji
	Urządzenia Komutacyjne		Instytut Telekomunikacji
	Systemy Telekomunikacyjne	Teleinformatyka	Instytut Telekomunikacji
		Telekomunikacyjne Systemy Cyfrowe	Instytut Telekomunikacji
		Optotelekomunikacja	Instytut Telekomunikacji
Automatyka i Robotyka	Automatyka		Instytut Automatyki

Źródło: Plan studiów w roku akademickim 1989/90 — Semestr zimowy i letni, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki, Warszawa 1989.

jącą szkołom wyższym — a zwłaszcza uczelniom autonomicznym — olbrzymie możliwości kształtowania ogólnej struktury i programów studiów. Zmieniły się też istotnie warunki funkcjonowania szkół wyższych; uczelnie zostały dotknięte poważnymi ograniczeniami budżetowymi.

W tych nowych warunkach, w celu zagwarantowania sobie stabilnych warunków rozwoju, Wydział musiał przyjąć odpowiednią strategię działania i rozwoju, uwzględniającą m.in. oczekiwania bezpośrednich klientów — kandydatów na studia i studentów. Rozpoczęte jeszcze pod koniec lat osiemdziesiątych dyskusje na temat modelu kształcenia na Wydziale doprowadziły do sformułowania zbioru cech, którymi powinien charakteryzować się system studiów w nowych warunkach funkcjonowania Uczelni.¹ W odniesieniu do struktury systemu studiów za najważniejszą z tych cech uznano *zbliżenie systemu kształcenia do najlepszych wzorców zachodnich w celu ułatwienia współpracy naukowej oraz wymiany studentów i pracowników*. Ponadto sformułowano wiele postulatów dotyczących programów studiów oraz organizacji procesu dydaktycznego — będzie o nich mowa w dalszej części rozdziału.

Choć tworzenie wizji nowego systemu studiów miało oparcie w wieloletniej tradycji wdrażania innowacyjnych rozwiązań mających na celu doskonalenie systemu kształcenia na Wydziale, szybkie opracowanie i wdrożenie systemu studiów, który spełniałby wszystkie sformułowane postulaty, a w szczególności postulat zbliżenia struktury systemu do wzorców zachodnich, uznano za zbyt ryzykowne. Z początkiem roku akademickiego 1990/91 wprowadzono zatem „jedynie” szereg istotnych zmian w organizacji i programach studiów — będzie o nich mowa w dalszej części tego rozdziału. Zmiany te realizowane były w istniejącej strukturze systemu jednolitych studiów magisterskich, z zachowaniem niemal niezmiennego układu kierunków i specjalności wprowadzonych w roku 1987. Pewnych zmian dokonano

¹ *Reforma Studiów na Wydziale Elektroniki Politechniki Warszawskiej*, Warszawa, maj 1990.

tylko w obrębie specjalizacji (uprofilowań) związanych z elektroniką jądrową i medycyną. Elektronika Jądrowa pozostała uprofilowaniem w specjalności Aparatura Elektroniczna. Elektronika Medyczna stała się specjalnością oferowaną przez kilka następnych lat w ramach nowego kierunku studiów prowadzonego na Wydziale — Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna (zlikwidowano dotychczasowe uprofilowanie Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna). Bardziej istotna zmiana w strukturze studiów nastąpiła dopiero w roku 1992 w związku z uchwałą Rady Głównej Szkolnictwa Wyższego zmieniającą wykaz kierunków studiów; zgodnie z treścią tej uchwały kierunki Elektronika i Telekomunikacja zostały połączone w jeden kierunek. Po raz kolejny zlikwidowano specjalizacje (uprofilowania). Układ kierunków i specjalności, będący wynikiem przeprowadzonych zmian, jest przedstawiony w tabl. 6.

Tablica 6

Układ kierunków i specjalności na studiach magisterskich w roku akademickim 1992/93

Kierunek	Specjalność	Jednostka prowadząca
Automatyka i Robotyka	Automatyka	Instytut Automatyki
Elektronika i Telekomunikacja	Aparatura Elektroniczna	Instytut Podstaw Elektroniki Instytut Radioelektroniki
	Elektronika Medyczna i Jądrowa	Instytut Radioelektroniki
	Mikroelektronika	Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki
	Optoelektronika	Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki
	Telekomunikacja	Instytut Telekomunikacji
Informatyka	Budowa i Oprogramowanie Maszyn Matematycznych	Instytut Informatyki
	Systemy Sterowania i Wspomagania Decyzji	Instytut Automatyki

Źródło: *Plany studiów i programy nauczania dla studiów magisterskich dziennych — etap A*, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki, Warszawa, styczeń 1992.

Zmiany programowe wprowadzone w roku 1990 oraz towarzyszące im różnorodne przedsięwzięcia organizacyjne stanowiły dobre przygotowanie do dalszej transformacji systemu studiów na Wydziale, wprowadzającej kluczowe zmiany w ogólnej strukturze tego systemu.

Podstawowe znaczenie dla przebiegu tej transformacji miała opracowana przez Dziekana, Jerzego Woźnickiego, wizja rozwoju Wydziału w latach 1993–1996, przedstawiona w dokumencie *Program ustaleń, posunięć i zmian odnoszących się do organizacji i funkcjonowania Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej* przyjętym do realizacji decyzją Rady Wydziału w grudniu 1992 r. Program ten powstał w wyniku ogólnowydziałowej dyskusji zainicjowanej wnioskiem o podzielenie Wydziału na dwa mniejsze wydziały, złożonym przez dyrektorów trzech instytutów w czerwcu 1992 r. Istotnym elementem tej dyskusji było opracowanie *Czy i jak należy zreorganizować Wydział Elektroniki?*, przygotowane przez Nadzwyczajną Komisję Rady Wydziału, działającą pod przewodnictwem Jerzego Osiewskiego.

Zasadniczymi elementami wizji rozwoju Wydziału były: nowa struktura systemu studiów oraz nowe czynniki zapewnienia jakości w tym systemie. Istotne znaczenie dla prac nad wdrożeniem drugiego etapu reformy studiów miała — dokonana przez specjalną komisję pod przewodnictwem Eugeniusza Toczyłowskiego, pracującą z udziałem studentów — szczegółowa analiza funkcjonowania systemu studiów w latach 1990–1993, której celem było m.in. wskazanie słabych stron systemu i sposobów ich eliminowania.

Zasadnicze zmiany w strukturze systemu studiów na Wydziale wprowadzono z początkiem roku akademickiego 1994/95. W tym czasie nie był to już Wydział Elektroniki — 27 kwietnia 1994 r. Senat PW podjął bowiem decyzję o zmianie nazwy Wydziału na Wydział Elektroniki

i Technik Informatycznych. Wprowadzony system studiów został wówczas nazwany elastycznym systemem studiów dwustopniowych. System ten funkcjonuje do dziś. Obejmuje on studia I stopnia, które trwają nominalnie 8 semestrów i kończą się uzyskaniem tytułu zawodowego inżyniera, oraz studia II stopnia, które trwają nominalnie 4 semestry i kończą się uzyskaniem tytułu zawodowego magistra inżyniera. Warunkiem koniecznym przyjęcia na studia II stopnia jest ukończenie studiów wyższych (niekoniecznie na Wydziale), tzn. posiadanie co najmniej tytułu inżyniera lub licencjata albo ukończenie 6 semestrów studiów I stopnia na Wydziale.

Rozpoczęcie funkcjonowania, z początkiem roku akademickiego 1994/95, studiów I stopnia nie zakończyło prac nad systemem studiów dwustopniowych na Wydziale. Z powodu bliskiej perspektywy uruchomienia studiów II stopnia rozgorzała dyskusja nad ich modelem. Przyjęta zasada otwartości systemu studiów dwustopniowych, zakładająca stworzenie możliwości kształcenia na studiach II stopnia absolwentom różnych rodzajów studiów wyższych, w tym także nietechnicznych, narzucała oczywiście pewne ograniczenia. Ostatecznie zdecydowano się na realizację przedstawionej przez Dziekana, Krzysztofa Malinowskiego, koncepcji zakładającej znaczny udział treści abstrakcyjnych w programach nauczania oraz postulatu docelowej integracji programowej i organizacyjnej studiów II stopnia z przyszłymi studiami III stopnia.² Przyjęta koncepcja wzbudzała pewne wątpliwości, zwłaszcza wśród części studentów. Ich wyjaśnieniu służył m.in. list otwarty Dziekana do studentów Wydziału.³

Studia II stopnia zostały formalnie uruchomione z początkiem roku akademickiego 1997/98, tak aby studenci „pierwszego rocznika” studiów I stopnia na Wydziale kończący 6. semestr mogli kontynuować kształcenie na studiach II stopnia.

Dopełnieniem systemu studiów dwustopniowych są trwające nominalnie 4 lata studia III stopnia — studia doktoranckie. Główne założenia, stanowiące podstawę opracowania zasad funkcjonowania tych studiów, wynikały w znacznym stopniu z przyjętego wcześniej modelu studiów II stopnia.⁴ Studia III stopnia zostały formalnie uruchomione z początkiem roku akademickiego 1999/2000, tak żeby — podobnie jak w przypadku uruchomienia studiów II stopnia — zachować „ciągłość” systemu, tzn. aby pierwsi absolwenci studiów II stopnia na Wydziale mogli kontynuować kształcenie bezpośrednio po uzyskaniu dyplomu magisterskiego. Należy jednak zaznaczyć, że studia III stopnia są otwarte — o przyjęcie mogą ubiegać się kandydaci, którzy ukończyli studia na dowolnym wydziale Politechniki Warszawskiej lub na innej uczelni, posiadający dyplom magistra inżyniera lub równorzędny. Intencją Wydziału jest w szczególności umożliwienie kształcenia na studiach doktoranckich absolwentom studiów magisterskich prowadzonych na uczelniach nietechnicznych, zarówno państwowych, jak i prywatnych, np. absolwentom z dyplomem magistra uzyskanym na kierunku Matematyka lub Informatyka. W istocie, kilku absolwentów studiów nietechnicznych podjęło już studia III stopnia na Wydziale. Zastąpiły one prowadzone przedtem — w oderwaniu od studiów magisterskich — Studia Doktoranckie Automatyki i Informatyki oraz Studia Doktoranckie Elektroniki i Telekomunikacji.

Wprowadzenie studiów III stopnia związane było z licznymi problemami wynikającymi z treści obowiązujących aktów prawnych. Studia doktoranckie nie są bowiem traktowane jako integralny element systemu szkolnictwa wyższego; ich funkcjonowanie reguluje nie *Ustawa o szkolnictwie wyższym*, lecz *Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej w sprawie studiów doktoranckich i stypendiów naukowych* z 1991 r. Ustalenia dotyczące studiów III stopnia przyjęte na Wydziale stanowiły próbę znalezienia rozwiązań zgodnych z przepisami zawartymi w tych aktach prawnych.

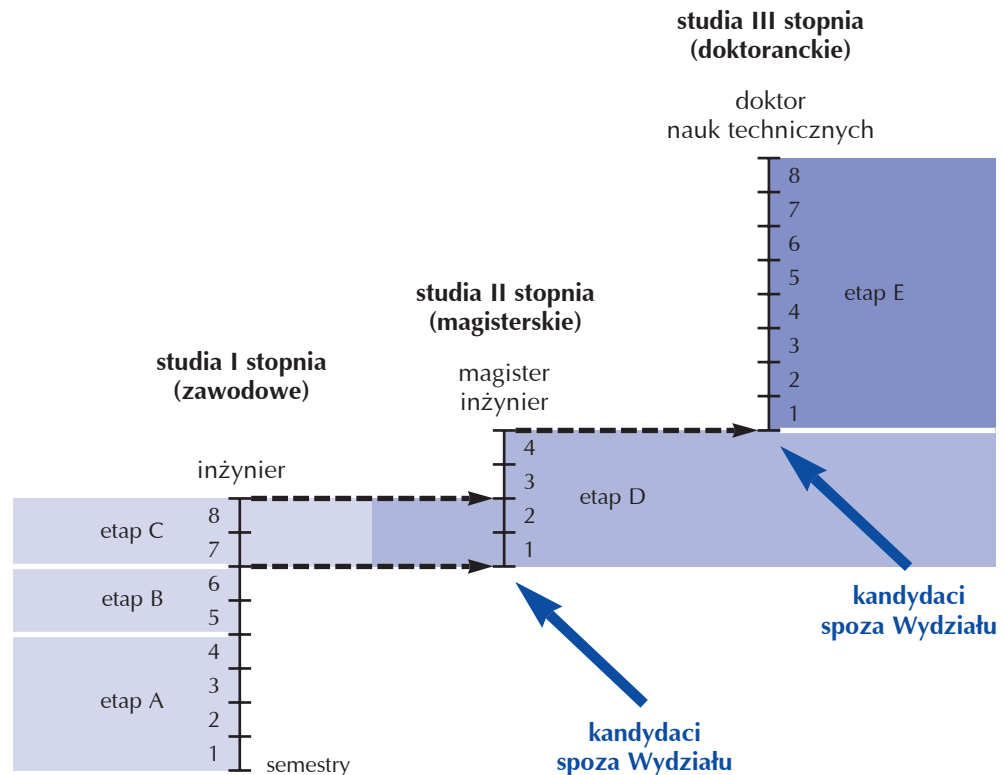
Studia III stopnia tworzą wraz z wprowadzonym wcześniej systemem studiów dwustopniowych strukturę trzystopniową. Przedstawiono ją na rys. 1, na którym pokazano również podział studiów na etapy:

² *Integracja studiów II stopnia i studiów doktoranckich — założenia*, dokument przygotowany przez K. Malinowskiego oraz A. Kraśniewskiego, przyjęty przez Radę Wydziału 26 listopada 1996 r.

³ List Dziekana do studentów Wydziału z dnia 5 stycznia 1997 r. dotyczący studiów II i III stopnia.

⁴ *Podstawowe zasady organizacji dziennych studiów doktoranckich (studiów III stopnia) na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych*, dokument przygotowany przez K. Malinowskiego oraz A. Kraśniewskiego, przyjęty przez Radę Wydziału 23 marca 1999 r.

- etap A: nominalnie semestry 1–4 studiów I stopnia,
- etap B: nominalnie semestry 5–6 studiów I stopnia,
- etap C: nominalnie semestry 7–8 studiów I stopnia,
- etap D: studia II stopnia,
- etap E: studia III stopnia.



Rysunek 1. Ogólna struktura studiów trzystopniowych

Etapy mają znaczenie organizacyjne — zakończenie każdego etapu związane jest z podjęciem decyzji istotnej z punktu widzenia dalszego przebiegu studiów. W etapie A kształcenie ma charakter podstawowy, a na końcu tego etapu student wybiera specjalność. W etapie B kontynuowane są studia podstawowe z wprowadzaniem elementów wiedzy związanej z wybraną specjalnością. Przed zakończeniem etapu B student podejmuje decyzję o kontynuacji studiów I stopnia (przejściu na etap C) bądź ubieganiu się o przyjęcie na studia II stopnia (przejściu na etap D). W etapie C następuje pogłębienie wykształcenia specjalnościowego i realizacja projektu inżynierskiego traktowanego jako praca dyplomowa. Etap D (studia II stopnia) to zaawansowane kształcenie podstawowe i specjalnościowe oraz realizacja dyplomowej pracy magisterskiej. Etap E to przede wszystkim studia indywidualne połączone z samodzielną pracą badawczą realizowaną pod kierunkiem indywidualnego opiekuna naukowego oraz przygotowanie rozprawy doktorskiej.

Warto przypomnieć, że motywy wprowadzenia studiów dwustopniowych w roku 1994 nieco różniły się od tych, które były powodem wprowadzenia tego typu struktury pod koniec lat czterdziestych. Koncepcja studiów dwustopniowych, zakładająca, że tylko część spośród kończących studia uzyskuje dyplom magistra inżyniera, traktowana była w latach dziewięćdziesiątych jako sposób uporania się z nierozwiązywalnym w systemie powszechnych jednolitych studiów magisterskich problemem deprecjacji tego dyplomu w warunkach postępującego umasowienia kształcenia na poziomie wyższym i jednocześnie zmniejszającego się zainteresowania kandydatów studiami technicznymi.

Należy podkreślić, że w odróżnieniu od stosowanej niekiedy organizacji studiów, w której wybór rodzaju studiów (na uczelniach technicznych wybór między studiami magisterskimi a studiami zawodowymi — inżynierskimi) następuje już podczas rekrutacji, system dwustop-

niowy stwarza studentowi możliwość odłożenia decyzji dotyczącej oczekiwanego rodzaju dyplomu aż do szóstego semestru. Jest to korzystne dla studenta, który po trzech latach kształcenia ma już wystarczające dane do dokonania właściwego wyboru — potrafi realistycznie ocenić swoje predyspozycje, zna swoją sytuację finansową, plany rodzinne i inne okoliczności warunkujące dalszy przebieg studiów. Wybór drogi prowadzącej do tytułu inżyniera, bądź też negatywny wynik postępowania kwalifikacyjnego na studia II stopnia, nie wyklucza, oczywiście, możliwości podjęcia i ukończenia studiów II stopnia w przyszłości, zwłaszcza wobec obowiązującej obecnie zasady, że absolwent studiów I stopnia na Wydziale ma zagwarantowane przyjęcie na studia II stopnia.

Studiowaniu „szeregowemu” sprzyja również to, że wymagania programowe dla studiów II stopnia zostały sformułowane tak, aby w trakcie realizacji studiów I stopnia na Wydziale można było spełnić część wymagań odnoszących się do studiów II stopnia. W praktyce umożliwia to uzyskanie dyplomu magistra inżyniera w ciągu 10 semestrów od momentu rozpoczęcia studiów I stopnia na Wydziale, zarówno przez studentów wybierających wariant przejścia na studia II stopnia przed ukończeniem studiów I stopnia, jak i przez tych, którzy studia te podejmują dopiero po uzyskaniu dyplomu inżyniera.

Drugą — obok wielostopniowości — znaną cechą ogólnej struktury studiów wprowadzonej w roku 1994 jest istnienie specjalności w ramach makrokierunku, a nie poszczególnych kierunków studiów. Wykorzystując istniejące możliwości prawne (*Uchwała Rady Głównej Szkolnictwa Wyższego z dnia 28 listopada 1991 r. w sprawie nazw kierunków studiów*), wraz z utworzeniem studiów dwustopniowych wprowadzono makrokierunek „Informatyka, Automatyka i Robotyka, Elektronika i Telekomunikacja”.

Podstawową przesłanką wprowadzenia makrokierunku było to, że ustawowe wymaganie kształcenia w ramach kierunków studiów stwarzało istotne problemy w realizacji postulatu elastyczności procesu dydaktycznego. Problemy te wynikały zarówno ze szczegółowych ustaleń dotyczących listy kierunków, jak też przesłanek o charakterze bardziej ogólnym.

Trudności wynikające z postaci listy kierunków studiów ilustruje realizowane w ramach kierunku Elektronika i Telekomunikacja kształcenie w zakresie telekomunikacji. Ze względu na charakter współczesnej telekomunikacji plany studiów i programy nauczania dla studentów specjalności Telekomunikacja powinny być znacznie bliższe programom studiów na kierunku Informatyka niż na specjalnościach związanych z elektroniką. W związku z tym wymuszony przez regulacje ustawowe zapis na dyplomie „ukończył studia na kierunku Elektronika i Telekomunikacja” niewłaściwie określa charakter rzeczywistego wykształcenia studentów specjalności Telekomunikacja.

Jednakże nawet istnienie idealnej pod względem merytorycznym listy kierunków nie rozwiązuje problemu kształcenia interdyscyplinarnego. Wynika to stąd, że na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych znaczna część prac dyplomowych dotyczy tematyki leżącej na pograniczu dwóch lub więcej kierunków. Przykładami takich „międzykierunkowych” obszarów dyplomowania są: inżynieria komputerowa (na pograniczu elektroniki i informatyki), systemy sterowania i wspomaganie decyzji (na pograniczu automatyki i robotyki oraz informatyki), komputerowa aparatura pomiarowo-kontrolna (na pograniczu elektroniki, informatyki oraz automatyki) czy też zarządzanie sieciami telekomunikacyjnymi (na pograniczu telekomunikacji, informatyki, automatyki, zarządzania i marketingu). Sztwyne przypisanie studentów dyplomowanych w tych obszarach do któregoś z kierunków studiów i konieczność realizacji związanych z tym kierunkiem wymagań programowych powoduje trudności w pełnym wykorzystaniu możliwości kształcenia interdyscyplinarnego stworzonych przez bogactwo i różnorodność prowadzonych na Wydziale zajęć dydaktycznych. Ponadto wpisanie któregośkolwiek z istniejących kierunków na dyplomie ukończenia studiów w wielu przypadkach niewłaściwie odzwierciedla zakres uzyskiwanego przez studenta wykształcenia.

Utworzenie makrokierunku pozostawiło otwartą kwestię liczby i układu specjalności na studiach I, II i III stopnia. Ostatecznie, dla studiów I stopnia zdefiniowano 12 specjalności, podzielonych na dwie grupy, choć w dość powszechnym przekonaniu optymalna — ze względu na ekonomiczne uwarunkowania realizacji procesu dydaktycznego — liczba specjalności powinna być mniejsza. Przyjęto zasadę, że kandydaci przyjęci na studia rozpoczynają je w ramach jednej z grup specjalności, a wybór specjalności w ramach każdej z grup następuje pod koniec 4. semestru (wszystkie specjalności w danej grupie mają wspólne wy-

magania programowe w etapie A). Specjalności mają — przynajmniej zgodnie z założeniami reformy — charakter ogólnowydziałowy, tzn. w realizacji programu i dyplomowaniu w ramach określonej specjalności mogą i powinni uczestniczyć pracownicy różnych instytutów. Wybór instytutu dyplomującego oraz indywidualnego opiekuna na studiach I stopnia następuje przed przejściem na etap C.

Dla studiów II stopnia zdefiniowano cztery specjalności oraz wprowadzono zasadę, że w ramach tych specjalności mogą być — z inicjatywy instytutów — zdefiniowane uprofilowanie (profile dyplomowania). Zgodnie z przyjętą koncepcją integracji programowej studiów III stopnia ze studiami II stopnia, na studiach III stopnia istnieją te same cztery specjalności co na studiach II stopnia, odpowiadające dyscyplinom naukowym, w których Wydział ma upraw-

Tablica 7

Układ specjalności na studiach I i II stopnia w roku akademickim 1997/98

Studia	Specjalność	Uprofilowanie
Studia I stopnia — grupa specjalności I	Inżynieria Biomedyczna	
	Inżynieria Komputerowa	
	Mikroelektronika	
	Optoelektronika	
	Radiokomunikacja i Techniki Multimedialne (do roku 1996 Radioelektronika)	
	Systemy Pomiarowo-Kontrolne	
Studia I stopnia — grupa specjalności II	Budowa i Oprogramowanie Komputerów	
	Inżynieria Oprogramowania i Systemy Informacyjne	
	Komputerowe Systemy Sterowania	
	Systemy Informatyczne Wspomagania Decyzji	
	Systemy i Sieci Telekomunikacyjne	
	Zarządzanie Sieciami i Usługami Telekomunikacyjnymi	
Studia II stopnia	Automatyka	Systemy Sterowania
	Informatyka	
	Telekomunikacja	Układy i Systemy Cyfrowe
		Systemy Multimedialne
		Sieci Zintegrowane
		Radiokomunikacja i Radiolokacja
		Elektroakustyka i Telewizja
	Elektronika	Inżynieria Komputerowa
		Systemy Pomiarowo-Kontrolne
		Mikroelektronika
		Optoelektronika
		Elektronika Biomedyczna
Elektroakustyka i Telewizja		

Źródła: *Sprawozdanie Dziekana za rok 1998*, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, Warszawa, kwiecień 1999; *Studia II stopnia na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych*, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, grudzień 1999.

nienia do nadawania stopni naukowych. Na studiach III stopnia nie są natomiast określone uprofilowania. Kandydaci starający się o przyjęcie na studia II stopnia wybierają specjalność oraz instytut dyplomujący. Po przyjęciu na studia (bądź warunkowym przyjęciu) wybierają indywidualnego opiekuna naukowego.

Układ specjalności na studiach I i II stopnia, realizowanych w ramach makrokierunku Informatyka, Automatyka i Robotyka, Elektronika i Telekomunikacja, przedstawiono w tabl. 7.

Specjalności utworzone w ramach makrokierunku, zarówno na studiach I stopnia, jak II i III stopnia, mają charakter formalny. Dla każdej z nich określone są wymagania programowe, a do uzyskania dyplomu ukończenia studiów niezbędne jest spełnienie wymagań programowych co najmniej jednej specjalności. Uprofilowania są kategorią mniej formalną, a bardziej informacyjną. Choć z każdym uprofilowaniem związane są wymagania programowe, student nie musi spełnić wymagań żadnego z profili; może — za zgodą dyrektora instytutu dyplomującego — studiować „bezprofilowo”.

Struktura trzystopniowa przyjęta została także na studiach w języku angielskim, uruchomionych na Wydziale w roku akademickim 1993/94, przeznaczonych zarówno dla obcokrajowców, jak i obywateli polskich. Oferowane są następujące rodzaje studiów:

- 4-letnie studia zawodowe prowadzące do dyplomu inżyniera (*Bachelor of Science*);
 - 2-letnie uzupełniające studia magisterskie prowadzące do dyplomu magistra inżyniera (*Master of Science*);
 - studia doktoranckie prowadzące do stopnia naukowego doktora (*Philosophiae Doctor*).
- Studia w języku angielskim prowadzone są w dziedzinie *Electrical and Computer Engineering*. Na studiach I stopnia zdefiniowano następujące specjalności:
- Systemy i sieci komputerowe (*Computer Systems and Networks*),
 - Sterowanie i zarządzanie (*Control and Management*),
 - Systemy pomiarowe i sterujące (*Instrumentation, Measurement and Control*),
 - Mikroelektronika i Optoelektronika (*Microelectronics and Optoelectronics*),
 - Telekomunikacja (*Telecommunications*).

W roku 2001 listę specjalności uzupełniono o Systemy i przetwarzanie sygnałów (*Systems and Signal Processing*) oraz uznano, że te same specjalności prowadzone są na studiach II stopnia.

Konieczność dostosowania oferty Wydziału do potrzeb różnego typu potencjalnych odbiorców usług edukacyjnych zaowocowała wprowadzeniem w ostatnich latach nowych rodzajów studiów wieczorowych. Wynikiem dyskusji prowadzonej na Wydziale było stwierdzenie, że ten rodzaj studiów — a nie powszechne dziś studia zaoczne — może zapewnić studentom minimum niezbędnego przygotowania w zakresie umiejętności praktycznych związanych z wykonywaniem zawodu inżyniera.

Wieczorowe Studia Zawodowe prowadzone są od roku 1995 na kierunku Informatyka, a od roku 1996 na kierunku Elektronika i Telekomunikacja w zakresie specjalności Radiokomunikacja. Studia trwają nominalnie 7 semestrów.

Inną formą studiów wieczorowych są 2-letnie Wieczorowe Uzupełniające Studia Magisterskie. Studia te, prowadzone od roku 1999 na kierunku Informatyka, od roku 1995 na kierunku Elektronika i Telekomunikacja w zakresie specjalności Telekomunikacja, a od roku 2001 w zakresie specjalności Radiokomunikacja, są przeznaczone dla osób, które ukończyły w dowolnej uczelni studia zawodowe na pokrewnej specjalności. W przypadku studiów w zakresie Informatyki i Radiokomunikacji dotyczy to w szczególności absolwentów Wieczorowych Studiów Zawodowych prowadzonych na Wydziale. W wyniku uruchomienia Wieczorowych Uzupełniających Studiów Magisterskich utworzona została zatem na Wydziale struktura dwustopniowa także w obszarze studiów wieczorowych.

Ukształtowany ewolucyjnie w wyniku wprowadzania kolejnych stopni studiów układ makrokierunek + specjalności na dziennych studiach I, II i III stopnia ulegnie już niedługo, bo z początkiem roku akademickiego 2001/02, pewnym zmianom. Będą one efektem postanowień, które zapadły w wyniku dyskusji, jaka toczyła się na Wydziale w związku z *Memorandum w sprawie kształcenia informatyków w Politechnice Warszawskiej*, wystosowanym przez grupę profesorów naszej Uczelni w maju 2000 r., a dotyczącym idei utworzenia na Politechnice Warszawskiej Wydziału Informatyki.

W dokumencie *Nowy model kształcenia na studiach I stopnia*, przygotowanym w listopadzie 2000 r. przez Dziekana, Romana Z. Morawskiego, sens wprowadzanych obecnie zmian określono następująco: *W pewnym uproszczeniu można więc powiedzieć, że chodzi o to, aby — z jednej strony — poprawić dostosowanie oferty edukacyjnej Wydziału do potrzeb rynku pracy i związanych z nimi oczekiwań kandydatów na studia I stopnia, z drugiej zaś — zmniejszyć przeciążenie dydaktyczne pracowników Wydziału oraz uprościć system kształcenia na studiach I stopnia. Strategicznym celem zmian jest podniesienie jakości kształcenia poprzez zwiększenie atrakcyjności Wydziału na rynku usług edukacyjnych, a w konsekwencji — zwiększenie liczby kandydatów na studia I stopnia, zwiększenie selektywności naboru i — tym samym — podniesienie średniego poziomu przygotowania studentów rozpoczynających kształcenie na Wydziale. Osiągnięcie tego celu zapewniłoby wydawanym na Wydziale dyplomom dobrą markę na krajowym i międzynarodowym rynku pracy, a ponadto stworzyło warunki sprzyjające pozytywnej selekcji dostatecznej liczby kandydatów na studia II i III stopnia.*

Istotą przyjętego rozwiązania jest wyodrębnienie grupy studentów kształconych na kierunku Informatyka, obok studentów kształconych w ramach dwóch potoków (grup specjalności) na istniejącym makrokierunku Informatyka, Automatyka i Robotyka, Elektronika i Telekomunikacja. Układ kierunków i specjalności oferowany studentom, którzy rozpoczną kształcenie na studiach I stopnia w roku akademickim 2001/02, przedstawiono w tabl. 8.

Przy takiej strukturze studiów kandydat może być przyjęty na kierunek Informatyka albo na makrokierunek. Podział na potoki (grupy specjalności) w ramach makrokierunku następuje po pierwszym roku studiów. Podział na specjalności w ramach kierunku lub potoków następuje po dwóch latach studiów. W obrębie poszczególnych specjalności wymienionych w tabl. 8 mogą być zdefiniowane uprofilowania.

Struktura studiów przedstawiona w tabl. 8 stwarza korzystne warunki do wyodrębnienia — w perspektywie kilku lat — kształcenia na kierunku Telekomunikacja. Będzie to możliwe, jeżeli nastąpi wydzielenie tego kierunku z obecnego kierunku Elektronika i Telekomunikacja, a oferta edukacyjna związana z potokiem „elektronika i inżynieria komputerowa oraz inżynieria biomedyczna” uzyska samodzielną pozycję na rynku usług edukacyjnych.

Zupełnie nową formą studiów będą uruchomione z początkiem roku akademickiego 2001/02 studia w systemie SPriNT (Studia Politechniczne realizowane w INTerecie). Będą to w istocie zaoczne studia zawodowe, trwające nominalnie 8 semestrów, na których — dzięki zastosowaniu nowoczesnych technik informacyjnych — realizowane będą odmienne od tradycyjnych formy dostępu studenta do materiałów dydaktycznych i jego współpracy z wy-

Tablica 8

Układ kierunków i specjalności na studiach I stopnia w roku akademickim 2001/02

(Makro)Kierunek	Grupa specjalności (potok)	Specjalność
Makrokierunek: Informatyka, Automatyka i Robotyka, Elektronika i Telekomunikacja	Elektronika i Inżynieria Komputerowa oraz Inżynieria Biomedyczna	Elektronika i Inżynieria Komputerowa
		Inżynieria Biomedyczna
	Telekomunikacja	Systemy i Sieci Telekomunikacyjne
		Teleinformatyka i Zarządzanie w Telekomunikacji
Kierunek: Informatyka		Radiokomunikacja i Techniki Multimedialne
		Inżynieria Systemów Informatycznych
		Systemy Informacyjno-Decyzyjne

Źródło: *Informator o studiach 2001–2002*, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych.

kładowcą. Studia w systemie SPRINT są wspólną inicjatywą trzech wydziałów Politechniki Warszawskiej. Oferowane będą początkowo cztery specjalności, przy czym na naszym Wydziale dwie: Inżynieria Komputerowa oraz Techniki Multimedialne.

Podsumowując tę część rozdziału, można stwierdzić, że istotne zmiany w strukturze systemu studiów na Wydziale miały miejsce dość często. Jeszcze częstsze zmiany następowały w układzie kierunków, specjalności i specjalizacji bądź uprofilowań. Niektóre z tych zmian były wymuszone decyzjami urzędów centralnych — odpowiedniego ministerstwa, w gestii którego pozostawały sprawy szkolnictwa wyższego. Inne, zwłaszcza w ostatnich latach — w okresie dużej autonomii Uczelni — wynikały z inicjatywy środowiska akademickiego. Mnogość dokonanych w systemie studiów przeobrażeń ilustruje charakterystyczną cechę środowiska naszego Wydziału — stałe pragnienie ulepszania oferty dydaktycznej Wydziału i dostosowywania jej do potrzeb potencjalnych odbiorców. Przejawem tego typu działań było prowadzenie studiów podyplomowych. Nie poświęciliśmy im do tej pory uwagi, lecz należy stwierdzić, że w niektórych okresach ta forma studiów cieszyła się bardzo dużym zainteresowaniem, a liczba chętnych znacznie przewyższała możliwości realizacyjne. Miało to miejsca zwłaszcza w przypadku studiów związanych tematycznie z wprowadzaniem techniki komputerowej, takich jak prowadzone na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych studia podyplomowe „Systemy mikrokomputerowe” czy „Komputerowa technika pomiarowa”.

Zmianom w ogólnej strukturze studiów, zmierzającym do wzbogacenia oferty dydaktycznej, towarzyszył rozwój ilościowy systemu kształcenia. Ilustrują go dane zamieszczone w tabl. 9, przedstawiające liczbę studentów podstawowych rodzajów studiów w okresie 50 lat działalności Wydziału.⁵

Dokonując syntezy rozważań na temat struktury systemu studiów na Wydziale, skupimy się na podstawowej formie działalności dydaktycznej — studiach dziennych. Śledząc 50-letnią historię Wydziału, można stwierdzić, że mieliśmy już jednolite studia magisterskie o różnym czasie trwania, mieliśmy tzw. system binarny (równolegle prowadzone studia magisterskie i studia zawodowe), mieliśmy też w przeszłości — na samym początku działalności Wydziału jako samodzielnej jednostki — studia dwustopniowe. Można zatem powiedzieć, że „przerabialiśmy” już niemal wszystkie warianty systemu studiów. Co więcej, wydaje się, że zatoczyliśmy potężne koło i wróciliśmy do stanu sprzed pół wieku — do systemu studiów dwustopniowych. Stwierdzenie takie byłoby jednak nadmiernym uproszczeniem. Dzisiejszy elastyczny system studiów dwustopniowych wraz ze studiami doktoranckimi, traktowanymi jako studia III stopnia, stwarza bowiem zupełnie inne możliwości niż system z lat pięćdziesiątych. Przede wszystkim — obok możliwości studiowania „dwustopniowo” — umożliwia kształcenie w trybie odpowiadającym jednolitym studiom magisterskim. Stworzona została w ten sposób atrakcyjna oferta umożliwiająca przyszłym studentom wybór różnych dróg zdobywania wykształcenia. Dzięki elastyczności obecnej struktury zmiana proporcji liczby studentów studiujących „dwustopniowo” i „jednolicie”, a w szczególności przejście w dowolnym momencie — gdyby uznano to za celowe — na „czysty” system dwustopniowy lub „czysty” system jednolitych studiów magisterskich, nie wymagałaby żadnej poważnej reformy; mogłaby być dokonana niemal „od ręki” w wyniku odpowiednich decyzji władz Wydziału dotyczących zasad rekrutacji na studia II stopnia.

Wprowadzenie studiów trzystopniowych stanowiło istotny postęp w kierunku zbliżenia systemu kształcenia na Wydziale do wzorów zachodnich, taki bowiem model studiów jest powszechnie przyjęty w uniwersytetach północnoamerykańskich, japońskich i w coraz większej liczbie uczelni europejskich. Deklaracja Bolońska⁶, podpisana w roku 1999 przez ministrów odpowiedzialnych za szkolnictwo wyższe 29 krajów europejskich, postuluje utworzenie do roku 2010 „Europejskiego obszaru szkolnictwa wyższego”, którego jednym z wyróżników jest właśnie system studiów trzystopniowych.

⁵ *Historia i dorobek Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej 1951–1976* (dane z lat 1951/52–1975/76); *Historia i dorobek Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej 1977–1986* (dane z lat 1976/77–1985/86); sprawozdania Dziekana (dane z lat 1986/87–1999/2000).

⁶ *The European Higher Education Area*, Joint Declaration of the European Ministers of Education, Convened in Bologna on the 19th of June 1999, <http://www.unige.ch/cre>.

Tablica 9

Liczba studentów podstawowych rodzajów studiów

Rok akademicki ^(a)	Studia dzienne			
	zawodowe		magisterskie	
	„tradycyjne”	I stopnia	jednolite ^(b)	uzupełniające ^(c)
1951/52	635			141
1952/53	531		178	47
1953/54	370		307	112
1954/55	179		468	164
1955/56			632	246
1956/57			831	207
1957/58			975	140
1958/59			1045	
1959/60			1165	
1960/61			1163	
1961/62			1255	
1962/63			1395	
1963/64			1482	
1964/65			1645	
1965/66			1832	
1966/67			2080	
1967/68			2083	
1968/69	98		2022	
1969/70	219		1897	
1970/71	326		1856	
1971/72	415		1629	
1972/73	442		1457	
1973/74	262		1526	
1974/75	149		1574	14
1975/76	18		1688	5
1976/77			1713	
1977/78			1727	
1978/79			1778	
1979/80			1800	
1980/81			1754	
1981/82			1758	
1982/83			1668	
1983/84			1637	
1984/85			1697	
1985/86			1667	
1986/87			1688	
1987/88			1818	
1988/89			1899	
1989/90			1914	

Tablica 9

Liczba studentów podstawowych rodzajów studiów

Studia wieczorowe		Studia zaoczne (eksternistyczne)		Łącznie ^(d)	Rok akademicki ^(a)
zawodowe	magisterskie uzupełniające	zawodowe	magisterskie uzupełniające		
				776	1951/52
				756	1952/53
				789	1953/54
				811	1954/55
				878	1955/56
			51	1089	1956/57
			59	1174	1957/58
			52	1097	1958/59
	45		46	1256	1959/60
	62		35	1260	1960/61
	125		45	1425	1961/62
	187		34	1614	1962/63
	167		33	1682	1963/64
	111		34	1790	1964/65
	57		32	1921	1965/66
470			32	2582	1966/67
986			37	3106	1967/68
837			31	2988	1968/69
725			20	2861	1969/70
532			9	2723	1970/71
464			10	2518	1971/72
383			10	2292	1972/73
393	17		9	2207	1973/74
287	23			2047	1974/75
453	52			2216	1975/76
437	55			2205	1976/77
433	27			2187	1977/78
400	9			2187	1978/79
374	9			2183	1979/80
354	13			2121	1980/81
274	18			2050	1981/82
241	15			1924	1982/83
171	11			1819	1983/84
126	4			1827	1984/85
90	2			1759	1985/86
71		29		1788	1986/87
36		62		1916	1987/88
2		104		2005	1988/89
		87		2001	1989/90

Tablica 9 cd.

Liczba studentów podstawowych rodzajów studiów

Rok akademicki ^(a)	Studia dzienne			
	zawodowe		magisterskie	
	„tradycyjne”	I stopnia	jednolite ^(b)	uzupełniające ^(c)
1990/91			1912	
1991/92	41		1865	
1992/93	61		1903	
1993/94	99		2039	
1994/95	70	595	1544	
1995/96	52	1189	1302	
1996/97	25	1637	1008	
1997/98		1859	673+315	3
1998/99		1971	298+595	60
1999/00		2004	0+616	248

^(a) Dane z poszczególnych lat nie są ściśle porównywalne: niektóre dane obrazują stan po semestrze zimowym, inne — po semestrze letnim danego roku akademickiego.

^(b) Sumę występującą w wierszach odpowiadających okresowi 1997/98–1999/00 należy interpretować w następujący sposób: pierwszy składnik oznacza studentów „tradycyjnych” jednolitych studiów magisterskich, a drugi — studentów studiów, którzy podjęli studia II stopnia po etapie B studiów I stopnia.

^(c) Uzupełniające studia magisterskie w latach 1997/98–1999/00 oznaczają studia II stopnia podejmowane przez absolwentów studiów I stopnia.

^(d) Suma danych występujących w pozostałych kolumnach; nie reprezentuje łącznej liczby studentów Wydziału, nie obejmuje bowiem studentów studiów doktoranckich, studiów prowadzonych w języku angielskim, studiów podyplomowych oraz studentów WSKP.

Działalność Wydziału w obszarze kształcenia nie ogranicza się, oczywiście, do studiów dziennych. Proces różnicowania oferty dydaktycznej występuje szczególnie wyraźnie po roku 1990. Jest on przejawem ogólnoswiatowej tendencji do dostosowywania podaży usług edukacyjnych do potrzeb potencjalnych klientów. Należy zatem przypuszczać, że tendencja ta będzie się utrzymywać także w przyszłości.

Niezależnie od ogólnej struktury systemu studiów dziennych w 50-letniej historii powracał wielokrotnie problem liczby specjalności, a ściślej problem nadmiernej liczby specjalności. Przy okazji niemal każdej reformy studiów na Wydziale specjalne ciała — komisje Rady Wydziału czy też tworzone przez dziekana zespoły ekspertów — powoływane w celu przygotowania projektu zmian konsekwentnie wskazywały na potrzebę ograniczenia liczby specjalności. We wstępnych fazach prac osiągnano w tej dziedzinie nawet pewne sukcesy, lecz później zestaw specjalności „pęczniał” zwykle w zdumiewający sposób, przekraczając wyraźnie początkowe ustalenia. Rzadko decydowały tu racje merytoryczne, znacznie częściej dawały o sobie znać interesy poszczególnych jednostek organizacyjnych i grup realizatorów procesu dydaktycznego. Problem ustalenia właściwego zestawu specjalności ma nie tylko wymiar ilościowy. Nazwy specjalności, a także specjalizacji (uprofilowań, obszarów dyplomowania) stanowią już dziś istotny element marketingowy, a w warunkach powstawania nowych szkół wyższych oraz zbliżającego się niżu demograficznego decyzje w tym zakresie mogą mieć jeszcze większe znaczenie.

Tablica 9 cd.

Liczba studentów podstawowych rodzajów studiów

Studia wieczorowe		Studia zaoczne (eksternistyczne)		Łącznie ^(d)	Rok akademicki ^(a)
zawodowe	magisterskie uzupełniające	zawodowe	magisterskie uzupełniające		
		64		1976	1990/91
		32		1938	1991/92
		16		1980	1992/93
				2139	1993/94
				2209	1994/95
114	13			2670	1995/96
222	56			2946	1996/97
372	44			3266	1997/98
434	52			3410	1998/99
480	73			3421	1999/00

PROGRAMY STUDIÓW

Zmiana struktury studiów, tzn. rodzajów studiów i układu specjalności, pociąga za sobą zawsze istotne zmiany w programach studiów. Istotne modyfikacje programowe mogą następować jednak również w warunkach stabilnej struktury systemu studiów. Prześledźmy zatem ewolucję programów studiów, jaka miała miejsce w dotychczasowej historii Wydziału, zarówno w powiązaniu ze zmianami struktury studiów, jak też niezależnie od tego typu zmian.

Zacznijmy od uwagi natury terminologicznej. Mówiąc program studiów, mamy na myśli plan studiów oraz programy nauczania. Plan studiów określa zestaw przedmiotów na poszczególnych semestrach oraz inne wymagania, takie jak odbycie praktyki, których spełnienie warunkuje uzyskanie dyplomu ukończenia studiów. Plan studiów określa także dla każdego z przedmiotów wymiar poszczególnych form dydaktycznych: wykładów, ćwiczeń i innych form prowadzenia zajęć. Programy nauczania definiują natomiast zawartość treściową przedmiotów występujących w planie studiów.

Olbrzymie zmiany w zestawie przedmiotów i ich zawartości treściowej w ciągu 50 lat istnienia Wydziału, który kształcił absolwentów w rozwijających się bardzo dynamicznie obszarach nauk technicznych, są oczywiste. Porównywanie kolejnych programów pod tym względem nie wydaje się zatem ani możliwe, ani celowe. Zasadnicze kierunki zmian w „treściach” odpowiadają w znacznym stopniu przedstawionym poprzednio zmianom w układzie specjalności i specjalizacji.

Można natomiast porównywać pewne ogólne „wskaźniki” charakteryzujące kolejno wprowadzane programy studiów, takie jak:

- liczba godzin zajęć (łącznie w całym programie studiów oraz średnio w tygodniu),
- udział podstawowych grup przedmiotów: wspólnych dla Wydziału, związanych z podstawowym kształceniem na kierunku (specjalności), nietechnicznych itp.,
- udział poszczególnych form prowadzenia zajęć: wykładów, ćwiczeń, zajęć laboratoryjnych i projektowych, zajęć realizowanych pod kierunkiem indywidualnego opiekuna itp.,
- udział przedmiotów obieralnych i inne wskaźniki charakteryzujące możliwości indywidualizacji programu studiów przez studentów.

Spróbujmy zatem prześledzić, jak zmieniał się charakter programów studiów na Wydziale, analizując w szczególności wymienione wcześniej „parametry”. Ograniczymy się do podstawowego rodzaju studiów — dziennych studiów prowadzących do dyplomu magisterskiego, realizowanych jako studia jednolite lub w systemie dwustopniowym.

Przedstawiając dane liczbowe charakteryzujące poszczególne programy studiów, podamy je początkowo w postaci wynikającej wprost z informacji zamieszczonych w materiałach źródłowych. Zestawienia ilościowe zamieszczone w tych materiałach, pochodzących z różnych okresów, były tworzone przy różnych założeniach dotyczących sposobu klasyfikacji różnych typów zajęć oraz sposobu określania przynależności przedmiotów do poszczególnych grup przedmiotów; dlatego też w końcowej części podrozdziału, w celu ułatwienia porównania, postaramy się sprowadzić te dane do „wspólnego mianownika”, przyjmując jednakowe założenia dotyczące sposobu ich interpretacji.

Analizując zmiany programowe, należy brać pod uwagę to, że w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych zestaw specjalności oraz programy studiów były definiowane na poziomie ministerstwa. Później rola ministerstwa ograniczała się do zatwierdzania planów studiów i programów nauczania opracowanych przez poszczególne uczelnie. Dopiero w roku 1990 *Ustawa o szkolnictwie wyższym* stworzyła uczelniom autonomicznym, a ściślej radom wydziałów, możliwości w zasadzie dowolnego kształtowania programów studiów.

Formalnie swoboda ta była ograniczona przez minima programowe, definiowane dla poszczególnych kierunków studiów przez Radę Główną Szkolnictwa Wyższego. W praktyce proces definiowania minimów przebiegał dość wolno — przykładowo, minima dla kierunku Elektronika i Telekomunikacja zostały zdefiniowane dopiero w roku 2000, a ponadto nie istniały i nadal nie istnieją efektywne mechanizmy egzekwowania zgodności programów z ustalonymi minimami.

W pierwszym okresie działalności Wydziału plany studiów miały charakter sztywny: na pierwszych kilku semestrach realizowane było kształcenie podstawowe oparte na przedmiotach wspólnych dla wszystkich studentów Wydziału, potem — kształcenie specjalnościowe, wreszcie na ostatnim semestrze przygotowywana była praca dyplomowa. Ściśle zdefiniowany w planie studiów moment rozpoczęcia kształcenia specjalnościowego, związany z „podziałem” studentów na poszczególne specjalności, zależał m.in. od długości trwania studiów, która — jak wiemy — zmieniała się kilkakrotnie.

W planie 11-semestralnych jednolitych studiów magisterskich, wprowadzonych na początku lat pięćdziesiątych, wspólne dla całego Wydziału było pierwsze 6 semestrów. Typowe obciążenie studenta wynosiło ok. 36 godzin zajęć w tygodniu, jednakże nierównomierny rozkład obciążeń w poszczególnych semestrach, jak też w trakcie semestru powodował, że bywały tygodnie, w których student miał ponad 50 godzin zajęć. Skrócenie nominalnego czasu studiów do 10 semestrów i towarzyszące temu zmiany w układzie specjalności oraz wprowadzenie — w ramach niektórych specjalności — specjalizacji związane były ze zmianą programów studiów. Nowe programy zaczęły obowiązywać studentów przyjętych na Wydział począwszy od roku akademickiego 1965/66. Kształcenie specjalnościowe rozpoczynało się w zasadzie — tak jak poprzednio — na 7. semestrze, choć były też na tym semestrze prowadzone przedmioty wspólne dla całego Wydziału. Specjalizacja następowała — w ramach przedmiotów obieralnych — na 8. i 9. semestrze.

W cytowanym już wydawnictwie⁷ znajdujemy ustalone przez Ministerstwo plany studiów poszczególnych specjalności prowadzonych w ramach 10-semestralnych studiów magisterskich oraz ramowe programy nauczania określające treść wykładów, z przyporządkowaną każdemu tematowi liczbą godzin zajęć, i zakres ćwiczeń. W tabl. 10 zestawiono podstawowe „parametry” tych programów (w ostatniej kolumnie podano udział procentowy lub wartość średnią). Dane związane z kształceniem specjalnościowym dotyczą specjalności Aparatura Elektroniczna. Dane dla innych specjalności różnią się nieznacznie, z wyjątkiem udziału w planie studiów przedmiotów związanych ze specjalnością, który na niektórych innych specjalnościach jest wyraźnie większy niż to wynika z tabl. 10; mniejszy jest natomiast udział przedmiotów obieralnych.

Wśród uwag odnoszących się do realizacji programu studiów znajdują się zalecenia dotyczące łącznego obciążenia studenta pracą na uczelni i poza nią.⁸ Zaleca się mianowicie,

⁷ *Programy ramowe studiów magisterskich dla kierunku Elektronika, grupa specjalności Elektronika Układowa — część I*, PWN, Warszawa 1966.

⁸ jw.

Tablica 10

Charakterystyka programów studiów w roku akademickim 1966/67

Liczba semestrów	10	
Liczba tygodni zajęć w semestrze	15	
Łączna liczba godzin zajęć (bez pracy dyplomowej, bez studium wojskowego), w tym:	3915	
przedmioty nietechniczne (z WF)	600	15,3%
przedmioty techniczne wspólne dla Wydziału	2505	64,0%
przedmioty związane ze specjalnością	345	8,8%
kształcenie zindywidualizowane (przedmioty obieralne związane ze specjalizacją, seminarium dyplomowe)	465	11,9%
Formy prowadzenia zajęć (bez przedmiotów obieralnych):		
wykłady	1485	42,7%
ćwiczenia, seminaria (z WF)	1275	36,7%
laboratoria	705	20,2%
projekty	15	0,4%
Liczba przedmiotów technicznych w semestrze (sem. 1–7)	3–5	średnio 4,0
Liczba godzin zajęć w tygodniu (sem. 1–9, z WF)	27–32	średnio 28,7
Praktyki: liczba + łączny wymiar	3	14 tyg.

aby dodatkowe obciążenie studenta (przygotowanie do zajęć, sprawdzianów itp.) odpowiadało w przypadku ćwiczeń, laboratoriów i projektów liczbie godzin w planie studiów, a w przypadku wykładów połowie tej liczby. Oznaczałoby to, że zalecane łączne obciążenie studenta wynosiło niewiele ponad 50 godzin w tygodniu. Należy jednak zauważyć, że w materiałach Ministerstwa brak jest jakichkolwiek informacji o szkoleniu wojskowym studentów. Tymczasem — jak to wynika z informatorów wydziałowych z tego okresu — szkolenie takie było realizowane i to w pokaźnym wymiarze 5 godzin zajęć tygodniowo przez 6 semestrów — na drugim, trzecim i czwartym roku studiów.⁹

Warto odnotować, że decyzje Ministerstwa dotyczące programów studiów na kierunku Elektronika, choć podejmowane formalnie na wniosek odpowiedniego zespołu ekspertów Rady Głównej Szkolnictwa Wyższego, były w znacznej mierze oparte na propozycjach programowych pochodzących z naszego Wydziału. Świadczy o tym choćby adnotacja *Politechnika Gdańska i Wrocławska realizują w okresie przejściowym odrębny program nauczania*, występująca przy opisie wielu przedmiotów zawartych w „ministerialnych” programach studiów.

Programy studiów z lat sześćdziesiątych zawierały wiele przedmiotów, które dzisiejsi studenci uznaliby prawdopodobnie za nieco osobliwe. Na przedmiotach „Maszynoznawstwo” oraz „Części maszyn” studenci poznawali dogłębnie tajniki niektórych konstrukcji mechanicznych. Siedem, a na niektórych specjalnościach kilkanaście godzin w planie studiów pierwszego roku wypełniała chemia. Wykładany był także „Rysunek techniczny” i „Geometria wykreślna”. Przedmioty takie — oprócz oczywistych walorów ogólnokształcących — pozostały na długo w pamięci studentów także z tego powodu, że stwarzały okazję do „twórczych interpretacji” omawianych tematów. Wielu obecnych profesorów nadal wspomina „fortepiany Górskiego” (Andrzej Górski wykładał chemię), czy też II aksjomat geometrii Wocjanowej (Stanisław Wocjan prowadził zajęcia z rysunku technicznego, był także doskonałym artystą-malarzem) w brzmieniu: *Przez każde trzy punkty na płaszczyźnie można poprowadzić prostą, byleby była ona odpowiednio gruba.*

Fala istotnych zmian w ukształtowanych w połowie lat sześćdziesiątych programach studiów była następstwem zachodzących na początku lat siedemdziesiątych przekształceń

⁹ *Plan studiów w roku akademickim 1966/67 — Studia Stacjonarne, Politechnika Warszawska, Wydział Łączności.*

strukturalnych na Uczelni i na Wydziale, które doprowadziły do wyodrębnienia instytutów, oraz związanych z tym przeobrażeń w organizacji procesu dydaktycznego. Sposobność dokonania zasadniczych zmian programowych wiązała się z decyzją Ministerstwa o skróceniu czasu studiów do 9 semestrów oraz z uzyskaniem zgody na odstąpienie od obowiązującego systemu sztywnych programów kształcenia dla wąskich specjalności. Od tego czasu programy były opracowywane na Wydziale, choć formalnie nadal podlegały zatwierdzeniu przez Ministerstwo.

W informatorze *Program studiów magisterskich dla kierunku Elektronika* (Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, 1974), zawierającym adnotację o zatwierdzeniu tego programu przez Ministerstwo Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki w roku 1973, znajdujemy definicję sylwetki absolwenta, którego zasadniczymi cechami miały być: *umiejętność samodzielnego podejmowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i badawczych, wyrobione nawyki ciągłego samokształcenia i podnoszenia swych kwalifikacji*. Realizując postulaty wynikające z tak sformułowanego celu kształcenia, będące m.in. rezultatami prac Komisji Programowej działającej pod przewodnictwem Władysława Findeisena, a następnie Andrzeja Wierzbickiego, zwiększono w programie studiów udział form dydaktycznych sprzyjających „uczeniu się” (a nie tylko nauczaniu) przez wprowadzenie nowego typu zajęć — prowadzonych pod opieką indywidualnego opiekuna pracowni problemowych. Rozszerzono także znacznie elastyczność studiowania, zwiększając liczbę przedmiotów obieralnych na wyższych latach studiów — w istocie wprowadzono niemal pełną indywidualizację studiów.

W nowych programach studiów, wprowadzonych w roku akademickim 1973/74, na pierwszych czterech semestrach przedmioty były wspólne dla wszystkich studentów Wydziału. Z chwilą wybrania przez studenta specjalności i przekazania go pod opiekę instytutu (od 5. semestru) student otrzymywał indywidualnego opiekuna. Choć pewne elementy kształcenia specjalnościowego występowały już na semestrze 5., na przedmioty zawierające wiedzę podstawową z zakresu poszczególnych specjalności przeznaczono w zasadzie semestr 6. Na 6. semestrze rozpoczynał się też 4-semestralny cykl kształcenia indywidualnego pod kierunkiem opiekuna, obejmujący trzy kolejne pracownie problemowe oraz przygotowanie pracy dyplomowej. Na 7. i 8. semestrze obok pracowni problemowej realizowane były niemal wyłącznie przedmioty obieralne. Ta daleko posunięta indywidualizacja programu studiów na czwartym roku, wprowadzona w pełnej formie w roku akademickim 1975/76, była konsekwentnie realizowana — nie bez oporów ze strony części kadry akademickiej — przez Dziekana Andrzeja Wierzbickiego. Wydział Elektroniki był pierwszym wydziałem na polskich uczelniach technicznych, na którym dokonano wówczas tak daleko idącej indywidualizacji programu studiów. Warto w tym miejscu poświęcić kilka słów stworzonej w tych czasach idei „pracowni problemowej”, która na stałe wrosła w programy kształcenia na Wydziale. Były Dziekan, Jan Ebert, wspominając pozytywne zmiany, jakie zaszły na Wydziale w połowie lat siedemdziesiątych, tak określa korzyści wynikające z wprowadzenia tej formy zajęć¹⁰: *doświadczenie dowodziło, że w okresie pracy nad zadaniem dyplomowym następuje widoczny skok w umiejętnościach i stopniu dojrzałości studenta. Wprowadzenie pracowni problemowej rozszerzało ten pożyteczny okres studiów. Opiekun naukowy stawiał zadanie, tworzył warunki do jego wypełnienia, nadzorował postępy i oceniał rezultaty. Zadanie — w najbardziej dojrzałej postaci — było kompleksowe, tzn. wymagało analizy źródeł, opracowania teoretycznego, obliczeń projektowych, zbudowania stanowiska doświadczalnego, dokonania pomiarów i wyciągnięcia wniosków, a na koniec przedstawienia sprawozdania. Często zadanie było ściśle powiązane z pracami zespołu naukowego, wykorzystywanymi np. dla przemysłu. Rozwijały się wówczas dodatkowe korzystne elementy: satysfakcja studenta z wykonania użytecznego, a nie czysto akademickiego zadania, wdrożenie do pracy zespołowej, a w wielu przypadkach dodatkowa motywacja materialna dzięki środkom z przemysłu.*

W tabl. 11 przedstawiono charakterystykę programów studiów dla kierunku Elektronika zawartych w informatorze z roku 1974.¹¹ Dane związane z kształceniem specjalnościowym podano — tak jak w tabl. 10 — dla specjalności Aparatura Elektroniczna; dane dla innych specjalności różnią się minimalnie.

¹⁰ J. Ebert, *50 lat na Politechnice Warszawskiej — cd.*, Miesięcznik Politechniki Warszawskiej, nr 10 (34), str. 6–7, październik 2000.

¹¹ *Program studiów magisterskich dla kierunku Elektronika*, Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, 1974.

Tablica 11

Charakterystyka programów studiów w roku akademickim 1974/75

Liczba semestrów	9	
Liczba tygodni zajęć w semestrze	16	
Łączna liczba godzin zajęć (bez pracy dyplomowej, bez WF), w tym:	4304	
przedmioty nietechniczne (ze szkoleniem obronnym)	928	21,6%
przedmioty techniczne wspólne dla Wydziału	2112	49,1%
przedmioty obowiązkowe związane ze specjalnością	432	10,0%
kształcenie zindywidualizowane (przedmioty obieralne, pracownie, seminarium dyplomowe)	832	19,3%
Formy prowadzenia zajęć (bez przedmiotów obieralnych):		
wykłady	1392	36,7%
ćwiczenia, seminaria	1216	32,1%
laboratoria, pracownie	880	23,2%
projekty	304	8,0%
Liczba przedmiotów technicznych w semestrze (sem. 1–6)	5–10	średnio 6,67
Liczba godzin zajęć w tygodniu (sem. 1–8, bez WF)	32–34	średnio 32,9
Praktyki: liczba + łączny wymiar	4	16 tyg.

Analizując dane w tabl. 11 można stwierdzić, że program studiów realizowany w połowie lat siedemdziesiątych miał wiele pożądanых cech — nie był zdominowany przez kształcenie specjalistyczne, lecz jednocześnie stwarzał studentom — w końcowej części studiów — duże możliwości dostosowania zestawu przedmiotów do indywidualnych preferencji. W porównaniu z danymi w tabl. 10 można zaobserwować — obok wzrostu łącznej liczby godzin zajęć (mimo skrócenia czasu trwania studiów) — znaczny wzrost liczby przedmiotów w programie studiów. Związane to było z rozdzieleniem „dużych” przedmiotów na oddzielnie rozliczane „fragmenty”; najczęściej zajęcia laboratoryjne lub projektowe oceniane były niezależnie i traktowane w związku z tym jako przedmioty.

Wprowadzaniu zasadniczych zmian programowych na Wydziale towarzyszyła ogólna dyskusja nad modelem kształcenia w uczelniach technicznych. Choć niektóre sformułowania w oficjalnych dokumentach Wydziału brzmią dziś nieco osobliwie (w jednym z nich czytamy¹²: *Zasadniczym zadaniem tego modelu powinno być, zdaniem dyskutantów, optymalne rozwijanie osobowości studenta i najlepsze przygotowanie go do samodzielnego i sprawnego działania dla dobra naszego socjalistycznego społeczeństwa*), to jednak poglądy prezentowane w zasadniczych kwestiach, takich jak: czy *Politechnika Warszawska ma być szkołą uczenia zawodowego, czy uniwersyteckiego*¹³, wytyczyły właściwy kierunek ewolucji programów studiów na Wydziale.

Programy studiów opracowane we wczesnych latach siedemdziesiątych w połowie dekad uległy zmianom wynikającym z wyodrębnienia nowych kierunków studiów — Informatyki i Telekomunikacji. Ujawniły się też pewne problemy z realizacją idei mocno zindywidualizowanych studiów na czwartym roku. Wynikały one głównie stąd, że niewielka liczba przedmiotów wprowadzających do specjalności nie pozwalała — zdaniem wielu pracowników Wydziału — w dostatecznym stopniu przygotować studentów do realizacji indywidualnej fazy studiów. W istocie chodziło również o to, że niemal pełna obieralność przedmiotów naruszała interesy pewnej grupy pracowników, na których wykłady zapisywało się mało stu-

¹² Podsumowanie dyskusji dotyczącej zamierzeń Politechniki Warszawskiej w zakresie eksperymentalnego wprowadzenia w życie nowego modelu szkolnictwa wyższego przeprowadzonej przez Radę Wydziału Elektroniki na posiedzeniu w dniu 15 października 1974 r. — załącznik do protokołu RW z 15 października 1974 r.

¹³ jw.

dentów. Przeprowadzono zatem doraźne zmiany programowe ograniczające m.in. pełną obieralność przedmiotów — wprowadzono warianty programowe odpowiadające kierunkom i specjalnościom. Doprowadziło to do zwiększenia i tak bardzo dużej liczby godzin zajęć w programie studiów, a inne efekty zmian także nie były satysfakcjonujące. Widoczna stawała się potrzeba kolejnej reformy programowej. Prace nad taką reformą rozpoczęto w roku 1978, kiedy funkcję dziekana objął Jerzy Osiowski. Podstawowe postulaty przyjęte przy opracowywaniu nowych programów studiów można scharakteryzować następująco:

- zmniejszenie liczby godzin zajęć w tygodniu;
- ograniczenie wymiaru przedmiotów wspólnych dla wszystkich studentów Wydziału;
- rozbudowanie bloku przedmiotów podstawowych dla kierunku i specjalności;
- zachowanie obieralności przedmiotów na czwartym roku studiów;
- wprowadzenie jednolitego dla wszystkich instytutów, rozbudowanego systemu kształcenia indywidualnego w końcowym etapie studiów;
- powiększenie wymiaru i różnicowanie poziomu kształcenia w zakresie języków obcych.

W celu zwiększenia zainteresowania studentów i umożliwienia im wcześniejszego kontaktu z wybraną dziedziną studiów do planu pierwszych lat włączono niektóre przedmioty podstawowe dla kierunku. W planie 1. semestru studiów znalazły się ponadto przedmioty typu: „Wstęp do elektroniki”, „Wstęp do automatyki” itp.

Wprowadzony w wyniku realizacji wymienionych postulatów system kształcenia indywidualnego obejmował pracownie problemowe (4, 8, 8 godzin zajęć w tygodniu odpowiednio na 6., 7. i 8. semestrze) oraz przygotowanie pracy dyplomowej (praktycznie cały semestr 9).

Jednocześnie ze zmianami programowymi rozpoczęto proces istotnych zmian w sposobie realizacji zajęć. Wprowadzono nową formę zajęć dydaktycznych, tzw. lekcje, integrujące tradycyjne formy wykładu i ćwiczeń, a niekiedy także zajęć projektowych. Zmieniono sposób funkcjonowania laboratoriów związanych z przedmiotami podstawowymi. Laboratoria zaczęły stopniowo przechodzić na system indywidualnego odrabiania ćwiczeń przez poszczególnych studentów lub zespoły dwuosobowe. Zrezygnowano ze sprawozdań, wprowadzając sprawdziany odpowiedniego przygotowania studenta do realizacji ćwiczenia. Ponadto, w kluczowych przedmiotach na pierwszym roku studiów wprowadzono inną, nową formę zajęć — nieobowiązkowe konwersatoria, mające dopomóc słabszym studentom w opanowaniu materiału. Zmiany te — z perspektywy czasu — należy ocenić pozytywnie, choć niektóre z nich przyniosły zapewne także skutki niepożądane. Trudno stwierdzić, w jakim stopniu rezygnacja z wymagania tworzenia pisemnej dokumentacji przebiegu eksperymentów laboratoryjnych, poddawanej następnie — przynajmniej w założeniu — wnikliwej ocenie przez prowadzącego zajęcia, przyczyniła się do obserwowanych dziś trudności, jakie mają studenci podczas pisania sprawozdań z pracowni problemowych oraz przygotowywania prac dyplomowych.

Nowe programy studiów wprowadzono oficjalnie z początkiem roku akademickiego 1979/80. Zostały one zatwierdzone przez Ministerstwo Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki do realizacji od 1 października 1980 r. Jednocześnie opracowano cały system rozwiązań przejściowych, tak aby już w roku 1980/81 wszyscy studenci Wydziału mogli realizować nowe programy.

W tabl. 12 przedstawiono charakterystykę programów studiów zatwierdzonych przez Ministerstwo w roku 1980 i obowiązujących w roku akademickim 1980/81.¹⁴ Dane związane z kształceniem kierunkowym i specjalnościowym podano — tak jak poprzednio — dla specjalności Aparatura Elektroniczna na kierunku Elektronika z uprofilowaniem Układy i Systemy Elektroniczne; dane dla innych specjalności różnią się minimalnie.

W roku 1981 wprowadzono do programów studiów modyfikacje polegające na zwiększeniu wymiaru przedmiotów nietechnicznych. Zwiększono zwłaszcza wymiar nauczania języków obcych — do 480 godzin. Wprowadzono obieralność w grupie przedmiotów humanistyczno-społecznych. Zrezygnowano z praktyki robotniczej przed rozpoczęciem studiów.

Powrót do 10-semestralnego cyklu kształcenia w roku akademickim 1982/83 nie spowodował zasadniczych zmian w programach studiów. Dodatkowy jeden semestr został wyko-

¹⁴ *Program studiów magisterskich dla Wydziału Elektroniki dla kierunków Elektronika, Informatyka, Telekomunikacja*, Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, 1981.

Tablica 12

Charakterystyka programów studiów w roku akademickim 1980/81

Liczba semestrów	9	
Liczba tygodni zajęć w semestrze	15	
Łączna liczba godzin zajęć (bez pracy dyplomowej, bez WF, bez konwersatoriów), w tym:	3555	
przedmioty nietechniczne (ze szkoleniem obronnym)	855	24,0%
przedmioty techniczne wspólne dla Wydziału	1020	28,7%
przedmioty związane z kierunkiem	555	15,6%
przedmioty związane ze specjalnością	315	8,9%
przedmioty związane z uprofilowaniem	150	4,2%
kształcenie zindywidualizowane (przedmioty obieralne, pracownie, seminarium dyplomowe)	660	18,6%
Formy prowadzenia zajęć (bez przedmiotów obieralnych):		
wykłady, lekcje	1275	39,9%
ćwiczenia, seminaria	1230	38,5%
laboratoria, pracownie	645	20,2%
projekty	45	1,4%
Liczba przedmiotów technicznych w semestrze (sem. 1–6)	7–11	średnio 8,17
Liczba godzin zajęć w tygodniu (sem. 1–8, bez WF)	28–30	średnio 29,4
Praktyki: liczba + łączny wymiar	4	16 tyg.

rzystany przede wszystkim na rozciągnięcie w czasie dość zagęszczonych — a przez to trudnych — studiów podstawowych. Zwiększony został wymiar pracowni problemowych — do 6, 8, 12 godzin w tygodniu odpowiednio na 7., 8. i 9. semestrze. Niewielkie zwiększenie całkowitej liczby godzin zajęć spowodowało zmniejszenie tygodniowego obciążenia studenta do średnio mniej niż 28 godzin.

Ogólna koncepcja programowa ukształtowana w roku 1982 pozostała niezmienną do końca lat osiemdziesiątych. W programach studiów zachodziły oczywiście zmiany powodowane zaleceniami Senatu PW (zwiększenie udziału zajęć techniczno-konstrukcyjnych), zarządzeniami Ministra Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki (zwiększenie wymiaru zajęć z fizyki), a także — a może przede wszystkim — doświadczeniami przy realizacji procesu dydaktycznego. Doświadczenia te wskazywały na potrzebę zmniejszenia trudności zajęć na początku studiów. Cel ten próbowano zrealizować — z umiarkowanym zresztą powodzeniem — m.in. przez zmiany w sposobie nauczania fizyki. Zajęcia z tego przedmiotu, prowadzone od 1. semestru studiów, miały być skoncentrowane na wyjaśnianiu istoty zjawisk; środkiem do realizacji tego celu miało być wprowadzenie wykładów połączonych z demonstracjami oraz zajęć laboratoryjnych.

Ustawa o szkolnictwie wyższym z roku 1990 — jak wspomniano wcześniej — stworzyła uczelniom autonomicznym olbrzymie możliwości kształtowania ogólnej struktury i programów studiów, a zmieniająca się rzeczywistość spowodowała konieczność daleko idących zmian programowych. Już wcześniej jednak trwały na Wydziale dyskusje nad zmianami w modelu kształcenia, a przygotowanie założeń reformy powierzono specjalnej komisji złożonej głównie z młodszych członków Rady Wydziału, działającej pod przewodnictwem Radosława Ładzińskiego. Najważniejszym bodaj wynikiem prac tej komisji było stwierdzenie, że mimo pięciu kierunków studiów jest możliwe i celowe wyodrębnienie grupy przedmiotów wspólnych dla pierwszego roku studiów na Wydziale. Propozycję zasad funkcjonowania nowego systemu studiów przedstawili Krzysztof Malinowski i Andrzej Ruszczyński. Dalsze prace odbywały się głównie w dwóch specjalnych komisjach powołanych przez Radę Wydziału, działających pod kierunkiem Wiesława Traczyka (Komisja ds. Oceny i Organizacji Dydaktyki) i Jerzego Woźnickiego (Komisja ds. Warunków Samodzielnego Studiowania), oraz Komisji Programowej, funkcjonującej pod kierunkiem Jerzego Pułaczewskiego. Wyniki tych prac

zebrano w opracowaniu *Reforma Studiów na Wydziale Elektroniki Politechniki Warszawskiej* (Warszawa, maj 1990). Jako cele reformy związane bezpośrednio z programem studiów, wskazano:

- doprowadzenie do właściwych proporcji między przekazywaniem wiedzy i nauczaniem umiejętności (więcej zajęć praktycznych i większy nacisk na aspekty problemowe);
- stworzenie każdemu studentowi możliwości dopasowania programu i tempa studiów do indywidualnych zainteresowań i możliwości, a w szczególności stworzenie odpowiednich warunków rozwoju studentom wybitnym;
- ułatwienie studiów interdyscyplinarnych.

Oprócz tego sformułowano szereg innych postulatów związanych z organizacją systemu studiów. W celu zrealizowania tych postulatów zdecydowano się na zasadnicze zmiany dotyczące m.in. sposobu określania wymagań odnośnie do programu studiów. Istotą proponowanych zmian było odejście od tradycyjnej metody definiowania „sztywnego” planu studiów obowiązującego wszystkich studentów. Przyjęto zasadę, że każdy student realizuje swój indywidualny plan studiów, określając zestaw przedmiotów, na które uczęszcza w kolejnych semestrach. W związku z tym podzielono 5-letni okres studiów na trzy etapy (etap I i etap II — po 4 semestry, etap III — 2 semestry) i dla każdego z nich zdefiniowano wymagania dotyczące zestawu przedmiotów (wymagania programowe), które należało spełnić, aby zaliczyć dany etap.

W celu określenia wymagań programowych zestaw prowadzonych na Wydziale przedmiotów podzielono na przedmioty obowiązkowe dla wszystkich kierunków, obowiązkowe i wariantowe dla poszczególnych kierunków, obieralne oraz dodatkowe. Z każdym przedmiotem związane program, określający zawartość treściową prowadzonych zajęć, oraz pewne atrybuty, których liczba i definicje ulegały pewnym modyfikacjom. Najważniejsze z atrybutów to:

- liczba jednostek dydaktycznych, określająca „wagę” przedmiotu będącą miarą jego pracochłonności, równa zwykle liczbie godzin zajęć w tygodniu z tego przedmiotu; przyjęto, że w wyniku zaliczenia przedmiotu student uzyskuje liczbę jednostek przyporządkowanych temu przedmiotowi;
- warunki następstwa (poprzedzania), określające zbiór przedmiotów, które student musi zaliczyć przed zarejestrowaniem się na dany przedmiot oraz ewentualnie przedmioty, na które student musi zarejestrować się najpóźniej w tym samym semestrze co na dany przedmiot;
- lista przedmiotów podobnych, których zaliczenie obniża liczbę jednostek uzyskanych za zaliczenie danego przedmiotu;
- semestr krytyczny, określający numer semestru (od początku studiów), na którym najpóźniej można dany przedmiot zaliczyć.

Przyjęcie powyższych ustaleń umożliwiało zdefiniowanie wymagań programowych etapu studiów poprzez określenie — obok zbioru przedmiotów obowiązkowych — liczby jednostek dydaktycznych, które należy uzyskać za zaliczenie przedmiotów obieralnych wybranych z całej oferty Wydziału, oraz wymagań związanych z przedmiotami dodatkowymi. Dla każdego etapu ustalono maksymalny czas realizacji wymagań programowych z nim związanych.

Wymagania programowe zostały zdefiniowane dla wszystkich specjalności prowadzonych na Wydziale. W przypadku, gdy kształcenie na danej specjalności realizowano w więcej niż jednym instytucie, poszczególne instytuty formułowały własne wersje wymagań programowych.

Student podejmujący naukę na danym kierunku po pierwszym roku studiów, na którym obowiązywał w zasadzie program „sztywny”, dokonywał wyboru specjalności i — w przypadku specjalności prowadzonych przez kilka instytutów — instytutu dyplomującego. Tworząc indywidualny plan studiów na kolejne semestry, student mógł korzystać z wzorcowego (modelowego) planu, określającego dla każdego semestru zestaw przedmiotów z grupy przedmiotów obowiązkowych oraz liczbę jednostek dydaktycznych odpowiadającą przedmiotom obieralnym.

W nowych programach studiów ograniczono, m.in. z powodów ekonomicznych, liczbę godzin obowiązkowych zajęć, ale jednocześnie przyjęto, że zostaną stworzone odpowiednie warunki umożliwiające studentom realizację różnych form samodzielnego studiowania, np.

przez szersze udostępnienie bibliotek, laboratoriów i sprzętu wykorzystywanego w pracach badawczych wraz z zapewnieniem odpowiedniej opieki merytorycznej ze strony nauczycieli akademickich.

Nowe programy studiów wprowadzono z początkiem roku akademickiego 1990/91. Nie wprowadzono tym razem żadnego systemu programów przejściowych — wszyscy studenci, którzy rozpoczęli kształcenie wcześniej, kontynuowali realizację „starego” programu, w którym wprowadzono jednak istotną zmianę — zrezygnowano ze szkolenia obronnego. Programy te uległy modyfikacji w roku 1992 w następstwie zmian w układzie kierunków oraz specjalności związanych z uchwałą Rady Głównej Szkolnictwa Wyższego zmieniającą wykaz kierunków studiów (Elektronika i Telekomunikacja zostały połączone w jeden kierunek). Modyfikacje sprowadzały się głównie do „uwspólnienia” planów studiów na pierwszym roku, opracowanych poprzednio niezależnie dla kierunków Elektronika i Telekomunikacja.

W tabl. 13 przedstawiono charakterystykę programów studiów obowiązujących w roku akademickim 1992/93, wyznaczoną na podstawie danych zamieszczonych w informatorze wydziałowym.¹⁵ Dane związane z kształceniem kierunkowym i specjalnościowym podano dla specjalności Aparatura Elektroniczna na kierunku Elektronika, w wersji realizowanej w Instytucie Podstaw Elektroniki. Ze względu na to, że programy studiów zdefiniowane dla poszczególnych specjalności nie miały w zakresie przedmiotów technicznych wyraźnie wyróżnionej części wspólnej dla całego Wydziału, w tabl. 13 przyjęto, że przedmioty techniczne wspólne dla Wydziału obejmują — oprócz przedmiotów „faktycznie” wspólnych — także część wspólną (w sensie liczby godzin zajęć) przedmiotów podobnych, np. przedmiotów prowadzonych — zależnie od specjalności — w wersji małej lub dużej. Dane w kolumnie 2, dotyczące wymiaru zajęć, podano w jednostkach dydaktycznych (jd); przez pomnożenie tych wartości przez długość semestru (w tygodniach) można otrzymać liczbę godzin zajęć w programie studiów. Podana w tabl. 13 liczba przedmiotów w semestrze oraz liczba godzin zajęć w tygodniu odpowiada planowi wzorcowemu, przy założeniu, że przedmioty wariantowe i obieralne mają średnio wymiar 3 jd i są umieszczane w indywidualnym planie studiów tak, aby zachować równomierny rozkład obciążeń w poszczególnych semestrach.

Zasadnicze zmiany programowe nastąpiły w roku akademickim 1993/94, z chwilą wprowadzenia systemu studiów dwustopniowych. Wiązały się one z ogólną filozofią kształcenia w systemie dwustopniowym.

Przyjęta koncepcja studiów I stopnia nawiązywała bardziej do systemu anglosaskiego niż do typowych 4-letnich studiów zawodowych w polskich uczelniach technicznych, odwołujących się do tradycji niemieckiej *Fachhochschule* i studiów inżynierskich prowadzonych wcześniej na Wydziale. Chodziło o to, aby absolwent uzyskał wykształcenie na tyle ogólne, żeby był w stanie podjąć pracę w wielu różnych specjalnościach, w szczególności — interdyscyplinarnych, rozpocząć studia II stopnia na Wydziale, innym wydziale PW lub innej uczelni technicznej w kraju lub za granicą, a także mógł twórczo korzystać z możliwości rozwoju zawodowego, jakie stwarza obfitość i dostępność źródeł informacji technicznej oraz różnych form kształcenia ustawicznego. Studia II stopnia, przez analogię ze studiami prowadzonymi w systemie anglosaskim do stopnia *Master of Science*, miały w założeniu — w większym zakresie niż prowadzone wcześniej 5-letnie jednolite studia magisterskie — wykształcić umiejętność samodzielnego stawiania i rozwiązywania problemów.

Jednocześnie z niezbędnymi zmianami programowymi, wynikającymi z realizacji takiej właśnie koncepcji studiów dwustopniowych (a później — trzystopniowych), zdecydowano się na istotne zmiany w sposobie definiowania programu studiów. Nowe rozwiązanie stanowiło rozwinięcie przyjętej wcześniej — w roku 1990 — idei, że wszyscy studenci studiują według indywidualnych planów studiów. Jego podstawą było przyjęcie następującej zasady¹⁶: *W przypadku dostatecznie bogatej i zróżnicowanej oferty programowej, zawierającej w szczególności wiele przedmiotów o częściowo pokrywającej się zawartości treściowej, nie jest konieczne ani celowe formułowanie wymagań programowych (warunków uzyskania dyplomu)*

¹⁵ *Plany studiów i programy nauczania dla studiów magisterskich dziennych — etap A*, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki, Warszawa styczeń 1992.

¹⁶ A. Kraśniewski, *Zapewnianie elastyczności systemu kształcenia akademickiego*. W: J. Woźnicki (red.), *Model zarządzania publiczną instytucją akademicką*, Instytut Spraw Publicznych, Warszawa 1999.

Tablica 13

Charakterystyka programu studiów w roku akademickim 1992/93

Liczba semestrów	10		
Liczba tygodni zajęć w semestrze	15		
Łączny wymiar zajęć (z pracą dyplomową, bez WF, bez konwersatoriów), w tym:	240 jd	3600 godz.	
	przedmioty nietechniczne	28 jd	11,7%
	przedmioty techniczne wspólne dla Wydziału	51 jd	21,3%
	przedmioty związane z kierunkiem i specjalnością (w tym przedmioty wariantowe)	80 jd	33,3%
	kształcenie zindywidualizowane (przedmioty obieralne, pracownie, seminarium dyplomowe, praca dyplomowa)	81 jd	33,7%
Formy prowadzenia zajęć (bez przedmiotów wariantowych i obieralnych oraz pracy dyplomowej):	wykłady	65 jd	36,3%
	zajęcia zintegrowane (lekcje)	47 jd	26,2%
	ćwiczenia, seminaria	17 jd	9,5%
	laboratoria, pracownie	49 jd	27,4%
	projekty	1 jd	0,6%
Liczba przedmiotów technicznych w semestrze (sem. 1–8)	6–9	średnio 7,0	
Liczba godzin zajęć w tygodniu (sem. 1–10, bez WF)	23–25	średnio 24,0	
Praktyki: liczba + łączny wymiar	1 (staż)	4 tyg.	

w postaci rygorystycznego wymagania zaliczenia określonego zbioru przedmiotów. Jest natomiast istotne, aby w każdym obszarze tematycznym ważnym z punktu widzenia kompletności wykształcenia student zdobył pewien zasób wiedzy i umiejętności, a w tym odpowiednio zdefiniowany zbiór treści podstawowych.

Odnosząc tę zasadę, przykładowo, do kształcenia w obszarze matematyki, można powiedzieć, że absolwentowi Wydziału niezbędna jest podstawowa wiedza z zakresu algebry, analizy matematycznej, równań różniczkowych, metod probabilistycznych oraz metod numerycznych, ale przede wszystkim — odpowiednia „kultura matematyczna”, przejawiająca się m.in. w umiejętności myślenia abstrakcyjnego i ścisłego formułowania problemów. Toteż wymagania stawiane studentowi w tym zakresie powinny obejmować obowiązek zaliczenia sekwencji przedmiotów matematycznych o odpowiedniej „wadze” (mierzonej łączną liczbą jednostek dydaktycznych lub godzin zajęć), zawierającej wszystkie niezbędne treści podstawowe, jest natomiast mniej istotne, ile godzin zajęć ma przypadać na kształcenie w poszczególnych obszarach, takich jak algebra, analiza itp.

Realizacja przyjętej filozofii definiowania wymagań programowych oparta została na koncepcji podziału zestawu przedmiotów prowadzonych na Wydziale na tzw. klasy tematyczne. Każda z klas obejmuje przedmioty należące do określonego obszaru tematycznego. Klasami tematycznymi są np. *Matematyka, Algorytmy i Techniki Programowania, Sieci Komputerowe i Systemy Rozproszone*, lecz także *Przedmioty Humanistyczno-Społeczne*. Na klasach tematycznych można wykonywać operacje, takie jak suma klas czy alternatywa; wynikiem tego typu operacji są klasy programowe.

Wymagania programowe, zdefiniowane dla poszczególnych specjalności, określają zbiór klas programowych odpowiadających obszarom wiedzy ważnym z punktu widzenia kompletności wykształcenia. Dla każdej z tych klas podana jest minimalna liczba jednostek dydaktycznych, jaką student musi uzyskać, zaliczając przedmioty z tej klasy. Dodatkowo może być również określony zbiór przedmiotów obowiązkowych w tej klasie. Wymagania odnoszące się do poszczególnych klas programowych uzupełnione są ogólnym wymaganiem uzyskania określonej liczby jednostek dydaktycznych we wszystkich klasach łącznie. W ten sposób student, tworząc indywidualny program studiów, ma możliwość swobodnego wybo-

ru przedmiotów w ramach danej klasy tematycznej, występującej w wymaganiach programowych, oraz spośród całej oferty programowej Wydziału i nie tylko Wydziału. Aby ułatwić studentom kształtowanie indywidualnych programów i planów studiów, opracowano modelowe plany studiów dla poszczególnych specjalności, określające zestaw przedmiotów zalecanych w kolejnych semestrach.

Na studiach I stopnia wymagania programowe poszczególnych specjalności zostały określone dla każdego etapu studiów (A, B, C), przy czym zdefiniowane one zostały w sposób skumulowany — wymagania kolejnego etapu obejmują wszystkie wymagania etapu poprzedniego. Ze względu na to, że student wybiera specjalność dopiero pod koniec etapu A, wymagania programowe tego etapu są wspólne dla wszystkich specjalności w danej grupie.

Wymagania programowe na studiach II stopnia zostały zdefiniowane niezależnie od wymagań na studiach I stopnia. Ich cechą szczególną jest wymaganie uzyskania określonej liczby jednostek dydaktycznych w grupie „przedmiotów zaawansowanych”. Przedmioty tej grupy podzielono na 5 klas: cztery z nich odpowiadają specjalnościom na studiach II stopnia, piąta zawiera przedmioty niosące istotny ładunek bardziej zaawansowanych treści teoretycznych z obszaru matematyki stosowanej oraz fizycznych podstaw elektroniki. Przedmioty zaawansowane mają w założeniu sprzyjać m.in. pogłębieniu zdolności myślenia abstrakcyjnego, stanowiącej dziś niezbędny element wykształcenia magistra inżyniera.

W podobny sposób zostały zdefiniowane wymagania programowe dla studiów III stopnia. Ich cechą szczególną jest przedmiot „Pracownia naukowa”, w ramach którego student realizuje badania prowadzące do uzyskania stopnia naukowego. Zaliczenie tego przedmiotu w kolejnych semestrach związane jest m.in. ze spełnieniem określonych wymagań dotyczących opublikowania wyników prowadzonych badań.

Wśród nowych elementów programu studiów warto wymienić wprowadzenie „przedmiotu” pod nazwą Orientacja, obejmującego m.in. przekazywanie studentom wyczerpujących informacji na temat systemu studiów oraz pomoc w tworzeniu indywidualnych programów i planów studiów.

Należy również odnotować zmiany w rozumieniu pojęcia „przedmiot”. Przedmioty techniczne prowadzone na Wydziale stały się w większym stopniu zintegrowanymi modułami programowymi, łączącymi nabywanie wiedzy z wyrabianiem umiejętności. Podjęto próbę realizacji postulatu, aby każdy przedmiot obejmował — oprócz wykładów — zajęcia projektowe lub laboratoryjne, a w przypadku niektórych przedmiotów — także ćwiczenia audytorne. Koncepcja „dużych”, zintegrowanych przedmiotów wynika nie tylko z naturalnego dążenia do stworzenia silnego sprzężenia między zajęciami o charakterze teoretycznym i praktycznym, lecz jest także odpowiedzią na postulowane przez studentów ograniczenie liczby wymaganych „wpisów do indeksu”. Jest również zgodna z kształtującymi się międzynarodowymi standardami w tym zakresie.

W tabl. 14 przedstawiono charakterystykę programów studiów w systemie dwustopniowym w roku akademickim 1997/98, a więc w roku, w którym pierwsi studenci podjęli studia II stopnia. Wyznaczono ją na podstawie danych zawartych w informatorach wydziałowych dotyczących studiów I stopnia¹⁷ oraz II stopnia¹⁸. W celu umożliwienia porównań z wcześniej omawianymi programami w tabl. 14 przedstawiono dane dotyczące programu obejmującego etapy A i B studiów I stopnia oraz studia II stopnia — program taki odpowiada jednolitym studiom magisterskim. Dane związane z kształceniem specjalnościowym podano dla specjalności Systemy Pomiarowo-Kontrolne na studiach I stopnia i specjalności Elektronika — uprofilowanie Systemy Pomiarowo-Kontrolne na studiach II stopnia. Liczbę jednostek dydaktycznych w poszczególnych grupach przedmiotów wyznaczono na podstawie wymagań programowych. Tak więc liczba jednostek wspólnych dla całego Wydziału odpowiada w istocie zsumowanej po wszystkich klasach programowych liczbie wspólnych dla wszystkich specjalności jednostek dydaktycznych w poszczególnych klasach. Liczbę jednostek przyporządkowanych poszczególnym formom dydaktycznym wyznaczono na podstawie modelowego planu stu-

¹⁷ Informator o studiach na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej — Rok akademicki 1995/96.

¹⁸ Studia II stopnia na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych, grudzień 1997.

Tablica 14

Charakterystyka programu studiów dwustopniowych w roku akademickim 1997/98

Liczba semestrów	10	
Liczba tygodni zajęć w semestrze	15	
Łączny wymiar zajęć (z pracy dyplomową, bez WF, bez orientacji 2–6), w tym:	240 jd	3600 godz.
przedmioty nietechniczne	32 jd	13,3%
przedmioty techniczne wspólne dla Wydziału	59 jd	24,6%
przedmioty techniczne wspólne dla grupy specjalności	21 jd	8,7%
przedmioty obowiązkowe w klasach związanych ze specjalnością	37 jd	15,4%
przedmioty ograniczonego wyboru (w klasach związanych ze specjalnością i uprofilowaniem)	10 jd	4,3%
kształcenie zindywidualizowane (przedmioty swobodnego wyboru, pracownie, seminarium dyplomowe, praca dyplomowa)	81 jd	33,7%
Formy prowadzenia zajęć (wg planu modelowego, bez pracy dyplomowej):		
wykłady	83 jd	43,9%
zajęcia zintegrowane (lekcje)	21 jd	11,1%
ćwiczenia, seminaria	19 jd	10,1%
laboratoria, pracownie	53 jd	28,0%
projekty	13 jd	6,9%
Liczba przedmiotów technicznych w semestrze (sem. 1–8)	5–7	średnio 5,7
Liczba godzin zajęć w tygodniu (sem. 1–10, bez WF, bez orientacji 2–6)	23–25	średnio 24,0
Praktyki — liczba	0	—

diów. Podana w tabl. 14 liczba przedmiotów w semestrze oraz liczba godzin zajęć w tygodniu odpowiada planowi modelowemu przy założeniu, że przedmioty obieralne mają średnio wymiar 3 jd.

Wprowadzone w roku akademickim 1994/95 programy studiów, związane z systemem studiów dwustopniowych, okazały się — pomimo licznych zastrzeżeń zgłaszanych pod ich adresem — „produktem” zadziwiająco trwałym. Począwszy od roku 1999 studenci podejmujący kształcenie na Wydziale realizują ten sam program co studenci kończący w tym czasie studia magisterskie. Sytuacja taka wystąpiła prawdopodobnie po raz pierwszy w historii Wydziału; studentów rozpoczynających studia obowiązywały poprzednio inne programy niż te, które realizowali najświeżsi absolwenci, a zdarzało się, że różne roczniki studentów kształconych jednocześnie na Wydziale realizowały trzy istotnie różne programy — tak było np. w roku akademickim 1994/95.

Programowa stabilizacja dobiegnie końca już z początkiem roku akademickiego 2001/02. Wyodrębnienie kształcenia na kierunku Informatyka oraz przyjęte zmiany w układzie specjalności na makrokierunku Informatyka, Automatyka i Robotyka, Elektronika i Telekomunikacja wymuszają zmiany programowe. Trwają właśnie intensywne prace nad nowymi programami studiów. Ich celem nie jest jednak gruntowna zmiana koncepcji kształcenia. Co więcej, programy na makrokierunku będą w znacznym stopniu oparte — także ze względów ekonomicznych — na dotychczas realizowanym zestawie przedmiotów. Zmiany — obok eliminowania dostrzeżonych niedostatków — będą zmierzać w kierunku zmniejszenia kosztocłonności procesu dydaktycznego przez częściowe zastępowanie „droższych” form realizacji zajęć formami tańszymi. Jedynie na kierunku Informatyka nastąpią większe zmiany w zestawie przedmiotów w stosunku do studiów prowadzonych obecnie na specjalnościach „informatycznych”, tym bardziej, że autonomia kształcenia na tym kierunku stwarza możliwość względnie bezpiecznych eksperymentów programowych — oczywiście w granicach wyzna-

czonych standardami uczelnianymi i ogólnokrajowymi. Wszystko wskazuje jednak na to, że w najbliższej przyszłości ogólna charakterystyka programów studiów będzie zbliżona do podanej w tabl. 14.

Przedstawiona — w dużym skrócie — historia zmian w programach dziennych studiów magisterskich na Wydziale pozwala „wyłowić” ogólne koncepcje i podstawowe kierunki zachodzących zmian. Dokładniejsza, ilościowa analiza procesów zachodzących w 50-letnim okresie działalności Wydziału wymaga bardziej szczegółowej analizy porównawczej danych umieszczonych w tabl. 10÷14. Dane te, jak już wspomniano na wstępie, odpowiadają informacjom zawartym w materiałach źródłowych pochodzących z różnych okresów, przedstawianym przy różnych założeniach dotyczących sposobu określania przynależności przedmiotów do poszczególnych grup przedmiotów oraz sposobu klasyfikacji różnych typów zajęć; dlatego dokonano próby przekształcenia tych danych do postaci umożliwiającej ilościowe porównania. Wynik takiego przekształcenia przedstawiono w tabl. 15.

Dane podane w tabl. 15 uzyskano przy następujących założeniach:

- Łączna liczba godzin zajęć w programie studiów oraz podział zajęć na poszczególne grupy przedmiotów nie obejmuje konwersatoriów, WF, szkolenia wojskowego, zajęć na ostatnim semestrze bezpośrednio związanych z wykonaniem pracy dyplomowej, natomiast obejmuje pracowni realizowane na wcześniejszych semestrach oraz seminaria dyplomowe. Zajęcia z WF oraz praca dyplomowa są elementami wszystkich rozpatrywanych programów studiów; występowanie w programie studiów szkolenia wojskowego oraz nieobowiązkowych konwersatoriów zostało zaznaczone w tabl. 15 odpowiednimi odnośnikami.
- Proporcje poszczególnych form dydaktycznych zostały określone wyłącznie dla przedmiotów technicznych, bez uwzględniania przedmiotów obieralnych, z wyjątkiem sytuacji, gdy nazwy przedmiotów obieralnych zostały umieszczone w modelowym planie studiów.
- Średnia liczba przedmiotów technicznych w semestrze dotyczy okresu studiów poprzedzającego rozpoczęcie kształcenia indywidualnego w ramach pracowni problemowych.
- Średnia liczba godzin zajęć w tygodniu obejmuje wszystkie zajęcia, na które student powinien uczęszczać, w tym WF, szkolenie wojskowe, zajęcia typu „orientacja”, lecz nie obejmuje nieobowiązkowych konwersatoriów. Wartość tej średniej jest liczona bez uwzględniania semestru dyplomowego.

Należy przypomnieć, że dane w tabl. 15 dotyczą w każdym przypadku szczególnego programu studiów, odpowiadającego specjalności bądź uprofilowaniu związanemu z aparaturą pomiarową. Dane te są jednakże reprezentatywne dla zmian zachodzących w programach studiów na Wydziale.

Analizując zmiany dokonywane w programach kształcenia przez 50 lat działalności Wydziału — część z nich znajduje ilościowe odzwierciedlenie w danych przedstawionych w tabl. 15 — można wyróżnić zmiany o różnym charakterze: stałych tendencji, „nawrotów”, oraz zjawisk przemijających.

Najbardziej widoczną tendencją jest postępująca indywidualizacja programów studiów i sposobów ich realizacji. Proces ten ma kilka aspektów:

- Następuje wyraźne zmniejszanie liczby godzin zajęć w planie studiów. Trend ten nie musi oznaczać zmniejszania faktycznych obciążeń studenta, gdyż odpowiednio sformułowane wymagania mogą wymuszać zwiększony wysiłek związany z samokształceniem. Takie przesunięcie obciążeń jest natomiast korzystne zarówno dla Wydziału (mniejsze koszty prowadzenia zajęć), jak i dla studenta (praca w dogodnych terminach), jeżeli tylko stworzone są odpowiednie warunki umożliwiające samodzielne studiowanie — przede wszystkim możliwość korzystania z bibliotek oraz laboratoriów komputerowych i aparaturowych. Należy zauważyć, że choć liczba godzin zajęć w planie studiów jest obecnie wyraźnie mniejsza niż na studiach dziennych w większości uczelni krajowych, to jednak jest ona nadal wyraźnie większa niż na renomowanych uczelniach zagranicznych.
- Wyraźnie zwiększają się możliwości kształtowania indywidualnego programu studiów, zarówno w zakresie wybranej specjalności, co jest związane z przedmiotami ograniczonego wyboru, jak również w obszarze innych specjalności, a nawet kierunków kształcenia, co jest związane z przedmiotami swobodnego wyboru. Wzrastające możliwości kształtowania indywidualnego programu studiów stwarzają zainteresowanym studentom warunki umożliwiające kształcenie interdyscyplinarne.

Tablica 15

Zmiany w programie studiów magisterskich

Rok akademicki	1966/67	1974/75	1980/81	1992/93	1997/98
Liczba semestrów	10	9	9	10	10
Liczba tygodni zajęć w semestrze	15	16	15	15	15
Łączna liczba godzin zajęć w programie studiów	3825 ^(a)	4112 ^(b)	3375 ^(b)	3255	3300
Procentowy udział poszczególnych grup przedmiotów w programie studiów:					
przedmioty nietechniczne	13,3%	18,6%	20,0%	12,9%	14,6%
przedmioty techniczne wspólne dla Wydziału	65,5%	50,6%	30,2%	23,5%	26,8% ^(e)
przedmioty techniczne wspólne dla kierunku (lub grupy specjalności)	—	—	16,4%	—	9,6%
przedmioty techniczne obowiązkowe dla specjalności oraz uprofilowania	9,0%	10,5%	13,8%	33,2%	16,8%
przedmioty techniczne ograniczonego wyboru (związane ze specjalnością lub uprofilowaniem)	11,4%	—	—	3,7%	4,5%
przedmioty techniczne swobodnego wyboru	—	12,5% ^(c)	10,7%	13,8%	17,7%
przygotowanie do pracy dyplomowej (pracownia, seminarium dyplomowe)	0,8%	7,8%	8,9%	12,9%	10,0%
Procentowy udział poszczególnych form prowadzenia zajęć z przedmiotów technicznych:					
wykłady	46,4%	43,5%	50,0% ^(d)	43,0%	52,8%
zajęcia zintegrowane (lekcje)	—	—	—	12,6%	0,6%
ćwiczenia, seminaria	28,6%	14,7%	20,5%	6,0%	4,5%
laboratoria	24,5%	22,0%	17,3%	21,8%	26,1%
projekty	0,5%	10,7%	1,9%	0,7%	4,5%
pracownia (problemowa, dyplomowa)	—	9,1%	10,3%	15,9%	11,5%
Średnia liczba przedmiotów technicznych w semestrze	4,0	6,7	8,2	7,0	5,7
Średnia liczba godzin zajęć w tygodniu	32,0	33,9	31,4	25,2	25,8
Łączny czas trwania wakacyjnych praktyk i obozów wojskowych	14 tyg.	16 tyg.	16 tyg.	4 tyg.	—

^(a) Dodatkowo szkolenie wojskowe (6 semestrów, po 5 godz. w semestrze).

^(b) Dodatkowo szkolenie wojskowe (2 semestry, po 6 godz. w semestrze).

^(c) Wg planów studiów wydawanych w okresie, kiedy studenci podejmujący studia w roku 1974 rozpoczęli indywidualizację kształcenia (wg opracowania *Program studiów magisterskich dla kierunku Elektronika* — 1974: przedmioty techniczne ograniczonego wyboru — 11,7%, przedmioty techniczne swobodnego wyboru — 0,8%).

^(d) Łącznie wykłady i lekcje.

^(e) Odpowiada zsumowanej po wszystkich klasach programowych liczbie wspólnych dla wszystkich specjalności jednostek dydaktycznych w poszczególnych klasach.

- Tworzone są coraz lepsze warunki do nabywania umiejętności samodzielnego rozwiązywania problemów inżynierskich. Wzrost liczby godzin przeznaczonych na zajęcia typu „pracownia” oznacza zwiększony nacisk na realizowane pod kierunkiem indywidualnego opiekuna naukowego kształcenie o charakterze integrującym zdobytą przez studenta wiedzę i umiejętności. Zajęcia takie są — w miarę możliwości — dostosowywane do indywidualnych zainteresowań studenta.

Analizując dane w tabl. 15 można również zaobserwować tendencję do przechodzenia od modelu kształcenia bardziej ogólnego do modelu kształcenia bardziej specjalistycznego. Uwidacznia się ona w malejącym udziale w programie studiów przedmiotów wspólnych dla całego Wydziału. Do pewnego stopnia jest to proces naturalny, wynikający ze stałego poszerzania obszaru kształcenia na Wydziale i związanego z tym rozszerzania listy oferowanych specjalności. Z drugiej jednak strony nadmierna specjalizacja formuje absolwentów gorzej

przygotowanych do zmieniających się wymagań rynku pracy. Badania prowadzone przez ośrodki zajmujące się zagadnieniami szkolnictwa wyższego wskazują bowiem, że jedynie ok. 25% absolwentów wyższych uczelni podejmuje pracę zgodną z kwalifikacjami odpowiadającymi uzyskanej na studiach specjalności. Zbyt wąska specjalizacja jest ponadto sprzeczna z kształtującymi się międzynarodowymi standardami studiów technicznych w uczelniach akademickich. Wydaje się, że nie ma racjonalnego uzasadnienia, aby liczba formalnie zdefiniowanych specjalności na Wydziale przekraczała 6÷8. Wiedza specjalistyczna może i powinna być natomiast zdobywana w ramach kształcenia indywidualnego w ostatnim etapie studiów.

Ciekawe procesy zachodziły w ciągu ostatniego półwiecza w obszarze nauczania przedmiotów nietechnicznych. Przedmioty tradycyjnie zwane humanistyczno-społecznymi, lecz obejmujące także obszar ekonomii i zarządzania, prowadzone były zawsze w dość dużym wymiarze, przy czym do pewnego czasu wynikało to z pobudek ideologicznych, a później z przekonania społeczności Wydziału o potrzebie stworzenia studentom warunków umożliwiających wszechstronny rozwój intelektualny. Już w latach osiemdziesiątych w wyniku wprowadzenia swobodnej obieralności przedmiotów humanistyczno-społecznych zapewniono studentom możliwość dopasowania oferty programowej do indywidualnych zainteresowań. Należy z zadowoleniem stwierdzić, że pod tym względem programy kształcenia na Wydziale korzystnie wyróżniają się spośród typowych programów studiów w polskich uczelniach technicznych. Różne koleje losu przechodziło natomiast nauczanie języków obcych. Szczególnie wyróżnił się tu okres po roku 1981, kiedy to Ministerstwo zmodyfikowało zatwierdzone rok wcześniej programy studiów, zwiększając w nich wymiar języków obcych do poziomu 400 godzin. Nauczanie języków realizowano wówczas na pierwszych trzech latach studiów, w tym na pierwszym roku w wymiarze 7 godzin w tygodniu. Z drugą skrajną sytuacją mamy do czynienia obecnie. Z przykrością należy stwierdzić, że nigdy w historii Wydziału zakres nauczania języków obcych nie był tak skromny jak teraz. Nie oznacza to, że dzisiejsi absolwenci są w tym zakresie coraz gorzej wykształceni, tym niemniej poziom znajomości języków obcych wśród osób kończących studia na Wydziale pozostawia wiele do życzenia.

Analizując proporcje poszczególnych form dydaktycznych, można dostrzec utrzymujący się, a nawet rosnący udział biernych form kształcenia — wykładów. Ten niekorzystny trend można wytłumaczyć w następujący sposób. Wraz z redukcją liczby godzin zajęć w planach studiów następuje zwiększenie udziału kształcenia realizowanego indywidualnie przez studenta (nie objętego formalnie planem studiów). Samokształcenie takie ma — a przynajmniej powinno mieć — formy aktywne, takie jak samodzielna praca w laboratorium czy choćby studia literaturowe. Tak więc niewielki wzrost procentowego udziału wykładów w planie studiów nie musi oznaczać faktycznego zwiększenia udziału biernych form kształcenia w procesie dydaktycznym.

W okresie 50-letniej działalności Wydziału znaczne zmiany zachodziły w zakresie wykorzystania tradycyjnej formy dydaktycznej, jaką są ćwiczenia audytoryjne. Przez wiele lat ćwiczenia odgrywały istotną rolę w procesie kształcenia. W latach dziewięćdziesiątych znacznie zredukowano liczbę zajęć o tym charakterze, uznając, że większe korzyści dydaktyczne wynikają z innych form prowadzenia zajęć. Doświadczenia — w tym opinie studentów — wskazują jednak, że w niektórych przedmiotach ćwiczenia są niezbędne. W nowych programach studiów, które będą wprowadzone w roku akademickim 2001/02, wymiar ćwiczeń audytoryjnych ulegnie w związku z tym zwiększeniu.

Udział w programach studiów zajęć służących wyrabianiu umiejętności inżynierskich (laboratoria, projekty, pracownie) można od pewnego czasu określić jako znaczny. Przełom w tym zakresie miał miejsce w połowie lat siedemdziesiątych, kiedy to udział tych aktywnych form kształcenia w programach przedmiotów technicznych przekroczył 40%. Po okresie pewnego „cofnięcia się” w latach osiemdziesiątych, w latach dziewięćdziesiątych przywrócono tę proporcję. Stwierdzenie to wymaga jednak — jak się wydaje — pewnego komentarza. Od chwili upowszechnienia technik komputerowych i ich powszechnego wykorzystania w procesie dydaktycznym pojęcie „laboratorium” zmieniło nieco swoje znaczenie. Dzisiejsze „laboratoria”, oparte często na symulacji zjawisk i „wirtualnych pomiarach”, w których zasadniczym interfejsem pomiędzy użytkownikiem i aparaturą jest klawiatura i drukarka, trudno bez zastrzeżeń porównywać z laboratoriami sprzed kilkudziesięciu czy nawet kilkunastu lat, kie-

dy to przedmiotem badań był rzeczywisty obiekt, do realizacji eksperymentu wykorzystywane były rzeczywiste przyrządy pomiarowe, a biegłość w „gałkologii” była bardzo pożądaną umiejętnością. Warto przy okazji zauważyć, że kluczowe decyzje w sprawie wymiaru zajęć laboratoryjnych i projektowych wynikają nie tylko z koncepcji programowych, lecz w równej mierze z uwarunkowań ekonomicznych; zajęcia służące wyrabianiu umiejętności są bowiem zwykle dużo bardziej kosztowne niż zajęcia polegające głównie na przekazywaniu wiedzy. Dlatego też jest niemal pewne, że — właśnie ze względów ekonomicznych — programy studiów wprowadzane w roku akademickim 2001/02 będą zawierać mniej zajęć o charakterze praktycznym.

Nie jest wykluczone, że rozwiązanie niektórych problemów związanych z wysoką kosztownością zajęć laboratoryjnych przyniosą nowe formy zajęć. Eksperymentowanie w tym zakresie należy do dobrych tradycji Wydziału. Obok form konwencjonalnych — wykładów, ćwiczeń, zajęć laboratoryjnych i projektowych — w pewnym okresie popularną formą były zajęcia zintegrowane (lekcje), łączące elementy wykładu, ćwiczeń, a często także zajęć o charakterze projektowym. Oferowane były również konwersatoria — nieobowiązkowe zajęcia o charakterze „wyrównawczym”, umożliwiające słabszym studentom nadrobienie ewentualnych braków w przygotowaniu do studiów bądź zaległości. Możliwości wynikające z wykorzystania nowoczesnych technik informacyjnych w kształceniu zachęcają do poszukiwania niekonwencjonalnych form organizacji i prowadzenia zajęć służących wyrabianiu umiejętności inżynierskich.

Z zagadnieniem utrzymania właściwych proporcji różnych form dydaktycznych wiąże się kwestia definicji „przedmiotu” jako jednostki występującej w planie studiów. Tradycyjnie przyjmowano, że *przedmiot jest to pozycja w planie studiów, dla której przewidziano w indeksie 1 wiersz*.¹⁹ Występowały w tym zakresie liczne zmiany, przy czym wydaje się, że w istocie historia zatoczyła koło. Początkowo mieliśmy głównie „duże”, a nawet bardzo „duże” przedmioty — w latach sześćdziesiątych przedmiot „Matematyka” prowadzony był na 1. semestrze w wymiarze 12 godzin zajęć w tygodniu: 6 godzin wykładów oraz 6 godzin ćwiczeń. Później następowało stopniowe rozdrabnianie przedmiotów — zajęcia laboratoryjne lub projektowe zaczęto traktować jako oddzielne przedmioty. W pewnym okresie rozdzielenie miało również wymiar czasowy — przedmiot obejmujący zajęcia laboratoryjne lub projektowe prowadzony był w semestrze następującym po semestrze, w którym w formie wykładu, niekiedy uzupełnionego ćwiczeniami, przekazywana była wiedza o charakterze teoretycznym. Było to rozwiązanie wygodne ze względów organizacyjnych, jednakże wątpliwe metodycznie ze względu na brak niezbędnego sprzężenia między zajęciami o charakterze teoretycznym i praktycznym. W latach dziewięćdziesiątych nastąpił zatem powrót do idei przedmiotu będącego zintegrowanym modułem programowym, łączącym nabywanie wiedzy z wyrabianiem umiejętności. Zintegrowane przedmioty techniczne, wybierane w liczbie około 5 w semestrze, stanowią element zbliżający system studiów na Wydziale do standardów międzynarodowych.

ORGANIZACJA PROCESU DYDAKTYCZNEGO I ZASADY STUDIOWANIA

Zmiany w organizacji procesu dydaktycznego i zasadach studiowania były często następstwem decyzji podjętych poza Wydziałem, takich jak zmiany w ustawach, aktach prawnych wydanych przez Ministerstwo czy też Regulaminie Studiów w Politechnice Warszawskiej. Omawianie obowiązujących kolejno ustaleń nie byłoby zapewne zbyt interesujące; dlatego też

¹⁹ J. Ebert, J. Hennel, A. Wierzbiński, *Założenia organizacji procesu dydaktycznego na Wydziale Elektroniki PW po reformie programu studiów*, zał. 11 do protokołu RW z 19 czerwca 1973 r.

skupimy się przede wszystkim na tych rozwiązaniach, które miały z jednej strony charakter najbardziej innowacyjny, a z drugiej wywarły największy wpływ na funkcjonowanie Wydziału.

Punktem wyjścia jest, oczywiście, sytuacja we wczesnych latach pięćdziesiątych. Studia charakteryzowały się wówczas ścisłą dyscypliną. Obecność studentów na wykładach i ćwiczeniach była obowiązkowa. Kontrolę obecności przeprowadzali starostowie grup studenckich. Rejestracja na kolejny semestr wymagała odrobienia wszystkich zajęć i zdania wszystkich egzaminów występujących w planie studiów bieżącego semestru. Obowiązywał ponadto nakaz rozpoczęcia pracy zawodowej bezpośrednio po ukończeniu studiów — „przydział pracy” realizowany był przez pełnomocnika ds. zatrudnienia o znacznych kompetencjach, z przymusowym skierowaniem do pracy włącznie.

Mimo tych ograniczeń, potencjalnie zniechęcających do podejmowania studiów, rosnące potrzeby gospodarki narodowej, utrwalony w ówczesnej świadomości społecznej wysoki prestiż zawodu inżyniera — zwłaszcza absolwenta studiów magisterskich, oraz atrakcyjna oferta programowa powodowały prawdziwy zalew kandydatów na studia na Wydziale. W latach sześćdziesiątych liczba chętnych do podjęcia studiów magisterskich wielokrotnie przewyższała możliwości kształcenia i wynikające stąd limity przyjęć na pierwszy rok studiów.

Aby choć w części zaspokoić rosnące oczekiwania społeczne, władze Wydziału pod kierunkiem ówczesnego Dziekana, Stanisława Sławińskiego, zainicjowały daleko idącą reformę organizacji studiów i rekrutacji. Polegała ona na wprowadzeniu zasady rekrutowania kandydatów na studia dwukrotnie w każdym roku akademickim. Połowa studentów przyjętych w danym roku akademickim rozpoczynała studia w październiku, a druga połowa — w lutym. Ten sposób rekrutacji, zastosowany po raz pierwszy wobec kandydatów, którzy rozpoczęli studia w roku akademickim 1966/67, funkcjonuje do dziś. Zmieniła się jedynie organizacja akcji rekrutacyjnej. Początkowo prowadzona była ona dwa razy w roku, obecnie podstawą ustalenia listy kandydatów przyjętych na studia od października i od lutego jest jeden sprawdzian odbywający się w pierwszych dniach lipca.

Wraz ze zmianą organizacji systemu rekrutacji wprowadzono nowy sposób przeprowadzania akcji rekrutacyjnej. Od roku 1966 egzamin wstępny miał charakter wyłącznie egzaminu pisemnego. Prace sprawdzane były przy zachowaniu anonimowości kandydata, a postępowanie kwalifikacyjne było oparte na komputerowym przetwarzaniu danych o wynikach egzaminu. Stanowiło to zasadniczy przełom w sytuacji, kiedy w opinii społecznej panowało dość powszechnie przekonanie, że najważniejsze są „układy” i „dojścia”. System rekrutacji opracowany na Wydziale Elektroniki został później, w połowie lat siedemdziesiątych, udoskonalony i upowszechniony w skali Uczelni.

Akcja rekrutacyjna wzbudzała zawsze olbrzymie zainteresowanie. Na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych w czasie tygodnia egzaminacyjnego (egzamin wstępny trwał pięć dni i obejmował zadania z matematyki, zadania z fizyki, język obcy, test z matematyki, test z fizyki) trawnik przed gmachem Wydziału, z którego gdzieś wystawały mające wtedy nie więcej niż 2 metry wysokości drzewka, przekształcał się w pole biwakowe, na którym koczowali kandydaci oczekujący na rozpoczęcie egzaminów (egzaminy rozpoczynały się wówczas zwykle wczesnym popołudniem). Towarzyszyły im zastępy rodziców i opiekunów, niecierpliwie oczekujących, niekiedy do późnych godzin wieczornych lub nocnych, na swoje pociechy i ogłoszenie wyników sprawdzianów z kolejnych przedmiotów. Wśród rozmaitych zajęć czas umilało studiowanie „humoru zeszytów”, tzn. co dowcipniejszych cytatów z prac egzaminacyjnych.

Konsekwencją cosemestralnej rekrutacji było prowadzenie w każdym semestrze wszystkich przedmiotów znajdujących się w planie studiów. Ten system organizacji kształcenia, do dziś mający unikatowy charakter, pozwolił dzięki lepszemu wykorzystaniu zasobów Wydziału — przede wszystkim laboratoriów dydaktycznych — istotnie zwiększyć limity rekrutacyjne. Wiązało się to oczywiście ze zwiększonym wysiłkiem ze strony nauczycieli akademickich. Wprowadzony system — oprócz możliwości zwiększenia liczby studentów — miał też inne zalety: prowadził do bardziej równomiernego rozkładu obciążeń nauczycieli w poszczególnych semestrach, a także stwarzał studentom, którzy nie spełnili wymagań rekrutacyjnych, możliwość powtarzania jednego semestru, a nie całego roku akademickiego.

Kolejne istotne zmiany w organizacji procesu dydaktycznego były następstwem przeprowadzonych na początku lat siedemdziesiątych przeobrażeń strukturalnych na Uczelni i na

Wydziale. Utworzone wówczas instytuty przejęły z czasem pełną odpowiedzialność za organizację kształcenia studentów starszych semestrów; w szczególności zastępcy dyrektorów ds. nauczania przejęli część uprawnień i obowiązków prodziekanów. Funkcja Wydziału w odniesieniu do końcowego etapu studiów magisterskich ograniczała się w zasadzie do koordynacji działań poszczególnych instytutów.

Przeprowadzona nieco później, pod koniec pierwszej połowy lat siedemdziesiątych, reforma programowa, charakteryzująca się szeroką indywidualizacją programów studiów, wymagała z kolei odpowiednich rozwiązań organizacyjnych w zakresie tworzenia oferty i uruchamiania przedmiotów obieralnych. Przyjęto zasadę, że zestaw i zawartość treściowa przedmiotów obieralnych będą ulegały ewolucyjnym zmianom. Propozycje przedmiotów były zgłaszane przez instytuty, a wstępna ich lista podawana do wiadomości studentów z wyprzedzeniem co najmniej semestralnym. Studenci w porozumieniu ze swoimi opiekunami naukowymi wybierali przedmioty, przy czym przyjęto jako zasadę, że *przy wykonywaniu takiego wyboru ostateczna decyzja należy do studenta*.²⁰ Zasada ta, zaaprobowana przez Ministerstwo, stanowiła rzadki w owych czasach przejaw daleko idącej „deregulacji” w procesach decyzyjnych w szkolnictwie wyższym. Zgłoszenia studentów stanowiły podstawę do ustalenia listy przedmiotów uruchamianych w danym semestrze. Lista taka była złożeniem list opracowanych przez poszczególne instytuty i formalnie zatwierdzana przez Dziekana.

Ukształtowane w latach siedemdziesiątych podstawowe zasady organizacyjne związane z tworzeniem oferty przedmiotów oraz indywidualnych programów studiów obowiązują do dziś. Zmieniły się nieco jedynie ustalenia kompetencyjne — decyzje o wprowadzeniu proponowanego przez instytut przedmiotu do oferty w danym semestrze i o uruchomieniu przedmiotu podejmuje obecnie Prodziekan ds. Nauczania.

W pierwszej połowie lat siedemdziesiątych nastąpiły też inne zmiany w organizacji procesu dydaktycznego na Wydziale.²¹ Ustalono szczegółowe zasady przeprowadzania egzaminów oraz wystawiania ocen z przedmiotów „egzaminacyjnych” i „zaliczeniowych”. Zrezygnowano m.in. z wcześniej obowiązującego wymagania, że pozytywna ocena z ćwiczeń lub laboratorium stanowi warunek dopuszczenia do egzaminu. Zdefiniowano zasady rejestracji, a w szczególności zasady postępowania w przypadku niespełnienia przez studenta warunków rejestracji na kolejny semestr. Określono zasady realizacji i rozliczania różnych rodzajów zajęć dydaktycznych, wyróżniając przy tym następujące ich formy: wykłady, wykłady obieralne, wykłady monograficzne, ćwiczenia audytoryjne, konwersatoria (zajęcia w małych grupach, niezwiązane z wykładem, np. konwersatoria językowe), ćwiczenia projektowe, projekty, laboratoria podstawowe, laboratoria specjalizowane, pracownie problemowe, pracownie dyplomowe oraz seminaria dyplomowe.

W latach siedemdziesiątych została dokonana także zmiana regulaminowa wprowadzająca tzw. urlop z pracą zamiast powtarzania semestru. Student, który nie zaliczył dwóch lub większej liczby przedmiotów uzyskiwał semestralny urlop, podczas którego miał obowiązek nadrobić zaległości. Ponieważ egzaminy można było zdawać tylko w sesji, w celu „wypełnienia” wolnego czasu student był kierowany do pracy w zakładzie przemysłu elektronicznego. Praca ta była później rozliczana jako praktyka znajdująca się w programie studiów. Urlop z pracą miał tę zaletę, że umożliwiał studentom z niego powracającym kontynuację studiów na kolejnym semestrze bez zaległości.

W roku akademickim 1975/76 Wydział podjął kolejną w swej historii istotną inicjatywę w zakresie reorganizacji systemu studiów — wprowadzono Wstępne Studia Kwalifikacyjno-Przemienne (WSKP). Ta modyfikacja organizacji studiów polegała na tym, że kandydaci z najlepszymi wynikami na egzaminie wstępnym przyjmowani byli na „normalne” dzienne studia magisterskie (do połowy limitu przyjęć), zaś wszyscy pozostali, którzy zdali egzamin wstępny, byli przyjmowani warunkowo na roczne studia WSKP, przy czym zobowiązani byli — łącząc naukę z pracą w zakładach przemysłu elektronicznego — zrealizować program pierwszego semestru „normalnych” studiów dziennych. Zajęcia na tych studiach odbywały się w formie

²⁰ Program studiów magisterskich dla kierunku Elektronika, Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, 1974.

²¹ J. Ebert, J. Hennel, A. Wierzbicki, Założenia organizacji procesu dydaktycznego na Wydziale Elektroniki PW po reformie programu studiów, zał. 11 do protokołu RW z 19 czerwca 1973 r.

czterotygodniowych sesji, obejmujących dwa tygodnie zajęć na uczelni i dwa tygodnie praktyki przemysłowej (stąd studia „przemienne”: na przemian nauka i praktyka). Pomyślnie ukończenie WSKP gwarantowało przyjęcie na drugi semestr dziennych studiów magisterskich w kolejnym roku akademickim (stąd studia „kwalifikacyjne”). Tak zorganizowane studia WSKP stały się zatem — alternatywną wobec egzaminu wstępnego i stosowaną równoległe — formą sprawdzenia przydatności kandydatów do studiów wyższych i kwalifikowania na stacjonarne studia magisterskie. Stwarzały one możliwość bardziej płynnego i mniej stresującego przejścia od nauki w szkole średniej do studiowania w szkole wyższej. Zespół, który zaproponował tę formę studiów i wdrożył ją do praktyki wydziałowej (Andrzej Wierzbicki, Adam Piątkowski, Tomasz Jamrógiwicz), otrzymał za to w roku 1977 zespołową nagrodę I stopnia Ministra Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki.

W roku akademickim 1981/82 program WSKP uległ zmianie — studia skrócono do jednego semestru, który był traktowany jako wyrównawczy semestr zerowy, umożliwiający ewentualne nadrobienie braków wyniesionych ze szkoły średniej. Dla kandydatów, którzy zaliczyli semestr zerowy, semestr pierwszy miał już charakter stacjonarny. Zachowana została jednak wciąż podstawowa idea systemu — umożliwiał on bardziej wszechstronne sprawdzenie potencjalnych możliwości kandydatów niż tradycyjny egzamin wstępny, premiując nie tyle umiejętności zdawania egzaminów, co wolę realizacji obowiązków studenta. Stwarzało to absolwentom szkół średnich możliwość łatwiejszej adaptacji w środowisku akademickim i wyrównywało szanse kandydatów z różnych środowisk społecznych, bez uciekania się do realizowanej wcześniej — prowadzącej niekiedy do patologicznych zachowań — idei punktów preferencyjnych „za pochodzenie”. Ten sposób rekrutacji przetrwał kilkanaście lat — z semestru zerowego zrezygnowano dopiero we wczesnych latach dziewięćdziesiątych.

Oprócz planowych działań w zakresie organizacji procesu dydaktycznego, niekiedy zachodziła potrzeba stosowania rozwiązań doraźnych, spowodowanych nagłymi, nieprzewidywanymi wydarzeniami. Takim wydarzeniem był proklamowany przez Niezależne Zrzeszenie Studentów strajk okupacyjny na przełomie listopada i grudnia 1981 r., a następnie trwające ponad miesiąc przymusowe wakacje zimowe związane z wprowadzeniem stanu wojennego. Podjęto liczne działania umożliwiające odrobienie straconych zajęć i zakończenie roku akademickiego w przewidzianym terminie. Niekiedy specjalne regulacje związane były ze znacznie mniej dramatycznymi wydarzeniami. W roku akademickim 1986/87 z powodu ostrej zimy i niedogrzaną Gmachu oraz DS Riviera kilkakrotnie zwieszane były zajęcia dydaktyczne — w sumie na okres 2 tygodni. Masowe przeziębienia wśród studentów i nauczycieli, a także związane z tym absencje spowodowały konieczność wprowadzenia awaryjnego rozkładu zajęć oraz wyznaczenia dodatkowych terminów egzaminów w sesji zimowej.

Gruntowne zmiany w organizacji procesu dydaktycznego i zasadach studiowania przyniosła reforma systemu studiów, której wdrażanie rozpoczęto w roku akademickim 1990/91. Wraz z nowymi zasadami definiowania wymagań programowych, stwarzającymi bogate możliwości indywidualizowania programu studiów, wprowadzono obowiązującą do dziś „zasadę elastycznego studiowania”. Zgodnie z tą zasadą każdy student uzyskał możliwość regulowania, w pewnym zakresie, tempa studiowania, tzn. decydowania o liczbie i zestawie przedmiotów tworzących indywidualny plan studiów w poszczególnych semestrach. Przy tworzeniu indywidualnego planu studiów obowiązują oczywiście pewne ograniczenia. Wynikają one przede wszystkim z ustalenia maksymalnego dopuszczalnego czasu realizacji wymagań programowych bieżącego etapu studiów oraz przyjętego sposobu kontroli postępów studiów.

Kontrola postępów studiów jest realizowana po zakończeniu każdego semestru. Obejmuje ona przede wszystkim sprawdzenie, czy student osiągnął wymagany minimalny stopień zaawansowania studiów, tzn. czy łączna liczba jednostek dydaktycznych uzyskanych od początku studiów (oraz, dodatkowo, liczba jednostek w określonej grupie przedmiotów kierunkowych) nie jest mniejsza od ustalonej wartości. Ponadto sprawdza się, czy średnia z ocen studenta, liczona od początku studiów (średnia skumulowana), nie jest mniejsza niż ustalona wartość. Student, który nie spełnia wymagań określonych w procedurze kontroli postępów studiów, zostaje skreślony.

Realizacja podstawowej idei elastycznego toku studiów, jaką jest możliwość dostosowania tempa studiowania do indywidualnych predyspozycji, preferencji i innych czynników wpływających na przebieg studiów, przynosi wiele korzyści. W szczególności:

- dobry student może uzyskać dyplom w czasie krótszym niż nominalny czas trwania studiów,
- eliminowane są występujące w „sztywnych systemach” rozwiązania nielogiczne (słabszy student, uzyskujący warunkową rejestrację, ma większe obciążenia niż jego bardziej zdolni koledzy) oraz sprzyjające zachowaniom patologicznym (fikcyjne uzasadnienia konieczności uzyskania urlopu),
- słabszy student, po zidentyfikowaniu potencjalnych problemów, może rejestrować się w poszczególnych semestrach na mniej przedmiotów niż to wynika z modelowego planu studiów i dzięki temu uzyskiwać wszystkie wymagane zaliczenia, a w konsekwencji ukończyć studia z dobrym wynikiem,
- zmniejszając swoje obciążenia, student może stworzyć warunki umożliwiające podjęcie pracy zarobkowej na część etatu,
- dobry, a nawet średni student może złożyć „pusty” formularz rejestracyjny i wziąć w ten sposób jedno- lub dwusemestralny urlop, np. w celu podjęcia pracy w wymiarze pełnego etatu, bez konieczności przerwania studiów i związanej z tym utraty praw studenckich.

Korzystanie z wymienionych możliwości staje się coraz bardziej istotne w związku z rosnącymi dysproporcjami w poziomie przygotowania maturzystów do studiów wyższych i postępującym zróżnicowaniem możliwości finansowych studentów.

Uruchomienie studiów II stopnia, a następnie studiów III stopnia stworzyło konieczność opracowania nowych regulacji, nie występujących w tradycyjnym systemie jednolitych studiów magisterskich i niezależnie funkcjonujących studiów doktoranckich.^{22,23} W elastycznym systemie studiów trzystopniowych kluczowe znaczenie ma m.in. wprowadzenie odpowiednich zasad transferowania osiągnięć, tzn. uznawania przedmiotów zaliczonych przez studenta w ramach innych rodzajów studiów. Transferowanie osiągnięć na Wydziale odbywa się m.in.:

- przy zmianie przez studenta rodzaju studiów na Wydziale, tzn. przy przeniesieniu ze studiów I stopnia na studia II stopnia lub ze studiów II stopnia na studia III stopnia, ze studiów dziennych na wieczorowe itp., ale także przy zmianie grupy specjalności lub specjalności;
- przy przyjmowaniu na odpowiedni semestr studiów na Wydziale osoby studiującej poprzednio w na innym wydziale PW lub na innej uczelni;
- w przypadku odbycia przez studenta pewnego okresu studiów, np. semestru lub roku, poza Wydziałem, w szczególności na uczelni zagranicznej;
- w przypadku zaliczenia przez studenta pojedynczych przedmiotów poza Wydziałem.

Transferowanie osiągnięć w systemie studiów trzystopniowych jest ułatwione przez to, że wymagania programowe sformułowane są przy użyciu klas tematycznych. Umożliwia to analizę osiągnięć studenta na poziomie klas tematycznych — bez szczegółowego badania zakresu programowego poszczególnych przedmiotów zaliczonych przez studenta. Ze względu na wzrastające znaczenie współpracy międzynarodowej, a zwłaszcza w perspektywie integracji z Unią Europejską, funkcjonujący na Wydziale od kilku lat system transferowania osiągnięć jest obecnie modyfikowany tak, aby był zgodny z przyjętym w większości krajów europejskich standardem ECTS (*European Credit Transfer System*).

Wybór specjalności na studiach I stopnia oraz procedura rekrutacji na studia II stopnia stwarzają możliwości ustanowienia rozwiązań sprzyjających poprawie jakości kształcenia. Ustalenie średniej skumulowanej (ważonej średniej z ocen) jako podstawowego kryterium, na podstawie którego podejmowane są decyzje kwalifikacyjne, stanowi dla wszystkich studentów zachętę do efektywnej pracy. W przypadku podziału studentów na specjalności przyjęcie zasady ustalania priorytetów według wyników studiów wyrównuje szanse zdolnych studentów mających gorsze warunki przygotowania do podjęcia kształcenia i dostania się na preferowaną specjalność podczas rekrutacji na studia.

²² *Studia II stopnia na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych*, grudzień 1997.

²³ *Studia III stopnia na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych*, grudzień 2000.

ORGANIZACJE STUDENCKIE

Historia działalności organizacji studenckich na Wydziale charakteryzuje się — tak jak cały system kształcenia — ciągłymi zmianami; zmieniały się nazwy, struktury, zakres działalności; dużym fluktuacjom podlegała liczba członków. W przypadku organizacji o zasięgu ogólnopolskim, mających swoje struktury na Uczelni i na Wydziale, zmiany te wynikały głównie z decyzji politycznych. W przypadku klubów i kół zainteresowań były wypadkową ogólnej aktywności środowiska studenckiego w kraju oraz indywidualnych inicjatyw studentów Wydziału.

Utworzenie Wydziału Łączności pociągnęło za sobą wyodrębnienie ze struktur uczelnianych wydziałowych kół organizacji o charakterze ogólnopolskim: Związku Młodzieży Polskiej, Zrzeszenia Studentów Polskich oraz Akademickiego Związku Sportowego.

Związek Młodzieży Polskiej (ZMP) był organizacją polityczno-wychowawczą zrzeszającą większość studentów — przynależność do tej organizacji stanowiła wówczas podstawowy wskaźnik pozytywnego stosunku do PRL-owskiej rzeczywistości. Tylko nieliczni mogli pozwolić sobie na luksus pozostawania poza tą organizacją. Jeden z takich „nienależących”, późniejszy Dziekan Wydziału, Jan Ebert, wspomina²⁴: *Gdy po wielu latach spotkałem jednego z moich kolegów, byłych aktywistów, nie omieszkałem podczas wspominkowej rozmowy spytać: „jakim cudem tolerowaliście takiego niezrzeszonego? Odpowiedź była natychmiastowa i prosta: „zmieścicie się w jednoprocentowym limicie pozytywnych niezorganizowanych”. Widocznie 1 procent ustalono jako bezpieczny, nie zagrażający podstawom ustrojowym [limit niezrzeszonych]. Oprócz bieżącej pracy politycznej z młodzieżą, realizowanej m.in. w formie systematycznych „prasówek” oraz zebrań szkoleniowych, działacze ZMP przedstawiali opinie w sprawach dotyczących studentów władzom Wydziału oraz nauczycielom pełniącym funkcje opiekunów poszczególnych lat studiów. Wydziałowa organizacja ZMP podejmowała także działalność poza Uczelnią. Wspólnie z młodzieżą ze środowisk robotniczo-chłopskich organizowane były wieczorki kulturalno-oświatowe oraz zbiorowe wyjazdy na wieś do prac polowych, głównie na wykopki. Wolny czas studentów wypełniała w znacznej części tzw. praca społeczna. Ówczesny student, a późniejszy dyrektor Instytutu Telekomunikacji, Zenon Baran, wymienia następujące formy tej pracy²⁵: udział w odbudowie Warszawy (najczęściej było to usuwanie gruzów — w wymiarze symbolicznym), zbieranie podpisów mieszkańców Warszawy pod Apelem Sztokholmskim w obronie pokoju, wyszukiwanie analfabetów, udział w akcji żniwnej podczas praktyk wakacyjnych, czy organizowanie występów artystycznych dla mieszkańców elektryfikowanych wsi lub dla załóg fabrycznych, udział w przygotowaniu Międzynarodowego Festiwalu Młodzieży i Studentów (1955 r.).*

Prawie wszyscy studenci Wydziału należeli także do Zrzeszenia Studentów Polskich (ZSP), które zajmowało się głównie sprawami socjalno-bytowymi i prowadziło działalność kulturalną.

ZMP i ZSP, stawiając sobie za cel poprawę skuteczności studiowania, współpracowały przy bieżącej kontroli wyników nauczania i organizowaniu doraźnej pomocy koleżeńskiej dla studentów mających kłopoty z nauką. Czas zebrań grupowych ZMP poświęcony był w znacznej części ocenie bieżących postępów w realizacji programu studiów.

Akademicki Związek Sportowy (AZS), będący organizacją niezależną, luźno współpracującą z ZSP, zajmował się propagowaniem kultury fizycznej i sportu. Z ramienia AZS na Wydziale działał tzw. organizator sportu.

Do określenia działalności organizacji młodzieżowych w oficjalnych dokumentach i wystąpieniach używano wówczas dość często — podobnie jak dziś — terminu „ruch młodzieżowy”. Określenie to, sugerujące swobodę wykonywania posunięć, było jednak w omawianym okresie wysoce nieadekwatne — organizacje młodzieżowe zobowiązane były do ścisłego realizowania przychodzących „z góry” zadań i poleceń.

²⁴ J. Ebert, *50 lat na Politechnice Warszawskiej*, Miesięcznik Politechniki Warszawskiej, nr 9(33), str. 1–4, wrzesień 2000.

²⁵ Z. Baran, *Na 50-lecie Wydziału Łączności Politechniki Warszawskiej*, rękopis, 2001.

Istotne znaczenie dla działalności organizacji młodzieżowych miały zmiany polityczne, które zaszły w roku 1956. W miejsce rozwiązanego Związku Młodzieży Polskiej powstały: Związek Młodzieży Socjalistycznej (ZMS) i Związek Młodzieży Wiejskiej (ZMW), lecz aktywność tych nowych organizacji i liczba ich członków wykazywały tendencję spadkową. Nastąpiła natomiast aktywizacja Zrzeszenia Studentów Polskich. Pojawiły się nowe formy działalności. Zorganizowano samopomoc studencką w postaci kas zapomogowo-pożyczkowych. Działały studenckie punkty usługowe. Pierwszy taki punkt, *Maniusz*, powstały na Politechnice Warszawskiej w roku 1956, świadczył usługi dla ludności w zakresie pomocy w przeprowadzkach, sprzątanii itp. Tak jak dawniej, organizowano wycieczki krajowe i zagraniczne, których koszt był dostosowany do możliwości finansowych studentów, lecz zasięg imprez był znacznie większy — zorganizowano nawet wycieczkę objazdową po Europie. Pojawiły się inicjatywy integrujące środowisko Wydziału, takie jak wycieczka naukowo-turystyczna „Bigos w Chęcinach”, w której obok studentów uczestniczyli pracownicy. Po wybudowaniu nowego gmachu przez wiele lat organizowano w nim bale sylwestrowe, a później także bale wiosenne. Tradycyjnie Zrzeszenie zajmowało się również sprawami socjalnymi. Starania o poprawę warunków bytowych studentów miały niekiedy osobliwą formę. W opracowaniu *Historia i dorobek Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej 1977–1986*, w rozdziale „Organizacje studenckie” napisanym przez jednego z aktywnych działaczy organizacji młodzieżowych, znajdujemy takie oto stwierdzenie: *Elementem walki o stypendia było zmobilizowanie przez Radę Wydziałową ZSP ok. 800 studentów do udziału w pochodzie pierwszomajowym w 1963 roku. Tak masowy udział stanowił manifestację liczebności Wydziału i był ważkim argumentem w tej sprawie.* Różnorodne formy działalności ZSP przyciągały wielu nowych członków. ZSP stało się faktycznym rzecznikiem interesów studentów we wszystkich dziedzinach życia Wydziału, a także wyrazicielem opinii tego środowiska. Jedną z form oceny przez studentów procesu kształcenia były plebiscyty na najlepszego nauczyciela akademickiego.

Nie bez wpływu na działalność organizacji młodzieżowych na Wydziale pozostały, oczywiście, wydarzenia z marca 1968 roku. Zarząd Uczelniany Związku Młodzieży Socjalistycznej podjął decyzję o rozwiązaniu Zarządu Wydziałowego ZMS, jako powód podając *sprzeczną ze statutem działalność w okresie od grudnia 1967 do marca 1968*. Powołano władze komisaryczne i przeprowadzono weryfikację członków. Po pewnym czasie jednak organizacja zaczęła „odżywać”. Jeszcze w 1968 roku wydano pierwszy numer *Wolnej Trybuny* — opracowywanej i wydawanej pod patronatem ZMS gazetki ściennej o charakterze publicystycznym. Po roku gazetkę nazwano *Gaduła* i zmieniono jej charakter — zaczęły się w niej pojawiać utwory poetyckie oraz rysunki i teksty satyryczne. Po rozwiązaniu ZMS *Gaduła* stała się organem niezależnym, nie związanym z żadną organizacją. Wydawano ją do roku 1981. W tym czasie Zrzeszenie Studentów Polskich nadal rozszerzało formy swojej działalności. W roku 1970 z inicjatywy Rady Wydziałowej ZSP rozpoczęła się współpraca studentów wydziałów o profilu elektronicznym Politechniki Warszawskiej, Politechniki Gdańskiej, Politechniki Wrocławskiej oraz Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy — współpraca 4 x E, a później po dołączeniu się Politechniki Krakowskiej — 5 x E. Organizowano zawody sportowe, imprezy kulturalne oraz obozy w czasie ferii i wakacji.

W roku 1973 w wyniku realizacji politycznej koncepcji scalania ruchu młodzieżowego doszło do połączenia ZSP, ZMS i ZMW w jedną organizację — Socjalistyczny Związek Studentów Polskich (SZSP). Organizacja ta przejęła założenia programowe ZSP, „wzbogacając” je o pracę szkoleniową wynikającą z przyjętej deklaracji ideowej. Nowo utworzoną organizację obdarzano początkowo niechęcią, jednak pod koniec lat siedemdziesiątych do SZSP należała już większość studentów. Przedstawiciele Rady Wydziałowej SZSP reprezentowali studentów na posiedzeniach Rady Wydziału, Kolegium Dziekańskiego, a do roku 1976 także na posiedzeniach kolegiów instytutowych. Zasięganie opinii organizacji studenckiej stało się elementem procesów decyzyjnych. Pozytywna opinia organizacji studenckiej była, w szczególności, warunkiem zatrudnienia nauczyciela akademickiego. Przedstawiciele Rady Wydziałowej SZSP, obok starosty grupy, wypowiadali się także w sprawach decyzji rejestracyjnych. Pod auspicjami Komisji Nauki Rady Wydziałowej SZSP wznowiono plebiscyt na najlepszego wykładowcę, któremu wręczano „Złotą Kredę”. Kontynuując tradycyjne formy dzia-

łałości ZSP, Rada Wydziałowa SZSP organizowała imprezy kulturalne, m.in. wiosenne bale Wydziału w klubie Stodoła, bale półmetkowe dla studentów 5. semestru oraz majowe festyny na statku płynącym po Wiśle. Pod patronatem SZSP organizowano także międzynarodową wymianę studentów odbywających praktyki w czasie wakacji — wymiana dotyczyła uczelni technicznych w NRD, ZSRR i na Węgrzech.

Kolejne zmiany w ruchu młodzieżowym przyniosły wydarzenia polityczne, jakie miały miejsce w roku 1980. We wrześniu 1980 r. powstało w kraju Niezależne Zrzeszenie Studentów (NZS), a już w październiku komórka tej organizacji działała na Wydziale. W tym samym czasie pojawiła się idea powołania Samorządu Studenckiego jako reprezentacji wszystkich studentów Wydziału. W pracach nad regulaminem Samorządu uczestniczyli przedstawiciele SZSP, NZS oraz studentów niezrzeszonych, a pierwsze wybory reprezentantów Samorządu na Wydziale przeprowadzono na jego podstawie w czerwcu 1981 r. Komisje Samorządu zaczęły stopniowo przejmować sprawy socjalne oraz reprezentowanie interesów studentów wobec władz Wydziału. Było to m.in. wynikiem wyraźnego upolitycznienia działalności SZSP i NZS. Organizacje te skupiały się głównie na formułowaniu stanowisk wobec zmian zachodzących w kraju. W listopadzie 1981 r. NZS ogłosiło strajk studencki; strajkujący postulowali m.in. uchwalenie nowej ustawy o szkolnictwie wyższym.

Wprowadzenie stanu wojennego spowodowało zawieszenie działalności wszystkich organizacji studenckich. W styczniu 1982 r. zawieszono także działalność Samorządu. Rozwiązano Niezależne Zrzeszenie Studentów.

Przerwa w działalności organizacji młodzieżowych nie trwała zbyt długo. Socjalistyczny Związek Studentów Polskich wznowił działalność w maju 1982 r., lecz już w listopadzie Kongres SZSP podjął decyzję o rozwiązaniu tej organizacji. Utworzono w zamian nową organizację — Zrzeszenie Studentów Polskich (ZSP), nawiązującą w swej deklaracji programowej do tradycji Zrzeszenia, które istniało do roku 1973. W roku akademickim 1982/83 wznowił także działalność Samorząd Studencki, jednakże jego funkcjonowanie przerwało w roku 1985 wejście w życie *Ustawy o zmianie ustawy o szkolnictwie wyższym*, stanowiącej o zakończeniu kadencji organów samorządów studenckich. Jedynym reprezentantem interesów środowiska studenckiego stało się Zrzeszenie Studentów Polskich. Wydziałowa Rada ZSP — współdziałając z władzami Wydziału i agendami studenckimi działającymi na terenie domów studenckich — uczestniczyła m.in. w opracowywaniu i realizowaniu *Wydziałowego planu działalności wychowawczej*. Opracowywanie takiego planu było corocznym obowiązkiem władz Wydziału, zniesionym dopiero w roku akademickim 1989/90 w efekcie ogólnych zmian zachodzących w kraju na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych.

W kwietniu 1987 r. opracowano nowy Regulamin Samorządu Studentów Politechniki Warszawskiej, który został zaakceptowany przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego. W grudniu 1987 ukonstytuowała się Wydziałowa Rada Samorządu Studenckiego (WRSS). Od tego czasu WRSS prowadzi aktywną działalność, wykorzystując swoje komisje, które zajmują się sprawami dydaktycznymi, sprawami zakwaterowania w domach studenckich, pomocą materialną dla studentów, sprawami zagranicznymi, organizacją życia kulturalnego, sportu i turystyki. WRSS uczestniczy w niektórych działaniach inicjowanych przez władze Wydziału; w szczególności przedstawiciele Samorządu Studenckiego biorą aktywny udział w organizowaniu akcji informacyjnej dla kandydatów na studia. W roku 1996 odrodził się pomysł wydawania gazetki studenckiej przeznaczonej dla studentów Wydziału — z inicjatywy WRSS rozpoczęto wydawanie *Oscyloskopu*. Kolejne numery *Oscyloskopu* ukazują się przeciętnie raz w miesiącu, z wyjątkiem miesięcy wakacyjnych; w ciągu 5 lat wydawania pisma ukazało się jego 50 numerów.

Okres po reaktywowaniu działalności Samorządu Studenckiego w końcu lat osiemdziesiątych był czasem burzliwych wydarzeń w działalności organizacji studenckich. Wiosną 1989 roku w wielu ośrodkach akademickich miały miejsce demonstracje studenckie, których powodem były pogarszające się warunki socjalne i kwestie polityczne. Odpowiedzią na odmowę rejestracji Niezależnego Zrzeszenia Studentów przez Sąd Wojewódzki był strajk okupacyjny proklamowany przez tę organizację, który był przyczyną kilkudniowej przerwy w zajęciach na Wydziale w maju 1989 roku. Rejestracja NZS uspokoiła panującą sytuację. Zrzeszenie kontynuowało swą działalność. Cenną formą jego aktywności było zorganizowa-

nie i prowadzenie na terenie Wydziału biblioteki zawierającej wiele interesujących pozycji książkowych i innych materiałów. NZS przyciągał przede wszystkim studentów zaangażowanych w działalność polityczno-społeczną, toteż stabilizacja sytuacji politycznej dokonująca się w latach dziewięćdziesiątych osłabiła aktywność tej organizacji. W roku 1989 została zarejestrowana nowa organizacja studencka — Stowarzyszenie Katolickiej Młodzieży Akademickiej „Soli Deo”.

Obok organizacji o zasięgu ogólnopolskim w 50-letniej historii Wydziału powstawały z inicjatywy grup studentów liczne kluby i koła zainteresowań. Niektóre z nich działały przez krótki czas, aż do wyczerpania energii twórców i ich następców, inne natomiast przetrwały i funkcjonują do dziś.

W roku 1965 rozpoczął działalność Przegląd Akademickich Filmów Oświatowo-Naukowych, który przekształcił się w Kino Filmów Krótkometrażowych „KaFKa”, a po kilku latach w Dyskusyjny Klub Filmowy „KAFKA”. Działalność miłośników sztuki filmowej zanikła w połowie lat siedemdziesiątych.

W roku 1970 powstał wydziałowy klub studencki „Amplitron”, działający początkowo pod patronatem ZSP. Celem klubu było organizowanie imprez kulturalnych przeznaczonych przede wszystkim dla studentów Wydziału. Działacze klubowi wykazywali szczególną aktywność w latach siedemdziesiątych. Co semestr organizowane były „otrząsiny”, odbywały się cotygodniowe turnieje brydżowe, imprezy pod nazwą „gama gier logicznych”, giełdy elementów i podzespołów elektronicznych. Prowadzono „kawiarenkę muzyczną” oraz kursy tańca towarzyskiego. Działalność klubowa Teatr NN oraz grupa balladowa „Zalecana” współpracowała z organizacjami młodzieżowymi działającymi na Wydziale przybierała różne formy — wspólnie organizowane były bale karnawałowe i imprezy turystyczne. Wspólnie celebrowano także Święto Pracy, przy czym obchody te traktowane były z właściwym dla większości studentów poczuciem dystansu wobec otaczającej rzeczywistości. Podczas jednego z pochodów pierwszomajowych na czele grupy członków „Amplitronu”, obok studentów niosących wielkie portrety Marksa, Engelsa i Lenina, paradował — niosąc jeszcze większy własny portret — jeden z prominentnych działaczy klubu — dziś profesor jednego z uniwersytetów amerykańskich. Za swoją działalność „Amplitron” dwukrotnie, w roku 1978 i 1980, otrzymał „Czerwoną Różę” — główną nagrodę w Ogólnopolskim Turnieju Klubów Studenckich. Po wydarzeniach roku 1980 nastąpiło załamanie, a na pewien czas nawet całkowite wstrzymanie działalności „Amplitronu”. Działalność wznowiono w roku 1982, próbując realizować poprzednio przyjęty model funkcjonowania klubu. Ogólne zmniejszenie aktywności studentów spowodowało jednak, że „Amplitron”, który w 1991 roku zmienił charakter — z klubu ZSP na klub ogólnowydziałowy, choć nadal patronuje różnym imprezom kulturalnym, m.in. prowadzi „kawiarenki artystyczne” prezentujące twórców i wykonawców piosenki studenckiej, czasy największej świetności ma już chyba za sobą albo... przed sobą.

W organizację imprez o charakterze kulturalnym duży wkład wniosła także Rada Mieszkańców DS Riviera; szczególnie utkwiły w pamięci studentów organizowane w latach osiemdziesiątych *Riwenalia*, a później — *Mikro-Riwenalia*.

W roku 1963 powstał Akademicki Klub Turystyczny „Maluch”. Działalność on początkowo pod patronatem ZSP, a potem SZSP. „Maluch” nastawiony był przede wszystkim na turystykę masową — rajdy sobotnio-niedzielne, obozy narciarskie, żeglarskie, rowerowe i wędrowne, spływy kajakowe i podobne imprezy, choć zajmowano się też kwalifikowanymi formami turystyki. Z inicjatywy „Malucha” w ogólnopolskim Rajdzie Świętokrzyskim w latach sześćdziesiątych brało udział kilkuset studentów Wydziału. Inną masową imprezą „Malucha” był wydziałowy rajd do Czerska i Góry Kalwarii, połączony z konsumpcją bigosu wiezionego w garach aż z Warszawy. W latach siedemdziesiątych — w czasie największej aktywności „Malucha” — kwitła turystyka zagraniczna: organizowano obozy wędrowne w Grecji i Egipcie, wyprawy do Sudanu, Malesji i Nepalu. Na początku lat osiemdziesiątych Klub zaprzestał współpracy z SZSP i wstąpił do PTTK. Mimo spadku zainteresowania ze strony studentów „Maluch” pozostał największym klubem turystycznym na PW i jednym z bardziej znanych w środowisku warszawskim. Nadal organizowane są tradycyjne imprezy, takie jak Rajd Pierwszego Semestru, Rajd na Bezludną Wyspę, Rajd Mikołajkowy. Klub posiada tzw. Chatkę w Ropiance w Beskidzie Niskim, służącą jako baza turystyczna.

Obok „Malucha” działalność sportowo-turystyczną prowadziły i nadal prowadzą Studencki Klub Żeglarski oraz Klub Jeździecki. Kluby te mają charakter ogólnouczelniany, ale przez długi czas dominowali w nich studenci naszego Wydziału. Na Wydziale mieści się siedziba Klubu Żeglarskiego.

Inną formą aktywności studentów naszego Wydziału jest działalność realizowana w ramach kół naukowych. Przez 50 lat istnienia Wydziału charakteryzowała się ona — podobnie jak inne działalności organizacji młodzieżowych — dużą niestałością.

Początki studenckiego ruchu naukowego były dość trudne. Na początku lat sześćdziesiątych powstało Koło Naukowe Elektroników, które zajmowało się jednak bardziej pracami inżynierskimi — wytwarzaniem i naprawą sprzętu radiowo-telewizyjnego — niż nauką. Po rozwiązaniu Koła działalność jego członków znalazła właściwsze miejsce — w punkcie usługowym „Radius”, działającym w jednym z akademików. We wczesnych latach siedemdziesiątych przez pewien czas działało Koło Naukowe Matematyków, którego członkowie zajmowali się tym, co dziś określamy jako „podstawy teoretyczne informatyki”; po krótkim okresie aktywności Koło upadło z powodu znikomego zainteresowania tą tematyką wśród studentów.

W połowie lat siedemdziesiątych wprowadzono nowy, bardziej scentralizowany model działalności naukowej studentów — w roku 1975 utworzono Koło Naukowe Wydziału Elektroniki. Koło miało sekcje w poszczególnych instytutach, działała też międzyinstytutowa sekcja komputerowa. Druga połowa lat siedemdziesiątych oraz pierwsza połowa lat osiemdziesiątych były czasem dużej aktywności Koła. W jego prace było zaangażowanych ok. 100 studentów. Atrakcyjną formę działalności Koła, przyciągającą wielu nowych członków, stanowiły obozy naukowe, podczas których łączono wykonywanie zadań o charakterze naukowym lub zbliżonym do naukowego z aktywnymi formami wypoczynku. W drugiej połowie lat osiemdziesiątych zainteresowanie pracą w wydziałowym kole naukowym systematycznie słabło, a w roku akademickim 1990/91 studencki ruch naukowy na Wydziale faktycznie przestał istnieć. Spowodowane to było brakiem funduszy na aparaturę, badania i organizację obozów oraz nikłym zainteresowaniem propozycjami objęcia funkcji opiekuna koła ze strony pracowników.

Pewne ożywienie aktywności naukowej studentów nastąpiło w latach 1992–1993. W roku 1992 Studencki Ośrodek Informatyki (SOI), działający w DS Riviera, został przekształcony w Koło Naukowe „Studencki Ośrodek Informatyki”. Także w roku 1992, dzięki wsparciu międzynarodowej organizacji *Board of European Students of Technology* (BEST), powstało Koło Naukowe „Stowarzyszenie Studentów BEST” przy Wydziale Elektroniki PW. W roku 1993 koło to zorganizowało letnią szkołę *Image Processing and Applications*. Z upływem czasu grupa ta traciła jednak charakter koła naukowego, koncentrując się bardziej na działalności usługowo-promocyjnej i obejmując swoim zasięgiem całą Uczelnię. Tradycją stały się już Targi Pracy PW organizowane od roku 1994 przez Stowarzyszenie Studentów BEST. Przez krótki czas działało utworzone w roku 1993 Koło Naukowe „Telewizja w Służbie Człowiekowi”. Niedługo funkcjonowało również Koło Naukowe Krótkofalowców. Działalność tego koła, podobnie jak Koła Naukowego „Studenckiego Ośrodka Informatyki”, zawieszono w roku 1996 z chwilą rozpoczęcia remontu Rivieri. W ostatnich latach działały na Wydziale: Koło Naukowe „Algorytmy Ewolucyjne”, Studenckie Koło Naukowe Technik Informatycznych (SK@NTI) oraz Koło Naukowe Przedsiębiorczości i Innowacyjności.

Dużą aktywność przejawia od kilku lat Studencka Naukowa Grupa PERG (*Photonics and Web Engineering Research Group*), działająca pod opieką Instytutu Systemów Elektronicznych, prowadząca prace badawcze w obszarze optoelektroniki z wykorzystaniem usług internetowych do szeroko rozumianego organizowania tych prac. Od czterech lat grupa PERG urządza dwa razy w roku sympozja studencko-doktoranckie, których tematem są najnowsze trendy w elektronice. Współorganizatorem tych spotkań jest utworzona jeszcze w latach osiemdziesiątych z inicjatywy studentów Wydziału sekcja studencka IEEE (*student branch of the Institute of Electrical and Electronics Engineers*). W ostatnim 3-dniowym sympozjum, które odbyło się w maju 2001 r., wzięło udział ok. 80 studentów i doktorantów reprezentujących oprócz PW kilka innych uczelni krajowych; gośćmi sympozjum byli również studenci i doktoranci z Politechniki Mińskiej na Białorusi. Wygłoszono 50 referatów, a materiały wydano na płycie kompaktowej.

PODSUMOWANIE

Dokonując próby podsumowania 50-letniego okresu działalności dydaktycznej na Wydziale, można zaryzykować stwierdzenie, że był to okres ciągłego twórczego niepokoju. Pracownicy Wydziału w poszukiwaniu coraz lepszych form kształcenia studentów podejmowali wciąż nowe inicjatywy. Sprzyjało temu to, że nawet w „trudnych czasach” *Wydział stanowił swojego rodzaju „wyspę” czy „oazę” nie tylko na tle Politechniki, ale pośród wielu innych instytucji państwowych w PRL. Kryteria ideologiczne były tu na dostatecznie dalekim planie. O doborze kadry decydowały kwalifikacje zawodowe.*²⁶ Wiele z proponowanych idei, dopracowanych i wdrożonych na Wydziale, stawało się później rozwiązaniami przyjmowanymi na całej Politechnice, a także na innych uczelniach.

Właśnie tak się stało, gdy w połowie lat siedemdziesiątych uzyskano zgodę Ministerstwa na odstąpienie od zbiurokratyzowanego, a obowiązującego w całym wyższym szkolnictwie technicznym systemu sztywnych planów studiów i programów nauczania dla wąskich specjalności, co umożliwiło wprowadzenie niemal pełnej indywidualizacji końcowego etapu studiów. Rozwiązania przyjęte na Wydziale w zakresie indywidualizacji programu studiów znalazły odzwierciedlenie w opracowaniu *Zamierzenia Politechniki Warszawskiej w zakresie eksperymentalnego wprowadzenia w życie nowego modelu Szkolnictwa Wyższego* (1974). Kilka lat później elementy indywidualizacji znalazły się już w programach studiów na wielu innych wydziałach polskich uczelni technicznych.

Podobna sytuacja miała miejsce, gdy Wydział wprowadzał reformę systemu studiów w roku 1990. Działająca w tym czasie Senacka Komisja opracowująca wizję działania Politechniki Warszawskiej w roku 2000, inicjując prace nad reformą kształcenia w skali Uczelni, oparła się w znacznej mierze na materiałach przygotowanych na Wydziale. Na dokonania Wydziału powoływał się Rektor w korespondencji do dziekanów w sprawie doskonalenia systemu kształcenia. Wprowadzony w roku 1990 na Wydziale system rozliczania dorobku studenta, oparty na sprawdzaniu liczby uzyskanych jednostek dydaktycznych, nie znalazł wprawdzie naśladowców, ale kilka lat później rozpoczęły się prace nad zaadaptowaniem na Uczelni opartego na podobnych zasadach systemu ECTS (*European Credit Transfer System*). W efekcie, punktowy system rozliczania studentów funkcjonuje dziś na wielu wydziałach PW.

Podobny przebieg wydarzeń związany jest z wprowadzaniem na Wydziale, począwszy od 1994 roku, elastycznego systemu studiów dwustopniowych, uzupełnionego później o studia III stopnia. W wyniku prac komisji senackich, korzystających z materiałów i doświadczeń naszego Wydziału, a następnie podjętych w roku 1998 decyzji Senatu PW, określających zasady wprowadzania studiów trzystopniowych, system taki został przyjęty na większości wydziałów Uczelni. Także inne uczelnie wprowadzają coraz powszechniej studia wielostopniowe. Pionierski w skali kraju eksperyment polegający na wprowadzeniu makrokierunku także znalazł już naśladowców — na naszej Uczelni podobne rozwiązanie zastosowano na Wydziale Mechatroniki.

Co ciekawe, nie znalazło dotąd wielu naśladowców jedno z najciekawszych, a jednocześnie najmniej kontestowanych oryginalnych rozwiązań wdrożonych na Wydziale — stosowany z powodzeniem już od 35 lat system organizacji studiów polegający na rozpoczynaniu nowego cyklu studiów w każdym semestrze.

Nie wszystkie koncepcje rozważane podczas toczących się na Wydziale dyskusji na temat modelu kształcenia zostały zrealizowane. Nie doczekała się m.in. realizacji propozycja *zorganizowania na Wydziałach Łączności Politechnik dwóch równorzędnych nurtów kształcenia; jeden nurt kształciłby magistrów dla prac badawczych, drugi — magistrów dla prac konstrukcyjno-projektowych i eksploatacji.*²⁷ Tym niemniej, Wydział był i pozostaje nadal wylęgarnią pomysłów edukacyjnych, z których znaczna część realizowana jest w praktyce. Warto przy okazji zauważyć, że tworzone na Wydziale koncepcje dydaktyczne wybiegały

²⁶ J. Ebert, *50 lat na Politechnice Warszawskiej*, Miesięcznik Politechniki Warszawskiej, nr 9(33), str. 1–4, wrzesień 2000.

²⁷ *Protokół posiedzenia Rad Wydziałów Łączności Politechnik Gdańskiej, Wrocławskiej i Warszawskiej z dnia 25 stycznia 1964 r.; zał. 1 — Posumowanie dyskusji.*

niekiedy w dość odległą przyszłość. Myślenie o przyszłości, tak charakterystyczne dla stylu działania kierownictwa Wydziału, nie ograniczało się do bieżącej czy następnej kadencji władz akademickich, lecz obejmowało często wiele lat. Przykładowo, w roku 1971 Rada Wydziału dyskutowała na temat modelu kształcenia w latach osiemdziesiątych.²⁸

Mnogość propozycji doskonalenia systemu studiów na Wydziale oraz zauważalne zbliżenie systemu kształcenia do wzorców zachodnich miały oczywiście swe źródło w obserwacjach wynikających z bezpośrednich kontaktów pracowników Wydziału z partnerami zagranicznymi. Wzbogacanie wiedzy i doświadczeń osób zaangażowanych w organizowanie procesu dydaktycznego następowało także w wyniku udziału w krajowych i międzynarodowych spotkaniach poświęconych tej tematyce oraz aktywnej działalności w rozlicznych krajowych, a także międzynarodowych organach decyzyjnych i doradczych działających w obszarze szkolnictwa wyższego i nauki. Osiągnięcia Wydziału w zakresie doskonalenia systemu kształcenia są m.in. wynikiem traktowania zagadnień kształcenia inżynierów oraz funkcjonowania uczelni akademickiej i jej jednostek jako tematu prac badawczych. Od kilku lat Wydział stanowi liczący się ośrodek badań w tym zakresie, dostrzegany zarówno w kraju, jak i za granicą. Realizowany na Wydziale w latach 1996–1998 projekt badawczy na temat systemowych przesłanek zapewniania jakości kształcenia w instytucji akademickiej, finansowany ze środków KBN przyznanych przez zespół nauk humanistycznych, a także ponad 100 publikacji w krajowych i zagranicznych czasopismach oraz w materiałach międzynarodowych konferencji poświęconych kształceniu na poziomie wyższym są tego wymownym świadectwem (listę wybranych publikacji zamieszczono na końcu rozdziału).

Przez ostatnie kilka lat na Wydziale można było zaobserwować tendencję do ciągłego rozszerzania oferty dydaktycznej i dostosowywania jej do coraz bardziej zróżnicowanych potrzeb naszych potencjalnych klientów — przyszłych studentów. Wprowadzanie elastycznego systemu studiów trzystopniowych było najważniejszym, lecz bynajmniej nie jedynym, elementem tego procesu. O tym, jak silna jest tendencja rozbudowywania systemu kształcenia na Wydziale, świadczy najlepiej bogactwo oferty edukacyjnej przygotowanej dla kandydatów, którzy planują podjęcie studiów w roku akademickim 2001/02. Oferta ta obejmuje:

- studia dzienne:
 - studia I stopnia (zawodowe) na kierunku Informatyka (2 specjalności) oraz na makrokierunku Informatyka, Automatyka i Robotyka, Elektronika i Telekomunikacja (5 specjalności),
 - studia II stopnia (magisterskie uzupełniające) na makrokierunku Informatyka, Automatyka i Robotyka, Elektronika i Telekomunikacja (4 specjalności),
 - studia I + II stopnia (zintegrowane, odpowiadające jednolitym studiom magisterskim) na makrokierunku Informatyka, Automatyka i Robotyka, Elektronika i Telekomunikacja (4 specjalności),
 - studia III stopnia (doktoranckie) w 4 specjalnościach odpowiadających dyscyplinom naukowym;
- studia dzienne w języku angielskim:
 - studia I stopnia (zawodowe) w dziedzinie Electrical and Computer Engineering (6 specjalności), prowadzone we współpracy z Wydziałem Matematyki i Nauk Informatycznych,
 - studia II stopnia (magisterskie uzupełniające) w dziedzinie Electrical and Computer Engineering (6 specjalności),
 - studia III stopnia (doktoranckie) w 4 specjalnościach odpowiadających dyscyplinom naukowym;
- studia wieczorowe:
 - studia zawodowe na kierunku Informatyka, organizowane przez Instytut Informatyki,
 - studia zawodowe na kierunku Elektronika i Telekomunikacja (specjalność — Radiokomunikacja), organizowane przez Instytut Radioelektroniki,
 - uzupełniające studia magisterskie na kierunku Informatyka, organizowane przez Instytut Informatyki,

²⁸ Treść i formy kształcenia na Wydziale Elektroniki w latach 1980–85, materiał dyskusyjny, Komisja RW ds. Prognozy, 5 kwietnia 1971 r.

- uzupełniające studia magisterskie na kierunku Elektronika i Telekomunikacja (specjalność — Telekomunikacja), organizowane przez Instytut Telekomunikacji,
- uzupełniające studia magisterskie na kierunku Elektronika i Telekomunikacja (specjalność — Radiokomunikacja), organizowane przez Instytut Radioelektroniki;
- studia zaoczne:
 - zaoczne studia zawodowe na makrokierunku Informatyka, Automatyka i Robotyka, Elektronika i Telekomunikacja w systemie SPriNT (2 specjalności), prowadzone we współpracy z Wydziałem Elektrycznym i Wydziałem Mechatroniki;
- studia podyplomowe
 - studia w zakresie Telekomunikacji, Informatyki i Zarządzania (CITCOM-PW), organizowane przez Instytut Informatyki i Instytut Telekomunikacji,
 - studia w zakresie informatyki dla nauczycieli, organizowane we współpracy z Wojewódzkim Ośrodkiem Doskonalenia Nauczycieli w Rzeszowie.

Nasuwa się pytanie: Co dalej? Jakie zmiany będą zachodziły w systemie kształcenia na Wydziale i jak będzie on wyglądał za lat kilka czy kilkanaście?

Można zaryzykować stwierdzenie, że w najbliższej dekadzie kierunki ewolucji systemu kształcenia w Polsce będą zgodne z duchem Deklaracji Bolońskiej.²⁹ Ten ważny dokument zakłada utworzenie do roku 2010 „Europejskiego obszaru szkolnictwa wyższego”, integrującego w pewien sposób różnorodne systemy kształcenia funkcjonujące w poszczególnych krajach europejskich. Realizacja uzgodnień zapisanych w Deklaracji Bolońskiej jest szczególnie istotna ze względu na rozwijającą się coraz bardziej intensywnie międzynarodową wymianę studentów oraz perspektywę wstąpienia Polski do Unii Europejskiej. Postulaty sformułowane w Deklaracji dotyczą wprawdzie przede wszystkim systemu studiów wyższych na poziomie kraju, jednak ich realizacja nie jest możliwa bez odpowiednich działań na poziomie poszczególnych uczelni i ich jednostek. Na naszym Wydziale niektóre z tych postulatów zostały już zrealizowane w wyniku wprowadzenia systemu studiów trzystopniowych oraz punktowego systemu rozliczania obciążeń studenta. Kolejnym krokiem w kierunku „europeizacji” kształcenia i zapewnienia dwustronnego przepływu studentów między Wydziałem a uczelniami zagranicznymi byłoby bardziej powszechne prowadzenie studiów w języku angielskim, przeznaczonych zarówno dla studentów polskich, jak i zagranicznych. Daleko zaawansowany proces różnicowania oferty dydaktycznej mógłby być kontynuowany przez stworzenie specjalnej oferty studiów II i III stopnia dostosowanych do potrzeb osób pracujących w wymiarze pełnego etatu.

Istotnym problemem w polskim szkolnictwie wyższym jest brak kontroli jakości oferowanych usług edukacyjnych. Wiele wskazuje jednak na to, że stan taki nie potrwa zbyt długo. Działają już komisje akredytacyjne powołane przez konferencje rektorów poszczególnych typów szkół, m.in. niedawno utworzona Komisja Akredytacyjna Uczelni Technicznych. Należy przypuszczać, że — niezależnie od dynamiki działań legislacyjnych w obszarze szkolnictwa wyższego — już niebawem staniemy w obliczu zewnętrznej oceny jakości kształcenia na Wydziale. Elastyczny system studiów stwarza wprawdzie korzystne warunki do wprowadzenia mechanizmów zapewniania jakości, a niektóre z przyjętych w tym systemie rozwiązań stymulują działania prowadzące do podnoszenia jakości kształcenia³⁰, to jednak już dziś należy — zapewne we współdziałaniu z powołaną niedawno na Uczelni Radą ds. Jakości Kształcenia — podjąć działania, które zapewniłyby Wydziałowi wysoką ocenę ze strony organu akredytującego, odpowiadającą wysiłkowi wkładanemu w proces kształcenia studentów.

Pozostaje otwartą kwestia, jaka będzie w najbliższej przyszłości dynamika zmian w systemie kształcenia na Wydziale. Z jednej strony bowiem coraz szybsze zmiany w otoczeniu Uczelni zdają się wymuszać ciągłe działania dostosowawcze, z drugiej zaś — każda zmiana związana jest z dodatkowymi kosztami, przy czym chodzi tu nie tylko o koszty materialne,

²⁹ *The European Higher Education Area, Joint Declaration of the European Ministers of Education, Convened in Bologna on the 19th of June 1999*, <http://www.unige.ch/cre>.

³⁰ A. Kraśniewski, J. Woźnicki, *Systemowe przesłanki zapewniania jakości kształcenia na poziomie instytucji akademickiej*. W: M. Wójcicka (red.), *Zapewnianie jakości kształcenia — wprowadzenie do samooceny*, str. 57–82, Instytut Spraw Publicznych, Warszawa 1997.

ale również o koszty dodatkowego wysiłku kadry akademickiej — nie tylko osób bezpośrednio zaangażowanych w organizowanie i zarządzanie procesem kształcenia, ale także — a może przede wszystkim — nauczycieli akademickich i innych pracowników uczestniczących w realizacji zadań dydaktycznych. W warunkach ogólnych niedoborów finansowych oraz obserwowanego przeciążenia kadry pracą na Wydziale i poza Wydziałem umiar w poczynaniach reformatorycznych ma kluczowe znaczenie, zwłaszcza że — jak pokazuje dotychczasowe 50 lat działalności Wydziału — historia lubi się powtarzać: funkcjonujące rozwiązania ocenione w przeszłości jako nietrafne i w wyniku takiej oceny zmienione, powracają po latach jako propozycje udoskonalenia systemu kształcenia i niekiedy bywają ponownie wdrażane.

PUBLIKACJE PRACOWNIKÓW WYDZIAŁU DOTYCZĄCE KSZTAŁCENIA NA POZIOMIE WYŻSZYM

Poniższa lista zawiera publikacje dotyczące kształcenia inżynierów oraz szeroko rozumianego funkcjonowania uczelni akademickiej i ich jednostek. Zamieszczono na niej publikacje międzynarodowe oraz krajowe monografie, inne publikacje książkowe i artykuły w czasopiśmie naukowych i zawodowych; lista nie obejmuje natomiast referatów zamieszczonych w materiałach konferencji krajowych, artykułów w gazetach, czasopiśmie popularnych itp. Lista jest zapewne niepełna, stanowi bowiem — jak się wydaje — pierwszą próbę udokumentowania dorobku Wydziału w tym zakresie.

1. A. Jakubowski, *Kształcenie i doskonalenie kadr dla potrzeb elektronizacji kraju*, Elektronika, t. 18, nr 2, 1977, str. 54–56.
2. A. Jakubowski, *Schooling of electrical engineers*, Proc. Polish Electrotechnical Symp., Stockholm–Vasteras, September 1977.
3. J. Zabrodzki, *Computer Engineering Curriculum at the Warsaw Technical University*, w: R. Lewis & D. Tagg (ed.), *Computers in Education*, North-Holland Publ., 1981, pp. 775–779.
4. J. Zabrodzki, *Studia indywidualne na Wydziale Elektroniki Politechniki Warszawskiej*, w: *Usprawnianie procesu dydaktyczno-wychowawczego w wyższej szkole technicznej*, Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej, 189, 1982, str. 79–86.
5. J. Zabrodzki, *Struktura programu nauczania z uwzględnieniem indywidualizacji studiów*, w: J. Bogusz, T. Lewowicki, J. Zakrzewski (red.), *Tendencje zmian programowych w szkołach wyższych*, 1984, str. 247–259.
6. H. Stelmasik, J. Zabrodzki, *Post-Graduate Studies in Microprocessor Systems*, Prace Naukowe Instytutu Cybernetyki Technicznej Politechniki Wrocławskiej, nr 69, 1985, str. 147–150.
7. J. Zabrodzki, *Studia podyplomowe w zakresie systemu mikroprocesorów*, Życie Szkoły Wyższej, nr 2, 1986, str. 113–121.
8. J. Bober, *35-lecie Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej — Szkolenie kadr dla elektroniki*, Elektronika, nr 7/8, 1986.
9. R. Z. Morawski, *Mathematical Modelling Concepts in Teaching Computer-Aided Measurements*, Proc. 8th IMEKO-TC1 Int. Coll. Teaching Measurement & Instrumentation, Warsaw, September 1986, pp. 133–141.
10. A. Jakubowski, *Education in Microelectronics* (referat plenarny), Proc. 2nd Int. Conf. of the Socialist Countries — Education in Microelectronics, 1987, pp. 7–14.
11. B. Majkusiak, A. Jakubowski, *Remarks on the theory of MOS transistors in education*, Proc. 2nd Int. Conf. of the Socialist Countries — Education in Microelectronics, 1987, pp. 57–60.
12. A. Fiok, J. M. Jaworski, R. Z. Morawski, L. Olędzki, C. Urban, *Theory of Measurement in Teaching Metrology in Engineering Faculties*, Measurement — Journal of IMEKO, April/June 1988, vol. 6, no. 2, pp. 63–68.
13. A. P. Wierzbicki, *Education for a new cultural era of informed reason*, w: J. G. Richardson (ed.), *Windows on Creativity and Invention*, Lomond, Mt. Airy, 1988.

14. A. Barwicz, R. Z. Morawski, *Algorithmic and Heuristic Elements in Teaching Measuring Systems*, Proc. IEEE-ASEE-IGIP Frontiers in Education Conf., Vienna, July 1990, pp. 191–193.
15. J. M. Jaworski, R. Z. Morawski, J. Olędzki, „Pomiar i eksperyment w nowym modelu studiów technicznych”, *Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej*, nr 594, 1990, str. 263–272.
16. A. Barwicz, R. Z. Morawski, *Un exemple d'utilisation de la station de travail HP9000 dans l'enseignement des systèmes de mesure*, Compte-rendu du 3ieme Colloque provincial „L'informatique dans l'enseignement des sciences et de l'ingénierie”, Trois-Rivières, août 1991, pp. 8–11.
17. W. Kuźmicz, *Training in Custom VLSI Design on Apple Macintosh Computers*, Proc. II EUROCHIP Workshop, Grenoble, 1991, pp. 58–62.
18. A. Filipkowski, *Szkolnictwo wyższe wobec zjednoczonej Europy*, Nauka Polska, nr 4, 1991.
19. J. M. Jaworski, R. Z. Morawski, J. S. Olędzki, *Integration of Metrology and Experimentation Techniques in the Curriculum of an Engineering Faculty*, Proc. XIIth IMEKO World Congress, Beijing, September 1991, pp. 233–236.
20. A. Filipkowski, *Engineering Education in Poland: Facing the United Europe*, Proc. 3rd World Conf. on Engineering Education, vol. 1, Portsmouth, 1992, pp. 41–52.
21. W. Kuźmicz, M. Niewczas, A. Wojtasik, *Training in Advanced CMOS Analogue Design*, Proc. III EUROCHIP Workshop, Grenoble, 1992, str. 38–43.
22. A. Filipkowski, *Engineering Education in Poland: structures, changes, problems and challenges*, European Journal of Engineering Education, no. 1, 1993, pp. 49–50.
23. A. Filipkowski, *Engineering Education in Poland: Facing the United Europe*, Australasian Journal of Engineering Education, vol. 4, no. 1, 1993, pp. 47–54.
24. M. Brdyś, K. Malinowski, S. MacNeill, *Education in Control Systems and Information Technology — TEMPUS JEP 0962*, Journal of Engineering Education, 1993.
25. A. Filipkowski, *The Impact of Tempus on the Quality of Engineering Education in Poland*, Proc. SEFI Conference — Achieving and Assessing Quality of Engineering Education, Lulea, 1993, pp. 297–301.
26. J. M. Jaworski, R. Z. Morawski, J. S. Olędzki, *Master's Degree in Measurement Science and Instrumentation Technology at Warsaw University of Technology*, Proc. IMEKO-TC1&TC7 Int. Coll., London, September 1993, pp. 148–151.
27. E. Toczyłowski, J. Woźnicki, *Restructuring an Electronic Engineering Faculty*, Proc. American Society for Engineering Education Annual Conf., Edmonton, June 1994, pp. 2495–2499.
28. E. Toczyłowski, T. Traczyk, *On Cost-Effective Flexible Enrollment Information System ERES*, Proc. American Society for Engineering Education Annual Conf., Edmonton, June 1994, pp. 1558–1563.
29. J. Woźnicki, A. Kraśniewski, *Systems of Study vs. University Management in a Competitive Environment*, Proc. First International Symp. on Higher Education Management: A Polish-American Dialogue, Łódź, June 1994, pp. 165–182.
30. J. Woźnicki, *Aktualne uwarunkowania rozwojowe szkolnictwa wyższego*, Nauka i Szkolnictwo Wyższe, nr 4/1994, str. 106–115.
31. A. Pfitzner, W. Kuźmicz, *Microelectronics and VLSI design in new curricula at the Faculty of Electronics WUT*, Proc. V EUROCHIP Workshop, Dresden, 1994, pp. 63–68.
32. A. Kraśniewski, J. Woźnicki, *Nowy system studiów na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej*, Przegląd Elektrotechniczny, nr 1/1995, str. 14–16.
33. J. Woźnicki, A. Kraśniewski, *Podstawowe elementy funkcjonalne i strukturalne oraz przesłanki zapewnienia jakości w elastycznym systemie studiów*, Nauka i Szkolnictwo Wyższe, nr 5/1995, str. 67–99.

34. E. Toczyłowski, T. Traczyk, *On Design of Flexible Enrolment Information System ERES 2*, materiały konferencji System-Modelling-Control, vol. 2, Łódź, 1995, pp. 315–320.
35. J. Sobczak, E. Toczyłowski, P. Wójcik, *ARES — An Efficient Timetabling Program for Flexible Studying*, materiały konferencji System-Modelling-Control, vol. 2, Łódź, 1995, pp. 253–258.
36. E. Toczyłowski, *Multimedia Information System as a Tool for Improving Quality and Efficiency of Academic Activities*, materiały konferencji System-Modelling-Control, vol. 2, Łódź, 1995.
37. R. Z. Morawski, A. Kraśniewski, J. Woźnicki, *Reintroduction of a B.S. Program of Study at the Faculty of Electronics and Information Technology*, Warsaw University of Technology, Proc. American Society for Engineering Education Annual Conf., Anaheim, June 1995, pp. 2405–2413.
38. A. Kraśniewski, E. Toczyłowski, *A Methodology for Development of Flexible and Adaptable Engineering Curricula*, Proc. American Society for Engineering Education Annual Conf., Anaheim, June 1995, pp. 929–938.
39. A. Barwicz, R. Z. Morawski: *Graduate Programs in Measuring Systems — a Canadian–Polish Experience*, Proc. American Society for Engineering Education Annual Conf., Anaheim, June 1995, pp. 262–268.
40. B. Galwas, *Uwagi o wysiłku edukacyjnym społeczeństwa i konieczności kształcenia ustawicznego*, w: *Świat przyszłości a Polska*, Komitet Prognoz „Polska w XXI wieku” przy Prezydium PAN, Warszawa 1995, str. 137–165.
41. A. Kraśniewski, J. Woźnicki, *Flexibility and Adaptability of the System of Study: Underrated Aspects of Quality in Higher Education*, w: E. Wnuk-Lipińska, M. Wójcicka (eds.), *Quality Review in Higher Education*, TEPIŚ Publishing House, Warsaw 1995, pp. 223–250.
42. E. Toczyłowski, *Analiza strukturalna problemów zarządzania procesami elastycznego studiowania dla potrzeb wyższych uczelni*, w: R. Kulikowski i L. Bogdan (red.) *Wspomaganie Decyzji i Systemy Ekspertyczne*, Wyd. IBS PAN, 1995, str. 201–214.
43. A. Jakubiak, R. Z. Morawski, *Towards Meeting the International Standards of Engineering Education*, Proc. 4th World Conf. on Engineering Education, vol. 2, St. Paul, October 1995, pp. 252–257.
44. A. Kraśniewski, J. Woźnicki, *Flexibility and Adaptability of the System of Study as Premises of Quality Assurance*, Proc. 4th World Conf. on Engineering Education, vol. 2, St. Paul, October 1995, pp. 295–300.
45. J. Woźnicki (red.), *Elastyczny system studiów dwustopniowych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1996.
46. A. Kraśniewski, J. Woźnicki, „Engineering Education in Poland: Responding to the Challenge”, *IEEE Potentials*, April/May 1996, pp. 43–46.
47. J. Woźnicki, R. Z. Morawski, A. Kraśniewski, *Polish University Response to Challenges of Economic Transformation: Strategy of Risky Development vs. Strategy of Status Quo Preservation*, Proc. American Society for Engineering Education Annual Conf. (CD-ROM), Washington, June 1996.
48. A. Kraśniewski, E. Toczyłowski, J. Woźnicki, *On Providing Flexibility, Adaptability and Efficiency in Engineering Education*, Proc. American Society for Engineering Education Annual Conf. (CD-ROM), Washington, June 1996.
49. K. Antoszkiewicz, J. Woźnicki, *Wspomagana komputerowo organizacja procesu kształcenia na dużym wydziale szkoły wyższej*, *Pedagogika Szkoły Wyższej*, nr 5, Szczecin–Warszawa, 1996, str. 182–187.
50. R. Z. Morawski, M. Rocki, J. Woźnicki: *Higher Education Co-financing Coupled with Individual Credit as an Instrument of Increasing Access to and Flexibility of Higher Education*, *Higher Education*, no. 3, Institute of Public Affairs, January–March 1997, pp. 1–8.

51. A. Kraśniewski, R. Z. Morawski, J. Woźnicki, „Distributed Development of Curriculum: Impact on Education Quality”, *Proc. Engineering Education Conf. — Professional Standards and Quality*, Sheffield, March 1997, pp. 192–197.
52. A. Kraśniewski, K. Malinowski, J. Woźnicki, „Preserving the Quality of Master’s Diploma Through Restructuring the System of Study”, *Proc. Engineering Education Conf. — Professional Standards and Quality*, Sheffield, March 1997, pp. 198–203.
53. J. Dobrowolski, Z. Nosal, *Teaching monolithic microwave integrated circuit design to microwave students*, Proc. 4th Int. Workshop MIXDES 97, Poznań, June 1997, pp. 741–746.
54. A. Kraśniewski, R. Z. Morawski, J. Woźnicki, *Some Underestimated Aspects of Quality Assessment in Engineering Education*, Proc. American Society for Engineering Education Annual Conf. (CD-ROM), Milwaukee, June 1997.
55. J. Osiowski, *Komentarz do zaproponowanego systemu oceny jakości kształcenia i akredytacji w szkolnictwie wyższym*, w: *Jakość kształcenia w szkołach wyższych*, zeszyt III, Instytut Problemów Współczesnej Cywilizacji, 1997, str. 57–68.
56. J. Osiowski i in., *Akademicka Komisja Akredytacyjna — system oceny jakości kształcenia i akredytacji w szkolnictwie wyższym*, zeszyt IV, Instytut Problemów Współczesnej Cywilizacji, 1997.
57. R. Z. Morawski, J. Woźnicki, M. Rocki, *O idei współpłatności za studia dzienne*, *Nauka i Szkolnictwo Wyższe*, nr 9, 1997, str. 48–63.
58. A. Kraśniewski, J. Woźnicki, *Modele studiów wielostopniowych*, *Nauka i Szkolnictwo Wyższe*, nr 9, 1997, str. 97–106.
59. J. Osiowski, *Aktualne problemy legislacyjne dotyczące szkolnictwa wyższego*, *Zeszyty Towarzystwa Popierania i Krzewienia Nauki*, nr 25/26, XII 1997.
60. J. Woźnicki (red.), *Współpłatność za studia dzienne*, Instytut Spraw Publicznych, Warszawa, 1997.
61. J. Woźnicki, R. Z. Morawski, P. Stefanoff, *Udział studenta w finansowaniu studiów wyższych na przykładzie wybranych krajów świata*, w: J. Woźnicki (red.), *Współpłatność za studia dzienne*, Instytut Spraw Publicznych, Warszawa 1997, str. 23–38.
62. A. Kraśniewski, R. Z. Morawski, Z. Pawłowski, J. Woźnicki, *Wybór sposobu finansowania szkolnictwa wyższego — perspektywa instytucji akademickiej*, w: J. Woźnicki (red.), *Współpłatność za studia dzienne*, Instytut Spraw Publicznych, Warszawa, 1997, str. 57–81.
63. A. Kraśniewski, J. Woźnicki, *Systemowe przesłanki zapewniania jakości kształcenia na poziomie instytucji akademickiej*, w: M. Wójcicka (red.), *Zapewnianie jakości kształcenia — wprowadzenie do samooceny*, Instytut Spraw Publicznych, Warszawa 1997, str. 57–82.
64. J. Osiowski (red.), *Założenia reformy prawa o szkolnictwie wyższym*, Warszawa, luty 1998.
65. A. Filipkowski, *Kształcenie inżynierów w Europie wobec wyzwań informatyki u progu XXI wieku*, *Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne*, nr 3, 1998, str. 172–176.
66. J. Woźnicki (red.), *Model publicznej szkoły wyższej i jej otoczenia systemowego — zasadnicze kierunki nowelizacji prawa o szkolnictwie wyższym*, Oficyna Wydawnicza PW, 1998 (wydane także w jęz. angielskim pt. *Model of the public institution of higher education and its systemic environment — principal course of higher education law amendment*).
67. J. Osiowski, *Kierunki nowelizacji ustawy o szkolnictwie wyższym*, w: *Instrumenty rozwoju systemu kształcenia w Polsce*, zeszyt V, Instytut Problemów Współczesnej Cywilizacji, 1998, str. 87–112.
68. J. Osiowski, *System oceny jakości kształcenia i akredytacji*, w: *Instrumenty rozwoju systemu kształcenia w Polsce*, zeszyt V, Instytut Problemów Współczesnej Cywilizacji, 1998, str. 127–141.
69. J. Woźnicki (red.), *Współpłatność za studia dzienne — część druga*, Instytut Spraw Publicznych, Warszawa, 1998.

70. R. Z. Morawski, *Metody finansowania szkolnictwa wyższego — propozycje brytyjskie*, w: J. Woźnicki (red.), *Współpłatność za studia dzienne — część druga*, Instytut Spraw Publicznych, Warszawa, 1998, str. 25–37.
71. R. Z. Morawski, *Warianty systemu finansowania szkolnictwa wyższego według London Economics*, w: J. Woźnicki (red.), *Współpłatność za studia dzienne — część druga*, Instytut Spraw Publicznych, Warszawa, 1998, str. 61–67.
72. R. Z. Morawski, *Zalecenia dla rządu Wielkiej Brytanii dotyczące systemu finansowania szkolnictwa wyższego, opracowane przez The National Committee of Inquiry into Higher Education*, w: J. Woźnicki (red.), *Współpłatność za studia dzienne — część druga*, Instytut Spraw Publicznych, Warszawa, 1998, str. 83–92.
73. B. Galwas, *The Development of New Forms of Continuing Professional Education for Telecommunication Engineers in Poland*, Proc. 7th World Conf. on Continuing Engineering Education, Turin, May 1998.
74. R. Z. Morawski, B. Manhire, J. Starzyk, *Engineering Education in Poland*, Proc. American Society for Engineering Education Annual Conf. (CD-ROM), Seattle, June 1998.
75. A. Kraśniewski, R. Z. Morawski, J. Woźnicki, *Quality Assessment in Engineering Education — Indicators of Progress*, Proc. American Society for Engineering Education Annual Conf. (CD-ROM), Seattle, June 1998.
76. A. Kraśniewski, K. Malinowski, J. Woźnicki, *Shortening a Path to PhD — Impact on Quality of Engineering Education*, Proc. American Society for Engineering Education Annual Conf. (CD-ROM), Seattle, June 1998.
77. C. Szwed, E. Toczyłowski, *Assignment of Teachers to Lectures in Large-Scale Timetabling Problems*, w: Z. Bubnicki, A. Grzech (eds.), Proc. 13th Int. Conf. on Systems Science, 1998.
78. A. Kraśniewski, J. Woźnicki, *Assessment of Education Quality: Impact of Economic Transformation (Keynote Address)*, Proc. Global Congress on Engineering Education, Cracow, September 1998, pp. 27–31.
79. A. Kraśniewski, J. Woźnicki, *Flexibility and Adaptability in Engineering Education: An Academic Institution Perspective*, IEEE Transactions on Education, vol. 41, no. 4, November 1998.
80. J. Lubacz, „Gospodarcze i edukacyjne wyzwania społeczeństwa informacyjnego”, w: *Gospodarcze i edukacyjne wyzwania społeczeństwa informacyjnego*, Polskie Forum Akademicko-Gospodarcze, 1998, str. 34–48.
81. J. Woźnicki (red.), *Model zarządzania publiczną instytucją akademicką*, Instytut Spraw Publicznych, Warszawa, 1999.
82. R. Z. Morawski, *Kryteria efektywności instytucji akademickich*, w: J. Woźnicki (red.), *Model zarządzania publiczną instytucją akademicką*, Instytut Spraw Publicznych, Warszawa, 1999, str. 135–151.
83. A. Kraśniewski, *Zapewnienie elastyczności systemu kształcenia akademickiego*, w: J. Woźnicki (red.), *Model zarządzania publiczną instytucją akademicką*, Instytut Spraw Publicznych, Warszawa, 1999, str. 153–176.
84. R. Galar, J. Lubacz, *Paradoksalne konsekwencje rewolucji informacyjnej w edukacji*, w: J. Lubacz (red.), *W drodze do społeczeństwa informacyjnego*, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa, 1999.
85. A. Barwicz, R. Z. Morawski, *Teaching Measuring Systems Beyond the Year 2000*, IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, March 1999, pp. 20–27.
86. J. Osowski, *Uwagi na temat nauki i nauczania*, w: *Nauka i nauczanie*, w cyklu „Fundacji dyskusje o nauce”, nr 3, 1999.
87. R. Z. Morawski, R. Pallás-Areny, E. Petriu, M. Siegel, Th. Laopoulos, *Current Trends on Teaching Instrumentation and Measurement*, Proc. IEEE Instrumentation & Measurement Technol. Conf. — IMTC'99, Venice, May 1999, pp. 17–25.

88. A. Kraśniewski, B. Manhire, R. Z. Morawski, *Evolution of Electrical and Computer Engineering Education in Poland*, Proc. American Society for Engineering Education Annual Conf. (CD-ROM), Charlotte, June 1999.
89. C. Szwed, *Metody dezagregacji zasobów w harmonogramowaniu zajęć elastycznego studiowania*, rozprawa doktorska, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, 1999.
90. A. Kraśniewski, K. Malinowski, *Making Ph.D. Studies More Attractive*, Proc. SEFI Annual Conf., Winterthur, September 1999, pp. 141–146.
91. R. Z. Morawski (red.), *Efektywność funkcjonowania zachodnioeuropejskich instytucji akademickich*, Instytut Spraw Publicznych, Warszawa, 1999.
92. R. Z. Morawski, *System finansowania szkolnictwa wyższego a efektywność funkcjonowania zachodnioeuropejskich instytucji akademickich*, w: R. Z. Morawski (red.), *Efektywność funkcjonowania zachodnioeuropejskich instytucji akademickich*, Instytut Spraw Publicznych, Warszawa, 1999, str. 59–116.
93. Z. Mączyński, *Wpływ struktury kadrowej instytucji akademickiej na efektywność jej funkcjonowania*, w: R. Z. Morawski (red.), *Efektywność funkcjonowania zachodnioeuropejskich instytucji akademickich*, Instytut Spraw Publicznych, Warszawa, 1999, str. 117–126.
94. K. Antoszkiewicz, *Wpływ struktury informacyjnej instytucji akademickiej na efektywność jej funkcjonowania*, w: R. Z. Morawski (red.), *Efektywność funkcjonowania zachodnioeuropejskich instytucji akademickich*, Instytut Spraw Publicznych, Warszawa, 1999, str. 127–138.
95. A. Kraśniewski, *Struktury kontrolne w zachodnioeuropejskich instytucjach akademickich — wpływ na efektywność i jakość kształcenia*, w: R. Z. Morawski (red.), *Efektywność funkcjonowania zachodnioeuropejskich instytucji akademickich*, Instytut Spraw Publicznych, Warszawa, 1999, str. 139–171.
96. A. Kraśniewski, *A New Flexible Three-Stage System of Studies at Warsaw University of Technology*, Perspectives in Higher Education Reform, vol. 8, Alliance of Universities for Democracy, October 1999, pp. 63–70.
97. R. Z. Morawski, J. Woźnicki, A. Kraśniewski, *Dilemmas of Financing Higher Education in Poland*, Proc. American Society for Engineering Education Annual Conf. (CD-ROM), St. Louis, June 2000.
98. C. Szwed, *Sposoby modelowania i metody rozwiązywania problemów układania rozkładów zajęć*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, t. Automatyka, z. 129, 2000.
99. J. Woźnicki, *Dylematy modelowe w kształtowaniu systemu szkolnictwa wyższego u progu XXI wieku*, Nauka, nr 4, 2000, str. 55–63.
100. A. Kraśniewski, R. Z. Morawski, *A Flexible Study System for the Third Millennium*, Interdisciplinary Conf. on Electrical, Electronics & Computer Engineering Education in the Third Millennium — Abstracts, Davos, September 2000.
101. A. P. Wierzbicki, *Megatrendy cywilizacji informacyjnej a kształcenie inżynierów*, V Światowy Kongres Kształcenie i Doksztalcanie Inżynierów na Potrzeby XXI Wieku, Warszawa, wrzesień 2000.
102. C. Szwed, E. Toczyłowski, *Optymalizacja rozdziału zasobów lokalowych w warunkach elastycznego studiowania*, Politechnika Koszalińska, Zeszyty Naukowe Wydziału Mechanicznego, nr 27, 2000.
103. J. Woźnicki (red.), *Obszar, cele i formuła instytucjonalnych i systemowych badań nad szkolnictwem wyższym i nauką — Koncepcja Instytutu Badawczego KRASP*, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa, 2000.
104. A. Kraśniewski, *Międzynarodowe doświadczenia w organizacji badań nad szkolnictwem wyższym*, w: J. Woźnicki (red.), *Obszar, cele i formuła instytucjonalnych i systemowych badań nad szkolnictwem wyższym i nauką — Koncepcja Instytutu Badawczego KRASP*, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa, 2000, str. 25–63.

105. R. Z. Morawski, *Facing Reality in Measurement-Oriented Courses — Polish Experience*, Proc. XVIth IMEKO World Congress (CD-ROM), Vienna, September 2000.
106. J. Osiowski, *Analiza i ocena tendencji i stanu obecnego w zakresie wykształcenia społeczeństwa na poziomie wyższym w Polsce*, w: *Ekonomiczne i społeczne efekty edukacji*, zeszyt XVI, Instytut Problemów Współczesnej Cywilizacji, 2000, str. 5–25.
107. A. Kraśniewski, J. Woźnicki, *The CRASP Research Institute: A Response to the Need for Informed Policy in Higher Education and Research*, Higher Education in Europe, vol. XXV, no. 4, 2000, pp. 511–518.
108. J. Woźnicki, *Zasadnicze zagadnienia i problemy merytoryczne w polityce edukacyjnej w Polsce w kontekście inicjatywy powołania Instytutu Badawczego — Fundacji Rektorów Polskich*, w: J. Woźnicki (red.), *Instytut Badawczy — Fundacja Rektorów Polskich*, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa, 2000.
109. C. Szwed, E. Toczyłowski, *Optymalizacja przydziału studentów do specjalności w warunkach elastycznego studiowania*, Politechnika Koszalińska, Zeszyty Naukowe Wydziału Mechanicznego, nr 28, 2001.
110. B. A. Galwas, J. Nowak, M. Pajer, P. Witoński, *New Model of Electronic-Book for Distance-Learning Courses*, Proc. EDEN 10th Anniversary Conf., Stockholm, June 2001.
111. A. Kraśniewski, R. Z. Morawski, *Decline of Academic Standards in Engineering Education — Polish Experience*, Proc. American Society for Engineering Education Annual Conf. (CD-ROM), Albuquerque, June 2001.
112. R. Z. Morawski, *The Current Status and Problems Related to the Design and Use of System-level Indicators for Tertiary/Higher Education: the Polish Perspective*, Proc. Invitational Roundtable „System-Level Indicators for Higher/Tertiary Education” (CD-ROM), Hiroshima, June 2001.
113. A. Kraśniewski, *Teaching Technical Communication — Unexpected Experience*, Proc. Int. Conf. on Engineering Education (CD-ROM), Oslo, August 2001.



teoretyczne podstawy dyscyplin naukowych uprawianych na wydziale

Wydzielenie *podstaw teoretycznych* z poszczególnych dyscyplin naukowych i technicznych uprawianych na naszym Wydziale jest, z konieczności, oparte na decyzjach w znacznym stopniu arbitralnych. Dotyczy to np. takich trudnych do rozdzielenia i wzajemnie ściśle związanych dziedzin, jak *teoria pola elektromagnetycznego* oraz *teoria mikrofal i technika mikrofalowa*. Innym przykładem może być *cyfrowe przetwarzanie sygnałów*, mające zarówno rozległe podstawy teoretyczne, jak i bardzo szeroki (i stale rosnący) zakres zastosowań w wielu dziedzinach techniki. Z drugiej strony mamy do czynienia z obszarami wiedzy, które w całości (lub niemal w całości) można zaliczyć do *podstaw teoretycznych*. W tej grupie wymienić można jako przykład: *matematykę*, *teorię grafów*, a także *teorię obwodów elektrycznych*.

Działalność naukowa w zakresie *podstaw teoretycznych* zostanie omówiona z podziałem na następujące obszary:

- matematyka,
- teoria pola elektromagnetycznego,
- teoria obwodów,
- teoria filtrów analogowych,
- teoria grafów i metody topologiczne,
- teoria informacji,
- teoria układów dynamicznych,
- teoria sygnałów,
- cyfrowe przetwarzanie sygnałów,
- podstawy układów elektronicznych.

W każdym z tych działów uwaga będzie skupiona na dorobku o charakterze podstawowym, teoretycznym, z ewentualnym odesłaniem do „ciągu dalszego” w następnych rozdziałach. Przyjęto założenie, że oprócz publikacji naukowych (w tym monografii) do dorobku, przynajmniej częściowo naukowego, a przy tym często niezwykle cennego i stanowiącego wizytówkę Wydziału, należy włączyć wyróżniające się publikacje typu podręcznikowego. Zgodnie z tym założeniem na końcu omówienia niektórych z wymienionych działów zamieszczono wykaz takich podręczników.

Łatwo jednak zauważyć, że przedstawiony wykaz obszarów wiedzy zaliczonych do *podstaw teoretycznych* i będących przedmiotem rozważań tego rozdziału, nie jest kompletny. Jest to konsekwencją przyjętych wstępnie ustaleń, zgodnie z którymi niektóre problemy „podstawowe” powinny być jednak rozpatrywane łącznie z ich bezpośrednimi aplikacjami. Stąd w tym rozdziale brak jest omówienia np. fizyki i fizycznych podstaw elementów półprzewodnikowych, podstaw optoelektroniki i fotoniki, teorii układów logicznych, zagadnień sztucznej inteligencji, a także podstaw miernictwa elektronicznego. Działy te są opisane w następnych rozdziałach. Jeszcze raz wypada przywołać tu wspomnianą na początku arbitralność takiego (lub jakiegokolwiek innego) podziału.

Jerzy Osiewski

prof. dr
Instytut Systemów
Elektronicznych
Politechniki Warszawskiej
Gmach Elektroniki, p. 448
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa
tel. (48 22) 660-7867
e-mail:
j.osiewski@ise.pw.edu.pl

Omówienie działalności naukowej w wymienionych obszarach ma, z założenia, obejmować okres istnienia Wydziału, a więc ostatnie pięćdziesiąt lat. W niektórych jednak przypadkach początki działalności badawczej sięgają okresu wcześniejszego i ich całkowite pominięcie spowodowałoby wyraźną nieciągłość. W czasie powstawania naszego Wydziału (ale także w latach późniejszych) tzw. *działalność podstawowa* miała, zdaniem autora tego opracowania, znaczenie dominujące. Wiąże się to z faktem, iż wiele dyscyplin uprawianych na Wydziale dopiero wówczas powstawało i większość prac miała charakter pionierski. Burzliwy rozwój automatyki, elektroniki, informatyki, telekomunikacji i inżynierii biomedycznej spowodował, że znaczenie niektórych „dawnych” dyscyplin podstawowych wyraźnie zmalało (niektóre wręcz zanikły), a ich miejsce zajęły dyscypliny nowe, współcześnie znacznie ważniejsze, zapewne decydujące o przyszłym profilu naukowym Wydziału. Wiążą się one jednak z konkretnymi aplikacjami znacznie silniej niż dyscypliny „dawne”.

Wychodząc z założenia wynikającego z tytułu tego rozdziału, autor starał się omówić całość działalności naukowej w wymienionych obszarach, niezależnie od tego, w jakiej jednostce organizacyjnej była ona uprawiana. Z uwagi jednak na zakres tematyczny działalności utworzonego w roku 1970 Instytutu Podstaw Elektroniki (obecna nazwa: Instytut Systemów Elektronicznych), znaczna część omówionego dorobku dotyczy zespołów tego instytutu lub jednostek organizacyjnych, które weszły w jego skład. Pozostała część działalności badawczej ISE, obejmująca m.in. technikę mikrofalową, optoelektronikę, miernictwo elektroniczne, systemy pomiarowe, metody sztucznej inteligencji, jest omówiona w innych rozdziałach.

Autor wyraża głęboką wdzięczność i podziękowanie tym Koleżankom i Kolegom z Wydziału, których informacje i opracowania częściowe umożliwiły zredagowanie tego rozdziału. Bez ich merytorycznej pomocy opracowanie to nie powstałoby. Jednocześnie autor prosi o wyrozumiałość, ma bowiem świadomość, że mimo usilnych starań i licznych konsultacji tekst może zawierać luki lub nieścisłości.

MATEMATYKA

W początkowym okresie istnienia Wydziału Łączności (lata 1951–1962) nie dysponował on własną jednostką organizacyjną odpowiedzialną za nauczanie matematyki. Wykłady prowadził początkowo Stanisław Turski, a następnie — przez wiele lat — wysoko ceniony przez studentów Tadeusz Wróbel-Trajdos. Warto wspomnieć, że z T. Trajdosem współpracowali jako asystenci m.in.: Adam Sobiczewski i Andrzej Trautman, późniejsi wybitni profesorowie w zakresie fizyki teoretycznej.

W roku 1963 została utworzona na Wydziale Katedra Matematyki „E”, a jej kierownikiem został Wojciech Żakowski (lata 1929–1993), zarówno absolwent naszego Wydziału (mgr inż. — 1952), jak i magister matematyki (1954 r.). Działalność naukowa W. Żakowskiego była bogata i obejmowała kilka tematów (por. p. „Teoria obwodów”). W latach 1959–1973 W. Żakowski zajmował się zagadnieniami brzegowymi w teorii funkcji analitycznych oraz teorią równań całkowych osobliwych, a w szczególności problemami stanowiącymi kontynuację prac Witolda Pogorzelskiego. W około 40 publikacjach (m.in. w Biul. PAN i Demonstr. Math.), niektórych opracowanych wspólnie z Wacławem Leksińskim, podane zostały m.in.: rozwiązania nieliniowego i nieciągłego zagadnienia brzegowego Hilberta-Hasemana, dowód uogólnionego twierdzenia Pogorzelskiego oraz wyniki badania rozwiązań osobliwych i słabo osobliwych równań całkowych w różnych klasach funkcji.

W latach 1973–1982 W. Żakowski (częściowo wspólnie z Ewą Stankiewicz-Wiechno oraz Ireneuszem Nabiałkiem) opublikował prace z zakresu matematycznej teorii maszyn, formułując m.in. matematyczny model maszyny ciągłej i maszyny hybrydowej (dyskretno-ciągłej) oraz rozwijając teorię obliczeń na maszynach tych klas (publikacje głównie w Pracach CO PAN i IPI PAN).

Ostatni okres twórczości W. Żakowskiego, aż do przedwczesnej śmierci w r. 1993, poświęcony był powstałym z inspiracji Zdzisława Pawlaka pracom z zakresu teorii konfliktów

(ok. 30 publikacji, głównie w Biul. PAN). W pracach tych W. Żakowski zaproponował nowe podejście matematyczne do niepewnej informacji, uzyskując wiele nowych, oryginalnych wyników teoretycznych, oraz pokazał możliwości interesujących zastosowań praktycznych.

Nie ulega jednak wątpliwości, że największym osiągnięciem W. Żakowskiego i jego współpracowników jest niezwykle bogaty i popularny w skali całego kraju dorobek podręcznikowy o wysokiej i nieprzemijającej wartości (najważniejsze, wybrane pozycje wymieniono na końcu tego podrozdziału).

Oprócz dorobku naukowego matematyków związanych z naszym Wydziałem wymienić należałoby także prace matematyczne (lub z pogranicza matematyki) wielu innych naszych naukowców. Większość z tych prac zostanie omówiona w dalszych podrozdziałach. Tutaj należy jednak wspomnieć o części dorobku dwóch osób: Stanisława Bellerta (1924–1976) oraz Jacka Kudrewicza.

Stanisław Bellert (por. p. „Teoria obwodów” i „Teoria grafów i metody topologiczne”) był jednym z najwybitniejszych naukowców, o bardzo szerokich zainteresowaniach i niezwykłych zdolnościach twórczych. Oprócz wielu wybitnych osiągnięć (o których będzie mowa dalej) ma w swym dorobku oryginalne koncepcje matematyczne. W roku 1954 wprowadził pojęcie operatora liczbowego jako uogólnienia pojęcia liczby. Opracowana przez S. Bellerta teoria operatorów liczbowych (m.in.: S. Bellert, *Metoda operatorów liczbowych*, Rozpr. Elektrot., 1959 r.) odgrywa w zakresie zagadnień dyskretnych (ciągi liczbowe, funkcje schodkowe, równania różnicowe) rolę analogiczną do roli rachunku operatorów Mikusińskiego w zagadnieniach analogowych (funkcje ciągłe, równania różniczkowe). S. Bellert pracował również nad stworzeniem jednolitej teorii metod operatorowych. W kilku publikacjach (m.in.: S. Bellert, *On Foundations of Operational Calculus*, Biul. PAN, 1957 r.; S. Bellert, *On the Continuation of the Idea of Heaviside in the Operational Calculus*, Journ. of Franklin Inst., 1963 r.) sformułował ogólne podstawy rachunku operatorowego w przestrzeniach liniowych. W tym ujęciu, przez odpowiedni dobór przestrzeni funkcyjnej oraz podstawowej operacji w tej przestrzeni będącej endomorfizmem, uzyskuje się podstawy formalne poszczególnych metod operatorowych (analogiczne koncepcje były rozwijane również przez matematyków, np. R. Bittnera).

Stanisław Bellert zasłynął jako twórca oryginalnej teorii tłumaczącej — w odmienny niż przyjęty w kosmologii sposób — tzw. „red shift”, tj. przesunięcie ku podczerwieni widma odległych gwiazd. Teorię tę przedstawił w trzech pracach opublikowanych w czołowym czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym¹. I choć hipoteza Bellerta nie została zaakceptowana przez ogół fizyków, pozostała świadectwem twórczego myślenia autora i jego wysokich kwalifikacji matematycznych.

Jacek Kudrewicz (por. p. „Teoria układów dynamicznych”), zajmując się problematyką teorii układów dynamicznych, opublikował także dwie ważne tematycznie książki matematyczne: J. Kudrewicz, *Analiza funkcjonalna dla automatyków i elektroników* (PWN, 1976 r.) oraz J. Kudrewicz, *Przekształcenie Z i równania różnicowe* (PWN, 2000 r.).

Druga z tych książek, zawierająca gruntowne podstawy matematyczne, wypełnia istniejącą lukę w piśmiennictwie polskim, w którym — poza tłumaczeniami z literatury obcej z lat siedemdziesiątych — brak było podobnej pozycji.

DOROBEK PODRĘCZNIKOWY (POZYCJE WYBRANE)

1. W. Żakowski, *Matematyka*. Dla studentów W. Łączności cz. 1, Wyd. PW, 1964 r. (3 wydania); cz. 2, Wyd. PW, 1965 r. (2 wydania).
2. W. Leksiński, W. Żakowski, *Matematyka*. Dla studentów W. Łączności cz. 3, Wyd. PW, 1967 r. (4 wydania).
3. W. Żakowski, *Matematyka*, cz. 1, WNT, 1968 r. (17 wydań; od wyd. 9 współautor: G. Dęcewicz).

¹ S. Bellert, *On a New Hypothesis Concerning the Red Shift*, Astrophysics and Space Science, 1969 r.; S. Bellert, *On the Cosmological Red Shift*, Ibid, 1970 r.; S. Bellert, *Does the Speed of Light Decrease with Time?*, Ibid, 1977 r. Wszystkie wymienione prace S. Bellerta zostały przedrukowane w wydaniu pośmiertnym: *Stanisław Bellert — Prace wybrane*, PWN, 1981 r.

4. W. Żakowski, *Matematyka*, cz. 2, WNT, 1970 r. (14 wydań; od wyd. 3 współautor: W. Kłodziej).
5. T. Trajdos, *Matematyka*, cz. 3, WNT, 1971 r. (5 wydań).
6. W. Żakowski, W. Leksiński, *Matematyka*, cz. 4, WNT, 1972 r. (10 wydań).
7. W. Leksiński, W. Żakowski, A. Żakowska, *Rachunek różniczkowy i całkowy z zastosowaniami*, PZWS, 1972 r. (4 wydania).
8. W. Leksiński, I. Nabiałek, W. Żakowski, *Matematyka dla studiów eksperymentalnych*, WNT, 1977 r. (7 wydań).
9. A. Leksińska, W. Leksiński, *Elementy matematyki wyższej*, PWN, 1978 r. (2 wydania).
10. W. Leksiński, E. Rosłonek-Szefel, J. Wąsowski, *Zadania z rozwiązaniami*, cz. 1, WNT, 1994 r.
11. W. Leksiński, E. Rosłonek-Szefel, E. Stankiewicz-Wiechno, *Zadania z rozwiązaniami*, cz. 2, WNT, 1995 r.
12. I. Nabiałek, J. Klukowski, *Algebra*, WNT, 1999 r.

TEORIA POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO

Jak już wspomniano na wstępie, trudno jest oddzielić dorobek naukowy w zakresie teorii pola elektromagnetycznego od dorobku w obszarze mikrofal i techniki mikrofalowej. Podział taki jest — z konieczności — arbitralny. Za całość dorobku w obu tych spokrewnionych obszarach należy zatem uznać zarówno osiągnięcia omówione tutaj, jak i opisane w innych rozdziałach.

W latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych teorię pola elektromagnetycznego (ale także teorię mikrofal) rozwijał w Katedrze Urządzeń Radiotechnicznych i Telewizyjnych Romuald Litwin (lata 1924–1970). Jego rozprawa habilitacyjna z roku 1964 pt. *Impedancja charakterystyczna niektórych odmian mikrofalowych linii opóźniających* jest przykładem pracy, która w równym stopniu zawiera dorobek teoriopólowy, jak i mikrofalowy. W dalszych pracach (aż do nagłej, przedwczesnej śmierci) R. Litwin podejmował problemy obliczania i konstrukcji linii opóźniających. Był też autorem pierwszego na Wydziale podręcznika teorii pola elektromagnetycznego.

Kontynuatorem działalności naukowej R. Litwina w Instytucie Radioelektroniki jest Tadeusz Morawski. W jego bogatym dorobku naukowym, obejmującym ponad 100 publikacji, dominujące znaczenie mają osiągnięcia z zakresu szeroko rozumianych mikrofal i miernictwa mikrofalowego. Do tego zakresu tematycznego zaliczyć można rozprawę habilitacyjną z roku 1973 pt. *Nowe zastosowania metody małych zaburzeń w miernictwie mikrofalowym*. T. Morawski prowadził prace dotyczące pomiarów rozkładu pola elektromagnetycznego, których wyniki zawarł w kilku publikacjach krajowych oraz w artykule pt. *Application of the Perturbation Method in Some Microwave Measurements* (IEEE Trans. on IM, 1970 r.). Pod koniec lat siedemdziesiątych T. Morawski (wspólnie z M. Białkowskim) kontynuował prace nad zastosowaniami metody perturbacji. W dorobku T. Morawskiego znajdujemy także prace z pogranicza teorii obwodów (por. p. „Teoria obwodów”). Do dziś w powszechnym użyciu — nie tylko na naszym Wydziale — są podręczniki akademickie autorstwa T. Morawskiego i W. Gwarka.

Podstawowym zakresem zainteresowań naukowych Wojciecha Gwarka, pracownika Instytutu Radioelektroniki, są metody komputerowej symulacji pól elektromagnetycznych w dziedzinie czasu (ponad 100 publikacji, w tym 15 w IEEE Trans.). Jego niektóre prace są traktowane jako podstawowe w tej dziedzinie i często cytowane lub przedrukowywane w literaturze światowej. W. Gwarek prowadzi wraz ze swoim zespołem (głównie z Małgorzatą Celuch-Marcysiak) prace nad implementacją opracowanych metod w programach komputerowych. W ten sposób powstało w latach dziewięćdziesiątych wiele komercyjnych programów serii Quick Wave oraz Concerto, które są obecnie znane i wykorzystywane w kilkunastu krajach. Do użytkowników tych programów należą m.in. amerykańskie laboratoria badawcze

NASA, wielki przemysł elektroniki profesjonalnej i powszechnego użytku, a także czołowe uniwersytety wielu krajów. Wyniki naukowe z tego zakresu zostały opublikowane — wspólnie z M. Celuch-Marcysiak — w 10 publikacjach w IEEE Trans. oraz w ponad 40 referatach w materiałach czołowych konferencji międzynarodowych. Zespół W. Gwarka został nagrodzony m.in. prestiżową nagrodą European Information Technology Prize (w 1998 r.).

W zakresie mikrofal działają obecnie na Wydziale trzy duże zespoły badawcze: w Instytucie Radioelektroniki (T. Morawski, W. Gwarek oraz — nie wspomniani w tym podrozdziale — Józef Modelski, Stanisław Rostłonec i ich współpracownicy), w Instytucie Systemów Elektronicznych (Janusz Dobrowolski z zespołem) oraz w Instytucie Mikro- i Optoelektroniki (Bogdan Galwas, Jerzy Krupka i inni).

DOROBEK PODRĘCZNIKOWY

1. R. Litwin, *Teoria pola elektromagnetycznego*, WNT, 1968 r. (3 wydania).
2. T. Morawski, W. Gwarek, *Teoria pola elektromagnetycznego*, WNT, 1978 r. (drugie wydanie 1985 r.)
3. *Zbiór zadań z teorii pola elektromagnetycznego*, praca zbiorowa, WNT, 1990 r.
4. T. Morawski, W. Gwarek, *Pola i fale*, WNT, 1998 r.

TEORIA OBWODÓW

Inicjatorem zasadniczych zmian w nauczaniu teorii obwodów i w tematyce prac badawczych był Czesław Rajski (lata 1905–1992). Polegały one na odejściu od klasycznego, elektrotechnicznego ujęcia teorii obwodów — ograniczonego do stanów ustalonych w dziedzinie prądów o częstotliwości 50 Hz i prądów trójfazowych — i przejściu do problematyki związanej z szerokim pasmem częstotliwości, a także oparciu teorii obwodów na ścisłych podstawach matematycznych. Czesław Rajski miał szerokie zainteresowania naukowe, skoncentrowane głównie wokół problemów teorii informacji i zastosowań statystyki matematycznej (por. p. „Teoria informacji”). Potrafił jednak nadać właściwy kierunek badań i rozwoju dydaktyki współpracującemu z nim zespołowi (S. Dymowski, A. Hildebrandt, S. Kuliński, J. Osiowski, A. Zieliński). Głównymi kontynuatorami prac z dziedziny teorii obwodów są Jerzy Osiowski i Stanisław Dymowski.

Istotny wkład do dorobku naukowego w zakresie teorii obwodów wniósł także Wojciech Żakowski (por. p. „Matematyka”). W latach 1951–1958 opublikował on kilkanaście prac zawierających uogólnienia niektórych podstawowych zagadnień teorii obwodów liniowych na obwody nieliniowe.

Stanisław Bellert (por. pp. „Matematyka” i „Teoria grafów i metody topologiczne”) był autorem skryptu PW pt. *Zarys teorii syntezy liniowych układów elektrycznych* (1964 r.), stanowiącego pierwsze w piśmiennictwie polskim gruntowne opracowanie warunków realizowalności i podstaw teoretycznych metod syntezy różnych klas obwodów liniowych, z uwzględnieniem metod aproksymacji ich charakterystyk częstotliwościowych. Tej problematyce poświęcona była również rozprawa habilitacyjna S. Bellerta pt. *Analiza i synteza układów liniowych* (1961 r.).

Andrzej Zieliński (odszedł z Politechniki w roku 1981) rozwinął teorię nieliniowych linii długich, publikując (m.in. w Biul. PAN) oryginalne prace dotyczące rozchodzenia się sygnałów modulowanych w takich liniach.

Jerzy Osiowski w latach 1955–1974 podał metodę wyznaczania w postaci zamkniętej rozwiązań układów liniowych pobudzanych okresowo oraz badań zagadnienia bezwzględnej stabilności czwórników i trójników (publikacje w Biul. PAN i na konferencjach międzynarodowych). Równolegle, w latach 1960–1968 prowadził prace dotyczące zastosowań teorii dystrybucji w teorii obwodów i rachunku operatorowego w dziedzinie dystrybucji. Niektóre z otrzymanych wyników zostały zawarte m.in. w obszernej monografii J. Osiowskiego pt. *Zarys rachunku operatorowego* (WNT, 1965 r. — 3 wydania).

Dalszymi tematami prac J. Osiowskiego z zakresu teorii obwodów były:

- teoria grafów biwęzłowych (wspólnie z J. Mulawką), stanowiąca oryginalną modyfikację grafów przepływowych Masona, dostosowaną do układów z idealnymi wzmacniaczami operacyjnymi (Biul. PAN i w materiałach konferencji międzynarodowych);
- teoria układów quasi- i Q-odwracalnych (wspólnie z T. Morawskim), będąca oryginalnym uogólnieniem teorii układów odwracalnych (publikacje w materiałach czołowych konferencji międzynarodowych oraz w *Int. Journ. on Circ. Th. and Appl.*, 1979 r.).

Tadeusz Morawski wspólnie z Bohdanem Galińskim rozwinęli teorię algebraicznych niezmienników układów liniowych oraz zajmowali się właściwościami parametrów wewnętrznych czwórników. T. Morawski podsumował wyniki badań nad niezmiennikami w swojej pracy pt. *Zastosowanie niezmienników do badania układów mikrofalowych* (Wyd. PW, 1985 r.).

Stanisław Dymowski (lata 1936–1988) — częściowo wspólnie z Radosławem Biernackim — rozwinęli metody syntezy czwórników RC i RLC o bezzerowych transmitancjach, oparte na teorii wielomianów charakterystycznych (10 publikacji w *Arch. Elektrot. i Rozpr. Elektrot.*). Zwieńczeniem tych prac była rozprawa habilitacyjna S. Dymowskiego pt. *O teorii syntezy liniowych pasywnych czwórników RC w strukturach kanonicznych* (1971 r.). S. Dymowski w roku 1974 odszedł z PW do Instytutu Łączności.

W latach osiemdziesiątych Radosław Biernacki rozwinął badania wykrywania uszkodzeń (*fault diagnosis*) w układach analogowych. Wyniki (uzyskane przy współpracy z J. Starzykiem i J.W. Bandlerem z Kanady) były publikowane w *IEEE Trans.* i w materiałach czołowych konferencji międzynarodowych. Po wyjeździe R. Biernackiego do Kanady i USA w roku 1986 tematykę tę podjął na nowo w połowie lat dziewięćdziesiątych Jacek Wojciechowski, publikując — wraz z V. Brygilewiczem — kilkanaście prac, głównie w materiałach konferencji międzynarodowych i krajowych.

Również w latach dziewięćdziesiątych Jacek Wojciechowski, przy współpracy z J. Vlachem z Kanady, opublikował w *IEEE Trans.* i w materiałach czołowych konferencji międzynarodowych kilka ważnych prac dotyczących analizy i symulacji obwodów przy warunkach początkowych niespełniających tzw. warunków zgodności (*inconsistent initial conditions*).

DOROBEK PODRĘCZNIKOWY (POZYCJE WYBRANE)

1. Cz. Rajski, *Teoria obwodów*, t. 1, WNT, 1971 r.
2. J. Osiowski, *Teoria obwodów*, t. 2, WNT, 1971 r.
3. J. Kudrewicz, J. Osiowski, *Wybrane zagadnienia teorii obwodów* (skrypt), Wyd. PW, 1974 r. (3 wydania).
4. A. Hildebrandt, H. Sołtysik, A. Zieliński, *Teoria obwodów w zadaniach*, WNT, 1974 r.
5. J. Bober, H. Kalata, *Teoria obwodów*, cz. I (skrypt), Wyd. PW, 1979 r. (4 wydania).
6. A. Wojtkiewicz, *Teoria obwodów*, cz. II (skrypt), Wyd. PW, 1979 r. (4 wydania).
7. J. Kudrewicz, *Nieliniowe obwody elektryczne*, WNT, 1991 r.
8. J. Osiowski, J. Szabatin, *Podstawy teorii obwodów*, t. I. WNT, 1992 r. (4 wydania)
9. J. Osiowski, J. Szabatin, *Podstawy teorii obwodów*, t. II. WNT, 1993 r. (3 wydania).
10. J. Osiowski, J. Szabatin, *Podstawy teorii obwodów*, t. III. WNT, 1995 r.

TEORIA FILTRÓW ANALOGOWYCH

Ten obszar tematyczny można podzielić na trzy działy:

- filtry LC,
- filtry aktywne RC,
- filtry C-przełączane i filtry C pracujące w czasie ciągłym.

FILTRY LC

Jest to klasyczna gałąź teorii filtrów analogowych, rozwijana do połowy lat siedemdziesiątych głównie na potrzeby teletransmisji. Istotnym osiągnięciem było opublikowanie monografii

W. Goldego, Cz. Norka, S. Paszkowskiego pt. *Zarys teorii aproksymacji i jej zastosowań w elektrotechnice* (PWN, 1958 r.), zawierającej podstawowe zastosowania matematycznej teorii aproksymacji do metod syntezy filtrów LC.

Dużą rolę odegrała również monografia O. Przesmyckiego pt. *Filtry elektryczne* (WKiŁ, 1962 r.), poświęcona teorii i metodom projektowania (na gruncie parametrów falowych) filtrów LC w strukturach drabinkowych, zawierająca oryginalny dorobek naukowy autora. W latach 1962–1975 Olgierd Przesmycki wraz z zespołem (G. Centkowski, J. Chirkowski, W. Grabowski, P. Kosewski i inni) rozwijał w Katedrze Teletransmisji Przewodowej (od roku 1970 — w Instytucie Teleelektroniki) teorię i metody projektowania filtrów i korektorów LC. Wyniki zostały ogłoszone w kilkunastu publikacjach i opracowaniach.

Po roku 1975 tematyka filtrów LC została w pracach naukowych zaniechana jako już klasyczna, ustępując miejsca nowszym rozwiązaniom (por. następne punkty).

FILTRY AKTYWNE RC

W latach siedemdziesiątych główny kierunek badań skierowany był na niezwykle dynamicznie rozwijającą się na świecie dziedzinę metod syntezy i projektowania filtrów aktywnych RC, tj. filtrów bezindukcyjnych przystosowanych do realizacji w technologii układów scalonych. W krótkim czasie, w zespole Teorii Układów Aktywnych w Instytucie Podstaw Elektroniki powstało wiele prac przyczynkowych (H. Sołtysik, J. Bober, E. Gardias, J. Mulawka, B. Styblińska, A. Urbaś) i 6 doktoratów. Osiągnięcia zespołu stały się podstawą do powstania polsko-amerykańskiego programu badawczego finansowanego przez NSF i Fundusz im. Marii Skłodowskiej-Curie pt. *Circuit Theory and Active RC Filters*, pod kierownictwem J. Osiowskiego. W latach 1975–1979 w ramach tego programu powstało ok. 100 publikacji i referatów przedstawionych na konferencjach międzynarodowych, nagrodzonych nagrodą naukową I stopnia Ministra Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki (rok 1980). Jednym z ważnych osiągnięć międzynarodowych było podanie nowej struktury filtru w pracy: J. Mulawka, P.R. Padukone, M.S. Ghauri, *Sensitivity Minimization in Generalized Follow — the Leader-Feedback Active Filters*, opublikowanej w Proc. ISCAS'80, Houston.

Równoległe tematyka filtrów aktywnych jest rozwijana w Instytucie Telekomunikacji. W roku 1979 ukazała się książka pod redakcją W. Barjasza pt. *Analogowe systemy transmisyjne*, obejmująca problematykę teorii, metod syntezy i projektowania filtrów aktywnych. Współautorami byli pracownicy obu instytutów: Telekomunikacji i Podstaw Elektroniki.

W Instytucie Podstaw Elektroniki w Zespole Analogowych Układów Elektronicznych, kierowanym przez Andrzeja Filipkowskiego, prowadzone były prace o zbliżonej tematyce (będzie o nich szerzej mowa w p. „Podstawy układów elektronicznych”).

W latach osiemdziesiątych prace badawcze w zespole Teorii Układów Aktywnych koncentrowały się wokół metod analizy i redukcji wpływu biegunów pasożytniczych i innych nieidealności elementów aktywnych filtrów (A. Urbaś, J. Osiowski). Opracowano kilka metod przybliżonych (metoda rekursywna, aproksymacja kwadratowa, niezmienniki wrażliwości), przedstawionych na konferencjach zagranicznych. Stworzono oryginalną koncepcję aktywnej kompensacji wzmacniacza operacyjnego, prowadzącą do uzyskania nowego elementu COA (*Composite Operational Amplifier*) i znacznej redukcji wpływów pasożytniczych. Wyniki przedstawiono w kilku publikacjach i referatach na konferencjach międzynarodowych, m.in. w pracy opublikowanej w Int. Journ on Circuit Theory & Appl., 1989 r.

W pewnym sensie podsumowaniem (i zakończeniem) prac z tego zakresu była rozprawa habilitacyjna Aleksandra Urbasia pt. *Metoda wrażliwościowej analizy i korekcji wpływu nieidealnych elementów aktywnych na właściwości częstotliwościowe filtrów* (1990 r.).

FILTRY C-PRZEŁĄCZANE I FILTRY C PRACUJĄCE W CZASIE CIĄGŁYM

Dalszy rozwój teorii filtrów ukierunkowany został na filtry z przełączanymi pojemnościami (tzw. filtry C-przełączane), oparte na koncepcji symulacji rezystancji przez przełączanie pojemności. Do realizacji takich filtrów wystarczały wzmacniacze operacyjne, tranzystory MOS pracujące jako klucze oraz pojemności, co całkowicie spełniało wymagania realizacyjne technologii MOS i zapewniało stabilizację stałych czasowych przez przełączanie kluczy zegarem kwarcowym. Tematykę filtrów C-przełączane podjął w latach osiemdziesiątych w In-

stytucie Podstaw Elektroniki Jan Mulawka. Rezultatem jego badań było ponad 25 prac (częściowo wspólnych z R. Biernackim, B. Galińskim, M. Nałęczem, A. Pakulakiem), zawierających nowe koncepcje syntezy i nowe struktury filtrów, które opublikowano w czasopiśmie i materiałach konferencji o zasięgu światowym. W roku 1985 J. Mulawka uzyskał stopień doktora habilitowanego na podstawie rozprawy pt. *Zagadnienia syntezy układów analogowych z przełączanymi pojemnościami*.

W roku 1987 ukazała się książka J. Mulawki pt. *Układy mikroelektroniczne z przełączanymi pojemnościami* (WKiŁ, 1987 r.), będąca pierwszą w Polsce monografią zawierającą teoretyczne podstawy syntezy i projektowania układów C-przełączane. Książka została przetłumaczona na język rosyjski i wydana w roku 1992 przez wydawnictwo MIR.

W następnym etapie rozwoju teorii filtrów analogowych pojawiły się koncepcje wykorzystania innych niż wzmacniacze operacyjne elementów aktywnych oraz innej niż w przypadku układów C-przełączane zasady symulacji rezystancji. Dla odróżnienia od filtrów C-przełączane (pracujących w czasie dyskretnym) filtry tego typu są w literaturze nazywane filtrami pracującymi w czasie ciągłym (*Continuous-Time Filters*). Są one z reguły przystosowane do pracy w zakresie wielkich częstotliwości. Do tej klasy filtrów należą m.in. filtry OTA-C, w których wzmacniacz operacyjny jest zastąpiony przez wzmacniacz transkonduktancyjny OTA (*Operational Transconductance Amplifier*), stanowiący jednocześnie element aktywny i symulator rezystancji. W roku 1982 A. Urbaś i J. Osiowski na konferencji ISCAS'82 w Rzymie przedstawili pierwszą w skali światowej strukturę kanoniczną filtru OTA-C.

Dalsze prace prowadzone w zespole Teorii Układów Aktywnych (kierowanym przez A. Urbasia) dotyczyły metod syntezy i optymalizacji filtrów MOSFET-C, budowanych tylko z tranzystorów MOSFET i pojemności. Prace polegały na badaniu wpływu niezrównoważenia na właściwości symetrycznych struktur filtrów MOSFET-C oraz wykorzystaniu konwektorów prądowych w strukturach przystosowanych do realizacji w układach typu ASIC. Autorami kilkunastu publikacji oraz referatów krajowych i zagranicznych byli A. Urbaś i B. Galiński. Prace te miały kontynuacje aplikacyjne. M.in. w roku 1992 A. Urbaś i J. Jakubik zaprojektowali i zrealizowali w technologii ECPD 1,6 μm w pełni scalony układ typu ASIC, będący filtrem MOSFET-C o strukturze symetrycznej.

Można spodziewać się, że obszar prac podstawowych z zakresu teorii filtrów analogowych będzie się na Wydziale kurczyć wobec braku perspektyw na ich wykorzystanie w praktyce.

TEORIA GRAFÓW I METODY TOPOLOGICZNE

Teoria grafów jest działem matematyki dyskretniej. Wiele jej rezultatów może być wykorzystywanych w badaniach różnego typu sieci. Metody topologiczne analizy sieci elektrycznych polegają na badaniu ich struktury i właściwości na podstawie grafu sieci. Większość parametrów sieci elektrycznej można obliczyć jako ilorzaz wyznacznika i odpowiednich podwyznaczy macierzy admitancji węzłowych. Te, z kolei, można obliczyć jako sumy wartości odpowiednich drzew i wielodrzew grafu reprezentującego sieć.

Na Wydziale prekursorem badań w zakresie topologicznej analizy i syntezy sieci elektrycznych był Stanisław Bellert (por. p. „Matematyka” i „Teoria obwodów”). Jego prace, a także prace utworzonego i kierowanego przez niego zespołu, uzyskały światową renomę. Fundamentalne znaczenie miała opracowana przez S. Bellerta *algebra liczb strukturalnych*. Polegała ona na nadaniu struktury algebraicznej (pierścieni) operacjom przeprowadzanym na grafie w trakcie analizy topologicznej. Podstawy tej metody zostały opublikowane w pracy S. Bellerta pt. *Topological Analysis and Synthesis of Linear Systems*, J. Frankl. Inst., 1962 r. przetłumaczonej na język rosyjski w roku 1963. Zasadnicze znaczenie dla rozwoju algebry liczb strukturalnych w Polsce miała monografia S. Bellerta i H. Woźniackiego pt. *Analiza i synteza układów elektrycznych metodą liczb strukturalnych*, WNT, 1968 r. — również wydana w tłumaczeniu rosyjskim w roku 1972 przez wydawnictwo MIR.

Po tych publikacjach rozpoczął się burzliwy rozwój teorii liczb strukturalnych zmierzający w dwóch kierunkach. Pierwszy — to studia nad abstrakcyjną charakteryzacją pierścienia liczb strukturalnych, prowadzone przez matematyków z kilku ośrodków w Polsce.

Drugi kierunek to prace z dziedziny sieci elektrycznych, prowadzone w zespole badawczym S. Bellerta z udziałem: R. Biernackiego, G. Centkowskiego, A. Kończykowskiej, J. Nadratowskiego, M. Skowrońskiej, J. Starzyka, E. Śliwy i J. Wojciechowskiego. Wymienić tu należy — oprócz trzech prac autorstwa S. Bellerta — również kilkadziesiąt prac jego współpracowników, a w tym w szczególności:

- Agnieszki Kończykowskiej² (metody dekompozycji sieci),
- Janusza Starzyka³ — częściowo z A. Kończykowską i E. Śliwą — dotyczące metod analizy z dekompozycją hierarchiczną wstępującą i zstępującą (m.in. publikacje w IEEE Trans.),
- Jacka Wojciechowskiego z zakresu algebry liczb strukturalnych drugiego i wyższych rzędów oraz warunków dekompozycji bez tzw. defektu (m.in. publikacja w J. Frankl. Inst., 1984 r.).

Istotnym osiągnięciem była monografia A. Kończykowskiej, J. Wojciechowskiego pt. *Podstawy topologicznych metod analizy układów elektrycznych*, PWN, 1983 r. — stanowiąca oryginalne rozszerzenie i uzupełnienie monografii S. Bellerta i H. Woźniackiego. Warto także wspomnieć, że bibliografia prac poświęconych teorii i zastosowaniom elektrycznym liczb strukturalnych liczy 118 pozycji (dane z roku 1980, zawarte w wydaniu pośmiertnym: *Stanisław Bellert — Prace wybrane*, PWN, 1981 r.; dzieło to było cytowane w p. „Matematyka”).

Witold Nowicki, długoletni zwierzchnik S. Bellerta, w opracowaniu: *Historia i dorobek Katedry Teletransmisji Przewodowej 1945–1970* napisał: *Stanisław Bellert — najzdolniejszy ze wszystkich wychowanków i pracowników Katedry, prawdopodobnie najbardziej utalentowany ze wszystkich pracowników naukowych całej Uczelni w tej epoce, w której żył i działał. Uczony, który promieniował swymi koncepcjami, teoriami, hipotezami na bliższe i dalsze otoczenie. Znany za granicą, mający swych uczniów i kontynuatorów na Wschodzie i na Zachodzie.* Tę jakże trafną opinię podzielała i podziela społeczność akademicka Wydziału.

Zainteresowanie metodami topologicznymi zaczęło wygasać z końcem lat siedemdziesiątych, co wiązało się z gwałtownym wzrostem możliwości obliczeniowych komputerów i rozwojem metod czysto numerycznych. Nie oznacza to jednak, że zanikło również zainteresowanie zastosowaniami teorii grafów. Począwszy od końca lat osiemdziesiątych prace nad teorią grafów i jej zastosowaniami prowadzi na Wydziale Jacek Wojciechowski wraz ze swoimi współpracownikami. Istotną rolę w tym względzie odegrało również międzyinstytutowe, bardzo aktywne, seminarium naukowe *Zastosowania kombinatoryki i optymalizacja dyskretna*, zorganizowane z inicjatywy profesorów: M. Pióro, E. Toczyłowskiego i J. Wojciechowskiego. Publikacje z tego seminarium zostały wydane w dwóch tomach przez Wyd. PW w latach 1996 i 1997.

TEORIA INFORMACJI

Teoria informacji była przedmiotem nauczania na Wydziale w latach 1960–1985 (Cz. Rajski, S. Dymowski, J. Szabatin, M. Dąbrowski), przy czym jedynym podręcznikiem był skrypt S. Dymowskiego pt. *Elementy teorii informacji* (Wyd. PW, 1968 r.). Głównymi rezultatami naukowymi z tej dziedziny były publikacje zagraniczne Cz. Rajskiego cytowane w książce pt. *C.E. Shannon — Prace z teorii informacji i cybernetyki*, wydanej w roku 1963 w Związku Radzieckim. W szczególności Cz. Rajski podał — opierając się na pojęciu entropii — definicję metryki w przestrzeniach dyskretnych zmiennych losowych oraz nową definicję mocnego współczynnika korelacji takich zmiennych.

² Obecnie pracownik naukowy OPTO+ w Paryżu. Prowadzi ożywioną działalność naukową w różnych dziedzinach, m.in. w zakresie zastosowań metod topologicznych.

³ Obecnie profesor w Ohio University, Athens, USA. Między innymi kontynuuje prace o tematyce, którą zajmował się w Polsce.

TEORIA UKŁADÓW DYNAMICZNYCH

Teoria układów dynamicznych była rozwijana głównie w dwóch zespołach naukowych: w Instytucie Automatyki w grupie Radosława Ładzińskiego oraz w Instytucie Systemów Elektronicznych w zespole Jacka Kudrewicza (por. p. „Matematyka”).

W latach 1950–1965 R. Ładziński badał właściwości układów z elementami magnetycznymi o silnie nieliniowych charakterystykach z histerezą (publikacje w Polsce i w Szwecji). Istotną pozycją jest książka R. Ładzińskiego pt. *Właściwości statyczne i dynamiczne podstawowych układów wzmacniaczy magnetycznych* (PWN, 1959 r.). W późniejszych latach w zespole R. Ładzińskiego z udziałem m.in. K. Szackiej i S. Romickiego prowadzone były prace nad opisem matematycznym elektromechanicznych układów dynamicznych i syntezą regulatorów.

Czesław Rajski (por. p. „Teoria obwodów” i „Teoria informacji”) zajmował się również niektórymi aspektami teorii układów dynamicznych. Między innymi w roku 1982 opublikował pracę, w której wykazał, że dla bardzo szerokiej klasy systemów dynamicznych, również dysypatywnych, istnieje wielkość przyjmująca w każdej chwili wartość stacjonarną, przeważnie minimalną.

Począwszy od lat sześćdziesiątych prace Jacka Kudrewicza skupiały się na zagadnieniach teorii drgań nieliniowych oraz powstawania drgań okresowych. Częściowo nawiązywały one do przedwojennych prac Janusza Groszkowskiego i stanowiły ich uogólnienie. Wymienić tu można ważne prace z teorii stabilności układów nieliniowych i parametrycznych, a w szczególności dwie publikacje⁴ zawierające oryginalne uogólnienie znanych warunków J. Groszkowskiego i Manleya-Rowa. Dalsze prace J. Kudrewicza dotyczyły teorii układów parametrycznych oraz badania stabilności układów nieliniowych metodami analizy funkcjonalnej (liczne publikacje krajowe i zagraniczne). Innym ważnym osiągnięciem było rozwinięcie teorii funkcji opisującej i warunków powstawania drgań okresowych w układach słabo nieliniowych.

Podsumowaniem (i rozszerzeniem) tych badań była oryginalna monografia J. Kudrewicza pt. *Częstotliwościowe metody w teorii nieliniowych układów dynamicznych* (WNT, 1970 r.) — poświęcona zastosowaniom teorii równań całkowych i elementów analizy funkcjonalnej do badania stabilności położenia równowagi i do określenia warunków występowania drgań okresowych w pewnej klasie układów nieliniowych. Między innymi zamieszczono w niej twierdzenia stanowiące matematyczną podstawę oraz oszacowanie dokładności metody funkcji opisującej. W latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych zespół naukowy kierowany przez J. Kudrewicza (m.in. J. Grudniewicz, B. Świdzińska, M. Odyniec, S. Wąsowicz) pracował nad zagadnieniami synchronizacji drgań okresowych, a w szczególności nad dynamiką pętli fazowej, zarówno w zakresie drgań okresowych, jak i drgań chaotycznych (kilkanaście publikacji w materiałach konferencji międzynarodowych i krajowych). Podsumowaniem tych prac była monografia J. Kudrewicza pt. *Dynamika pętli fazowej* (WNT, 1991 r.). Ponadto w roku 1996 ukazał się podręcznik akademicki, w znacznym stopniu oryginalny i monograficzny, J. Kudrewicza pt. *Nieliniowe obwody elektryczne* (WNT, 1996 r.). W obu tych książkach pokazano, jak dobrze opracowane metody matematyczne (metoda płaszczyzny fazowej, metoda uśredniania, teoria rozmaitości całkowych, teoria bifurkacji) mogą być wykorzystane do analizy układów elektronicznych.

Teoria drgań chaotycznych jest współczesnym kierunkiem badań w ramach teorii układów dynamicznych. Prace z zakresu drgań chaotycznych i fraktali są prowadzone głównie przez Jacka Kudrewicza i Bożenę Świdzińską w Instytucie Systemów Elektronicznych oraz przez Władysława Skarbka w Instytucie Radioelektroniki.

Już w połowie lat osiemdziesiątych J. Kudrewicz, J. Grudniewicz i B. Świdzińska przedstawili na konferencjach międzynarodowych kilka prac dotyczących poślizgu fazy i powstawania drgań chaotycznych w układach dyskretnej pętli fazowej. W 1993 roku została wydana przez WNT książka J. Kudrewicza pt. *Fraktale i chaos* (mająca już trzy wydania). W ostatnich

⁴ J. Kudrewicz, *On Energy Relations in Non-linear Two-ports*, Biul. PAN, 1962 r.; J. Kudrewicz, *Power — Frequency Relations in Nonlinear Two-ports*, Proc. IEEE, 1963 r.

latach B. Świdzińska pracuje nad wyznaczaniem wymiaru atraktorów układów dynamicznych oraz nad doskonaleniem algorytmów fraktalnej kompresji obrazów (referaty na międzynarodowych konferencjach i publikacje w Biul. PAN).

Prace W. Skarbka poświęcone są głównie właściwościom i zastosowaniom operatora fraktalnego w rozpoznawaniu i kompresji obrazów. W. Skarbak jest autorem wielu publikacji zagranicznych, a także kilku rozdziałów w książkach poświęconych algorytmom i standardom kompresji obrazów (m.in. w książce pt. *Soft Computing for Image Processing*, Springer Verlag, 2000 r.).

TEORIA SYGNAŁÓW

Podobnie jak i w innych dziedzinach, działalność naukowa była poprzedzona wprowadzeniem tematyki teorii sygnałów do dydaktyki. Prekursorami byli: Stanisław Sławiński (Instytut Telekomunikacji), Stefan Hahn (Instytut Radioelektroniki) oraz Jerzy Szabatina i Bohdan Butkiewicz (Instytut Systemów Elektronicznych). Prace naukowe, zapoczątkowane w latach siedemdziesiątych, koncentrowały się głównie na zastosowaniach. W zespole S. Sławińskiego (W. Czarniecki, A. Jakubiak, K. Holejko, W. Szajnowski) rozwijane były prace nad problematyką radiolokacyjną, kontynuowane do dziś przez A. Jakubiaka (rozprawa habilitacyjna *Metody klasyfikacji radiolokacyjnych zakłóceń biernych*, 2001 r.) i W. Czarnieckiego. W Instytucie Systemów Elektronicznych powstał liczny zespół pod kierownictwem Andrzeja Wojtkiewicza, rozwijający problematykę teorii sygnałów oraz — od połowy lat siedemdziesiątych — cyfrowego przetwarzania sygnałów (omówienie tej ostatniej w p. „Cyfrowe przetwarzanie sygnałów”), w tym także na potrzeby techniki radarowej.

Bardzo duże znaczenie dla upowszechnienia problematyki sygnałowej miała obszerna książka J. Szabatiny pt. *Podstawy teorii sygnałów* (WKiŁ, 1982 r.; II wydanie — 1990 r.; III wydanie — 2000 r.), będąca pierwszą polską monografią⁵ łączącą w sobie ściśle podstawy matematyczne z rozległą interpretacją fizyczną omawianych zależności.

Problematyką z pogranicza teorii sygnałów i układów pomiarowych zajmował się w Instytucie Telekomunikacji Jerzy Siuzdak, koncentrując się na ocenach fazy sygnału harmonicznego w obecności szumów. Podsumowaniem tych badań była jego rozprawa habilitacyjna *Analiza wpływu szumów i zakłóceń na pomiar fazy sygnałów sinusoidalnych* (1991 r.).

W latach dziewięćdziesiątych Stefan Hahn w kilkunastu publikacjach zagranicznych przedstawił teorię wielowymiarowych sygnałów analitycznych. Istotnym jego osiągnięciem naukowym jest monografia *Hilbert Transforms in Signal Processing*, Artech House, 1996 r.

DOROBEK PODRĘCZNIKOWY

1. S. Hahn, *Teoria sygnałów*, Wyd. PW, 1982 r.
2. S. Hahn, *Podstawy radiokomunikacji*, WKiŁ, 1963 r.
3. S. Hahn, *Teoria modulacji i detekcji*, WKiŁ, 1990 r.

CYFROWE PRZETWARZANIE SYGNAŁÓW

Przedmiotem cyfrowego przetwarzania sygnałów (CPS) jest poszukiwanie optymalnych (w określonym sensie) metod i algorytmów przetwarzania deterministycznych i stochastycznych sygnałów dyskretnych metodami cyfrowymi.

⁵ Wcześniej — poza tłumaczeniami z literatury obcej — ukazał się tylko podręcznik akademicki: A. Wojnar, *Teoria sygnałów*, WNT, 1980 r.

Na Wydziale tematyka CPS jest rozwijana od ponad 25 lat, a jej prekursorem był Andrzej Wojtkiewicz. Badania prowadzone przez stworzony przez niego liczny zespół (Z. Gajo, K. Kulpa, J. Misiurewicz, M. Nałęcz, A. Płatonow, J. Szabatina, E. Śliwa, M. Tuszyński) koncentrowały się początkowo na tematyce filtrów cyfrowych, a ich podsumowaniem był skrypt A. Wojtkiewicza pt. *Wybrane zagadnienia z cyfrowych metod przetwarzania i filtracji sygnałów* (Wyd. PW, 1982 r.) oraz pierwsza krajowa monografia tego samego autora — *Elementy syntezy filtrów cyfrowych* (WNT, 1984 r.). W monografii tej przedstawiono m.in. oryginalną metodę zastosowania przekształcenia Hilberta do projektowania filtrów cyfrowych.

W latach osiemdziesiątych tematyka badań zespołu uległa znacznemu rozszerzeniu o zagadnienia związane z poszukiwaniem optymalnych metod przetwarzania sygnałów w obecności zakłóceń, nowych metod przetwarzania informacji na podstawie analizy szeregów czasowych, a także nowych metod przetwarzania sygnałów radiolokacyjnych. Do istotnych osiągnięć naukowych tego okresu należy opracowanie przez A. Wojtkiewicza oryginalnej metody analizy częstotliwościowej sygnałów nierównomiernie próbkowanych z wykorzystaniem przekształcenia Dirichleta. Metodę tę zastosowano do tłumienia ech stałych w radarach z nierównomiernym sondowaniem przestrzeni. Wyniki badań przedstawiono w kilkunastu publikacjach (m.in. w IEEE Trans.) a ich podsumowaniem była rozprawa habilitacyjna A. Wojtkiewicza pt. *Cyfrowe metody tłumienia zakłóceń pasywnych z nierównomiernym sondowaniem przestrzeni* (1991 r.).

W latach dziewięćdziesiątych, w wyniku rozwoju technologii, powstała możliwość programowej realizacji w czasie rzeczywistym złożonych algorytmów przetwarzania sygnałów z wykorzystaniem odpowiednio skonfigurowanych sieci procesorów sygnałowych. Te nowe możliwości zastosowano do syntezy systemów pomiarowych i systemów przetwarzania sygnałów radiolokacyjnych. Do najważniejszych osiągnięć teoretycznych w tym czasie należy zaliczyć:

- opracowanie koncepcji adaptacyjnej dopasowanej obserwacji, której podstawy matematyczne zostały opublikowane przez A. Płatonowa i J. Szabatina w kilkunastu pracach (m.in. w IEEE Trans.);
- zastosowanie koncepcji adaptacyjnej dopasowanej obserwacji do syntezy mikroprocesorowych systemów pomiarowych z czujnikami o adaptacyjnie sterowanej czułości — ponad 20 publikacji, w tym podstawowa praca A.A. Płatonowa i J. Szabatina pt. *Analog-digital systems for adaptive measurements and parameter estimation of noisy processes* (IEEE Trans., 1996 r.) oraz badania nad miniaturyzacją czujników pomiarowych (publikacje m.in. w IEEE Trans.);
- opracowanie (głównie przez A. Wojtkiewicza i M. Nałęcza) nowej metody wielokanałowej detekcji sekwencyjnej sygnałów — publikacje w IEEE Trans. i czasopismach Rosyjskiej Akademii Nauk.

Jednocześnie w zespole prowadzono badania nad odpornymi (typu *robust*) metodami przetwarzania sygnałów niegaussowskich. Wyniki tych badań zamieszczono w formie referatów w materiałach wiodących konferencji międzynarodowych oraz innych publikacjach, m.in. w Biul. PAN. W tym zakresie tematycznym mieści się rozprawa habilitacyjna J. Szabatina pt. *Odporne i silnie zgodne metody i algorytmy identyfikacji sygnałów* (1998 r.), w której m.in. po raz pierwszy w skali światowej sformułowane zostały warunki dostateczne zbieżności prawie na pewno algorytmów identyfikacji niegaussowskich sygnałów autoregresyjnych.

Dorobek publikacyjny zespołu dotyczący cyfrowego przetwarzania sygnałów w ciągu ostatnich piętnastu lat jest bardzo duży i obejmuje ponad 270 prac, w tym 10 artykułów w IEEE Trans., 5 publikacji w Biul. PAN, 4 publikacje w czasopismach Rosyjskiej Akademii Nauk, 7 referatów w materiałach konferencyjnych IEEE oraz kilkadziesiąt innych publikacji zagranicznych i referatów na czołowych konferencjach międzynarodowych.

Należy również podkreślić, że osiągnięte rezultaty stanowiły m.in. podstawę do opracowania nowych systemów przetwarzania sygnałów wizyjnych w radarach impulsowych oraz w radarach z falą ciągłą i liniową modulacją częstotliwości. Doprowadziło to do stworzenia bloku przetwarzania sygnałów pierwszego krajowego radaru lotniczego ARS-400, a nowatorską (w skali światowej) koncepcję „programowanego systemu”, opartą na sieci nowoczesnych procesorów sygnałowych, zastosowano w bloku przetwarzania sygnałów radaru obserwacji dookólnej i radaru lądowego.

PODSTAWY UKŁADÓW ELEKTRONICZNYCH

Prekursorem działalności naukowej i dydaktycznej w obszarze wspólnie rozumianych układów elektronicznych był Adam Smoliński (lata 1910–1996). W Katedrze Podstaw Telekomunikacji, jeszcze przed powstaniem naszego Wydziału, podjął na szeroką skalę prace nad wzmacnianiem sygnałów. Tematyka ta stała się dominująca w działalności licznego zespołu A. Smolińskiego (J. Baranowski, L. Bułhak, A. Fijałkowski, A. Filipkowski, Z. Gniewiński, W. Golde, J. Helsztyński, J. Pawłowski, W. Wierzejski) już na naszym Wydziale. Niewątpliwie najważniejszym osiągnięciem z tego zakresu była czterotomowa monografia A. Smolińskiego pod wspólnym tytułem *Zasady wzmacniania*, na którą złożyły się następujące części: t. 1 — *Podstawy teoretyczne* (PWT, 1947 r.), t. 2 — *Pasmowe wzmacniacze napięciowe* (PWT, 1952 r.), t. 3 — *Napięciowe wzmacniacze selektywne synchroniczne i wielorezonansowe* (WNT, 1956 r.), t. 4 — *Wzmacniacze szerokopasmowe i impulsowe* (WNT, 1972 r.). Wśród wielu innych osiągnięć należy wymienić prace: Wiktora Golde — dotyczące syntezy wzmacniaczy szerokopasmowych wielorezonansowych, Jerzego Helsztyńskiego — z zakresu wzmacniaczy łańcuchowych oraz prace Andrzeja Filipkowskiego i Zbigniewa Gniewińskiego — rozwijające metody projektowania wzmacniaczy selektywnych RC ze sprzężeniem zwrotnym.

Pod koniec „ery” układów lampowych w roku 1955 powstał pod przewodnictwem Wiktora Golde (lata 1921–1983) trzyosobowy zespół (w jego skład weszli: J. Baranowski i A. Filipkowski), który rozpoczął pionierskie w skali kraju prace nad układami tranzystorowymi. Poza licznymi pracami przyczynkowymi powstały pierwsze w Polsce książki o charakterze monograficznym, wydawane przez PWT (później WNT), pod wspólnym tytułem *Układy tranzystorowe*. W serii tej wyszły m.in. książki: W. Golde, *Wzmacniacze tranzystorowe małej częstotliwości* (PWT, 1961 r.); A. Filipkowski, *Tranzystorowe wzmacniacze wielkiej częstotliwości* (PWT, 1961 r.; drugie wyd. — 1963 r.; tłum. niemieckie — 1966 r.) oraz J. Baranowski i T. Jankowski, *Tranzystorowe układy impulsowe* (PWT, 1961 r.; drugie wyd. — 1964 r.; tłum. niemieckie — 1964, 1966 r.). W późniejszych latach zostały wydane następne monografie z tej serii: W. Golde, *Wzmacniacze tranzystorowe — małej częstotliwości, prądu stałego, szerokopasmowe* (WNT, 1963 r.); A. Filipkowski, *Wzmacniacze tranzystorowe — selektywne* (WNT, 1968 r.); J. Baranowski, *Półprzewodnikowe elementy układów impulsowych* (WNT, 1969 r.); J. Baranowski, *Półprzewodnikowe układy impulsowe* (WNT, 1970 r.) oraz J. Baranowski, *Półprzewodnikowe układy impulsowe i cyfrowe* (WNT, 1976 r.). Książki te odegrały zasadniczą rolę w upowszechnieniu nowej — w tamtym okresie — techniki tranzystorowej i stanowiły punkt wyjścia dla wielu prac badawczych i aplikacyjnych, nie tylko na naszym Wydziale.

Niezwykle szybki rozwój układów półprzewodnikowych i ich zastosowań doprowadził do włączenia do tematyki układów elektronicznych problematyki układów scalonych. Ukazuje się m.in. monografia A. Filipkowskiego pt. *Mikroelektroniczne układy scalone* (WNT, 1966 r.). Pojawia się nowy kierunek badań — projektowanie układów elektronicznych z uwzględnieniem wrażliwości i tolerancji. Początek temu kierunkowi dała rozprawa habilitacyjna A. Filipkowskiego pt. *Analiza i projektowanie scalonych hybrydowych wzmacniaczy tranzystorowych wielkiej częstotliwości z uwzględnieniem wrażliwości na zmiany i rozrzuty parametrów* (1972 r.). Dalsze prace dotyczyły statystycznej optymalizacji układów elektronicznych i optymalizacji uzysku produkcyjnego. Wyrazem uznania dla osiągnięć zespołu A. Filipkowskiego było powierzenie mu w latach 1976–1981 kierownictwa polsko-amerykańskiego projektu badawczego *Tolerance Analysis and Yield Optimization in Active Networks*, finansowanego przez NSF i Fundusz im. Marii Skłodowskiej-Curie. Udział w projekcie wzięli: M. Stybliński — jako główny wykonawca, oraz J. Ogródzki, L. Opalski, Z. Michalski, M. Bukowski i W. Strasz. Projekt ten — zrealizowany przy ścisłej współpracy Oakland University w Rochester (M.S. Ghausi) oraz University of California w Berkeley (E.S. Kuh) — dał początek szerokiej współpracy naukowej z USA, ze szczególnym udziałem M. Styblińskiego i L. Opalskiego. W roku 1981 Maciej Stybliński (lata 1943–1997) uzyskał stopień doktora habilitowanego na podstawie rozprawy *Metody analizy i optymalizacji statystycznej układów elektronicznych*. Ukazała się również jego monografia pt. *Metody analizy i optymalizacji tolerancji parametrów układów elektronicznych* (WNT, 1981 r.), zawierająca m.in. podsumowanie osiągnięć autora. W tymże roku M. Stybliński wyjechał na stałe do USA (Texas A&M University).

Prace o tej tematyce były kontynuowane w latach osiemdziesiątych. Dzięki współpracy z M. Styblińskim ukazało się wiele istotnych publikacji w IEEE Trans. i w materiałach największych konferencji międzynarodowych (A. Filipkowski, M. Bukowski, M. Stybliński, J. Ogrodzki, J. Opalski, R. Biernacki). Obroniono także kilka rozpraw doktorskich. W tym czasie Jacek Wojciechowski pracuje nad metodami analizy wrażliwościowej z wykorzystaniem obwodów dołączonych i twierdzenia Tellegena (publikacje m.in. w J. Frankl. Inst. oraz referaty na konferencjach międzynarodowych), których podsumowanie zawiera jego rozprawa habilitacyjna *Analiza wrażliwościowa analogowych układów elektrycznych z wykorzystaniem twierdzenia Tellegena* (1989 r.).

W latach dziewięćdziesiątych nadal prowadzone są prace nad optymalnym projektowaniem statystycznym układów (głównie J. Wojciechowski⁶, L. Opalski i K. Zamłyński). Ich wyniki były publikowane m.in. w IEEE Trans. oraz przedstawiane na konferencjach międzynarodowych. Najnowsze osiągnięcie w tej dziedzinie stanowi monografia J. Wojciechowskiego pt. *Piecewise Ellipsoidal Approximation — Application to System Design* (WKiŁ, 2001 r.). Wiele prac poświęcono także symulacji i komputerowej analizie układów elektronicznych. D. Bukat, M. Bukowski, J. Ogrodzki i L. Opalski opracowali i zaimplementowali dwie wersje uniwersalnego symulatora układów elektronicznych OPTIMA. Opis tego symulatora i zasady jego użytkowania przedstawiono w książce: D. Bukat, J. Ogrodzki, *OPTIMA v.2,0 Uniwersalny analizator układów elektronicznych* (WNT, 1995 r.). Ponadto J. Ogrodzki wydał dwie ważne książki: *Komputerowa analiza układów elektronicznych* (PWN, 1994 r.) oraz *Circuit Simulation Methods and Algorithms* (CRC Press, 1994/95 r.), a niedługo potem uzyskał stopień doktora habilitowanego na podstawie rozprawy *Jednolite ujęcie metod klasycznych komputerowej symulacji sieci elektrycznych* (1995 r.).

Przejdźmy teraz do innych wątków i, z konieczności, cofnijmy się w czasie.

W połowie lat sześćdziesiątych, z inicjatywy A. Smolińskiego podjęte zostały prace nad wzmacniaczami i generatorami z diodą tunelową i diodą Gunna (m.in. J. Dobrowolski, M. Majewski, J. Markowski). Dały one początek działalności naukowej w nowej dziedzinie — mikrofalowej elektronice ciała stałego. Rozwinęły się także prace z zakresu układów optoelektronicznych (J. Helsztyński, M. Rzewuski, W. Jasiewicz, R. Car i inni), omówione w opracowaniu dotyczącym techniki laserowej. Kontynuowane były również badania w dziedzinie układów generacyjnych wielkiej częstotliwości (J. Pawłowski, B. Kalinowski), głównie w zakresie występujących w tych układach fluktuacji i ich wpływu na długoterminową stałość częstotliwości.

W zespole kierowanym przez J. Baranowskiego wiodącym tematem badań była analiza i wykorzystywanie szybkich procesów zachodzących przy przełączaniu elementów półprzewodnikowych. Układy impulsowe, ze szczególnym uwzględnieniem właściwości półprzewodnikowych elementów specjalnych (diod tunelowych, diod Schottky'ego, diod ładunkowych, tranzystorów lawinowych), były przedmiotem wielu publikacji. Tematyka ta została przedstawiona w cytowanych już książkach J. Baranowskiego w serii *Układy tranzystorowe*. Uzyskane rezultaty stały się podstawą prac nad konstrukcją synchroskopów próbkujących (o paśmie 1 GHz i 3 GHz), zawierających wiele oryginalnych, opatentowanych rozwiązań układowych. Mimo niewątpliwych osiągnięć naukowych i technicznych prace nad synchroskopami zostały w roku 1976 przerwane ze względu na brak możliwości wdrożeniowych. Ukazała się natomiast książka pod red. J. Baranowskiego (współautorzy: A. Rusek, M. Ramotowski, M. Rzewuski, S. Misiaszek, W. Nowakowski) pt. *Synchroskopy stroboskopowe szerokopasmowe* (WNT, 1972 r.), stanowiąca podsumowanie osiągniętych rezultatów.

W połowie lat siedemdziesiątych podjęto w zespole J. Baranowskiego (trwające do końca lat osiemdziesiątych) prace nad modelowaniem elementów półprzewodnikowych (m.in. J. Ceremuga, R. Pietrkiewicz, M. Ramotowski). W serii złożonej z kilkudziesięciu publikacji (w dużej części autorstwa J. Baranowskiego) zaproponowano wiele nowych modeli wielkosygnałowych, przydatnych m.in. do implementacji w programach komputerowych OPTIMA oraz OPTAN (autorstwa T. Kaźmierskiego). W roku 1985 J. Baranowski obronił rozprawę habilitacyjną pt. *Sekcyjne modele ładunkowe diod i tranzystorów bipolarnych*, zawierającą nowe, ważne rozwiązania w zakresie modelowania elementów półprzewodnikowych. Istotne znaczenie miało opracowanie fizycznie uzasadnionego, sekcyjnego modelu diody ładunkowej,

⁶ W 1997 r. przeszedł do Instytutu Radioelektroniki.

elementu modelowanego dotychczas metodami heurystycznymi. Prace w dziedzinie modelowania metodą sekcji ładunkowych zostały podjęte na nowo w latach dziewięćdziesiątych przez Katarzynę Opalską.

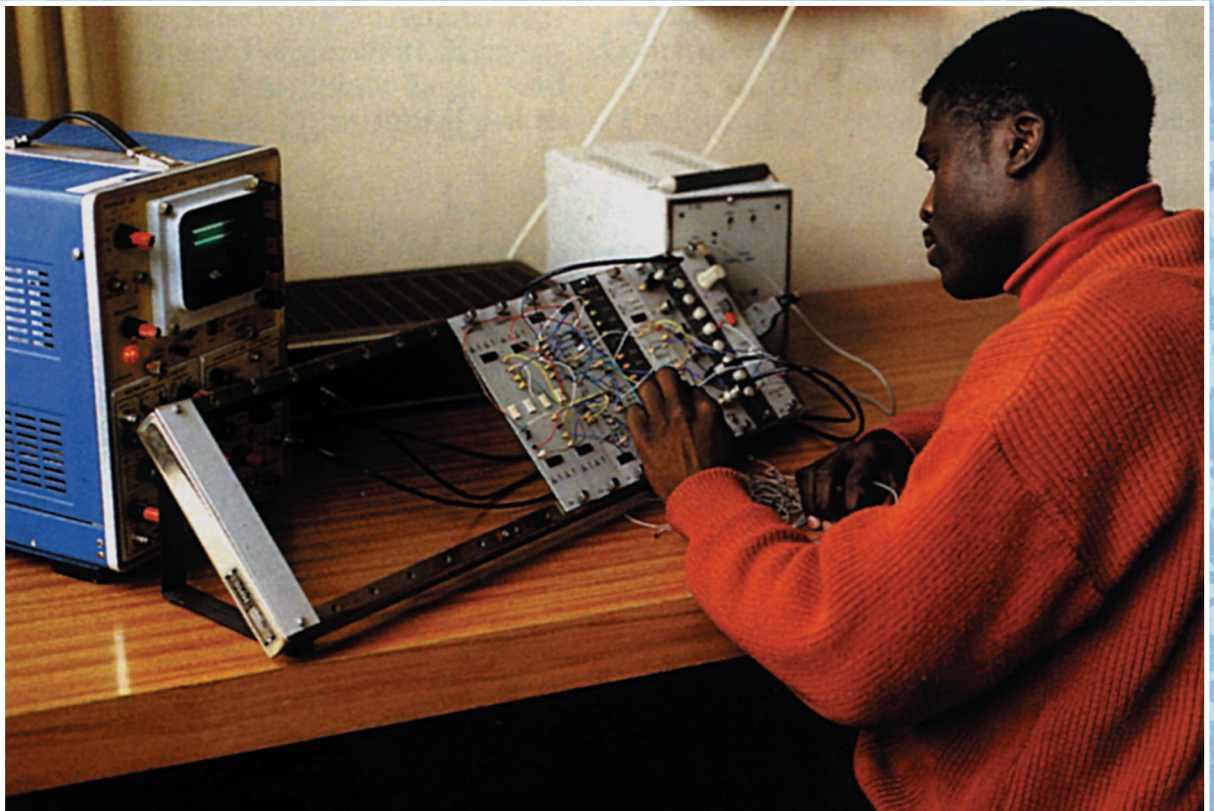
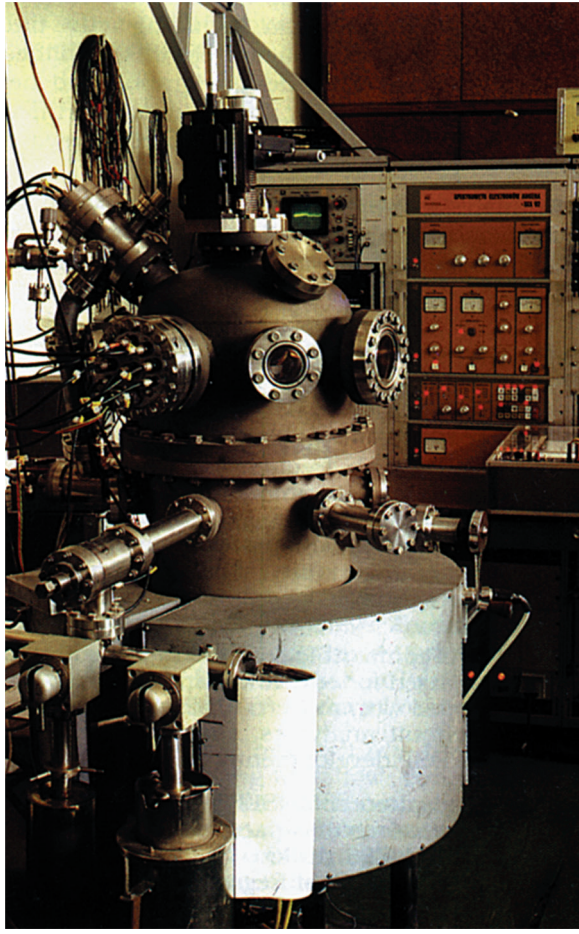
Kontynuowane były również prace z zakresu techniki pikosekundowej (S. Misiaszek, K. Zięcina, A. Burd, M. Radtke) z wykorzystaniem współczesnych komputerów. Na podkreślenie zasługuje działalność w latach osiemdziesiątych Grzegorza Czajkowskiego. Był on głównym projektantem i realizatorem opracowania pokładowego systemu orientacji przestrzennej osi satelity względem gwiazd pod nazwą TELEGWIAZDA. Przy udziale wielu współpracujących instytucji system ten został wykonany i w lipcu 1990 r. umieszczony na orbicie w satelicie radzieckim GAMMA, gdzie pracował poprawnie, zgodnie z założeniami. Pod kierownictwem G. Czajkowskiego został zaprojektowany i wykonany (na początku lat dziewięćdziesiątych), wyspecjalizowany komputer do analizy widma sygnałów niestacjonarnych w czasie rzeczywistym. Konstrukcja ta, pod nazwą *Programowany Analizator Widma — GC89*, została wykonana w kilku egzemplarzach dla różnych użytkowników.

Obecnie prace nad ważnym tematem zjawisk niestałości chwilowej wyzwiania (jitteru) w układach przerzutnikowych prowadzi Tomasz Adamski, który w 1994 r. obronił rozprawę habilitacyjną pt. *Losowe zjawiska typu niestałości chwilowej w układach i systemach elektronicznych*.

Na zakończenie omówienia działalności naukowej zespołów wchodzących w skład Zakładu Układów i Systemów Elektronicznych (obecna nazwa zakładu) w Instytucie Systemów Elektronicznych należy wspomnieć o bardzo aktywnej działalności zespołu, którego tematyka wykracza poza ramy *podstaw układów elektronicznych*. Chodzi tu o powstały na końcu lat siedemdziesiątych z inicjatywy W. Goldego, i aktywnie działający do chwili obecnej, zespół Aparatury Biomedycznej. Zespół ten, kierowany przez wiele lat przez W. Wierzejskiego, zajął się zbieraniem, analizą i przetwarzaniem sygnałów biologicznych z żywych organizmów. Prace dotyczyły ciśnienia wewnątrzczaszkowego i przepływów mózgowych, badań audiologicznych i foniatrycznych, diagnostyki rynologicznej (drożności nosa) oraz nieinwazyjnego wykrywania patologii naczyń krwionośnych mózgu. Przy współpracy z licznym gronem lekarzy (m.in. z Wydziału Neurochirurgii Addensbrook Hospital w Cambridge) zespół w składzie: M. Czosnyka (obecnie na stałe w Cambridge), A. Grzanka, P. Śmielewski, S. Piechnik opublikował wiele prac w najpoważniejszych czasopismach biomedycznych, uzyskując wysoką ocenę w środowisku europejskim. Marek Czosnyka obronił w roku 1994 (wykonaną w Cambridge) rozprawę habilitacyjną pt. *Analiza dynamicznych procesorów wewnątrzczaszkowej kompensacji objętościowej*. Mimo nieobecności lidera zespołu (M. Czosnyka) w kraju — a może właśnie dzięki jego pozycji w środowisku angielskim — działalność tego niewielkiego zespołu w tej niezwykle ważnej dziedzinie rozwija się bardzo pomyślnie.

DOROBEK PODRĘCZNIKOWY (POZYCJE WYBRANE)

1. W. Golde, *Układy elektroniczne*, WNT, t. 1 — 1970, t. 2 — 1976 r.
2. J. Pawłowski, *Podstawowe układy elektroniczne. Wzmacniacze i generatory*, WKiŁ, 1975 r. (drugie wyd. — 1980 r.).
3. J. Pawłowski, *Podstawowe układy elektroniczne. Nieliniowe układy analogowe*, WKiŁ, 1979 r.
4. W. Nowakowski, *Podstawowe układy elektroniczne. Układy impulsowe*, WKiŁ, 1982 r.
5. A. Filipkowski, *Układy elektroniczne analogowe i cyfrowe*, WNT, 1978 r. (4 wydania w latach 1978–1995).
6. Z. Nosal, J. Baranowski, *Układy elektroniczne, Cz. I. Układy analogowe liniowe*, WNT, 1993 r. (3 wydania w latach 1993–1998).
7. J. Baranowski, G. Czajkowski, *Układy elektroniczne Cz. II. Układy analogowe nieliniowe i impulsowe*, WNT, 1993 r. (3 wydania w latach 1993–1998).
8. J. Baranowski, B. Kalinowski, Z. Nosal, *Układy elektroniczne Cz. III. Układy i systemy cyfrowe*, WNT, 1994 r. (drugie wyd. — 1998 r.).
9. Pod red. J. Baranowskiego, *Zbiór zadań z układów elektronicznych nieliniowych i impulsowych*, WNT, 1997 r.
10. Pod red. J. Baranowskiego, *Zbiór zadań z układów elektronicznych liniowych*, WNT, 1998 r.



elektronika

SKĄD PRZYCHODZIMY I DOKĄD ZMIERZAMY?

Postęp techniczny trwa od momentu pojawienia się Człowieka na Ziemi, służąc zaspokajaniu ludzkich potrzeb. Jedną z nich jest chęć przekazywania i zdobywania informacji i zdaniem autora ona właśnie zapoczątkowała rozwój elektroniki. Z uwagi na niezaprzeczną obecność elektroniki w codziennym życiu, pojęcie to stało się słowem — kluczem, którego sens jest zazwyczaj trudny do sprecyzowania. Z pewnością możemy zaryzykować twierdzenie, że wiek XX to wiek elektroniki (specjaliści z innych dziedzin powiedzą, że nie tylko — i również będą mieli rację). Spróbujmy zatem w sposób najprostszy tę elektronikę zdefiniować. Jest to dziedzina wiedzy i techniki wykorzystująca do realizacji swoich celów elektron, jego zachowanie w próżni, gazach i ciałach stałych. Elektronika to zatem różnorodne przyrządy elektronowe: lampy próżniowe, tranzystory, układy scalone, fotodetektory, diody świecące, lasery itp. Ale elektronika to także urządzenia i systemy elektroniczne, które bez tych przyrządów istnieć by nie mogły (radioodbiornik, telewizor, komputer...).

Na marginesie pierwszych stron tego tekstu podano niektóre (arbitralnie przez autora wybrane) z ważniejszych wydarzeń z dziejów elektroniki. Ma to na celu nie tylko przypomnienie historii. Jeśli bowiem jednym z celów tego opracowania jest historia, dzień dzisiejszy i przyszłość prac badawczych na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej, to nie sposób oderwać się od tego, co na świecie się działo i dzieje. Nie sposób także (ale o tym już dalej) uciec od sytuacji geopolitycznej i gospodarczej kraju i jej wpływu na charakter naszej działalności badawczej i technicznej.

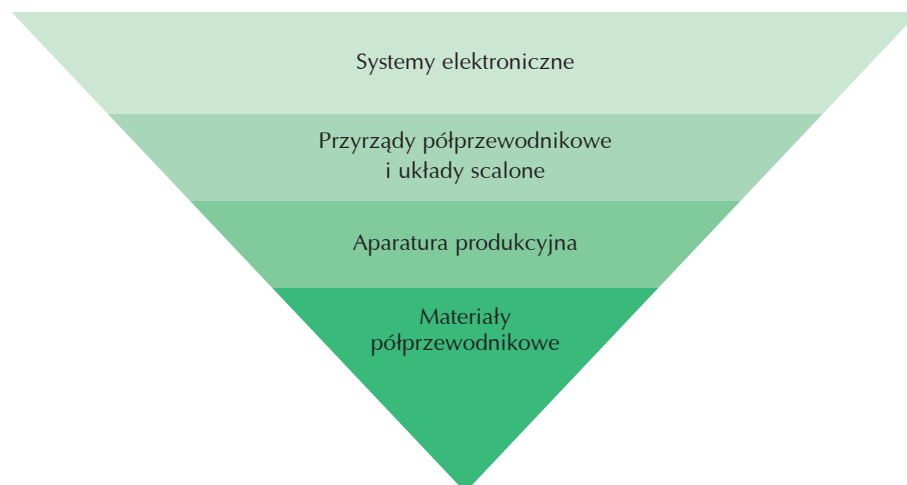
Zanim przejdziemy do historii, przyjrzyjmy się jednak bliżej uproszczonej strukturze przemysłu elektronicznego w 2001 r. przedstawionej na rysunku.

Na szczycie tej struktury są, oczywiście, finalne produkty — systemy elektroniczne. Poniżej układy i przyrządy półprzewodnikowe, bez których systemy te nie mogłyby być realizowane. Wreszcie aparatura technologiczna oraz kontrolno-pomiarowa. Na samym dole znajdują się materiały, głównie krzem, ale nie tylko. Nie podajemy tutaj przykładów liczbowych, ale można zaryzykować twierdzenie, że wartość sprzedanych w 2001 roku systemów elektronicznych to ok. 1200 mld USD, a udział przyrządów półprzewodnikowych i układów scalonych to ok. 300 mld USD. Udział ten wciąż zresztą rośnie i w niektórych systemach komunikacji ruchomej (przenośnej) sięga 50% ich wartości finalnej. Wydaje się, że podział „systemy — układy” będzie się trochę zacierał w związku z próbami realizacji systemów na płytce krzemowej (ang. SOC — *System On Chip*). Dalszą ewolucję w tym zakresie może spowodować technologia SOI (ang. *Silicon On Insulator*) stwarzająca szanse na budowę układów (systemów) „wielopiętrowych” (trójwymiarowych).

Trudno jest określić, kiedy rozpoczęła się era elektroniki: podobno termin elektron wprowadził w 1891 roku irlandzki nauczyciel George J. Stoney, a świat naukowy przyjął powszechnie istnienie elektronu po ukazaniu się pracy Josepha J. Thomsona, opublikowanej w *Philosophical Magazine* w 1897 roku. Nie przypisujemy sobie (tj. elektronice) Guglielmo Marconiego, gdyż zaraz ogarnie nas pokusa włączenia także Alexandra G. Bella i Samuela Morse’a. Uznajmy z pokorą, że telegraf i telefon elektronikę poprzedziły i określmy jej początek na rok 1907, kiedy to Lee De Forest wynalazł triodę. Chwała nowej ery na tym nie ucierpi, możliwości powstałe bowiem w tej dziedzinie przez wprowadzenie lamp elektronowych były i są zbyt oczywiste, aby je przeoczyć czy też zapomnieć nawet w wieku nanoelektroniki.

Andrzej Jakubowski

prof. dr hab.
Instytut Mikroelektroniki
i Optoelektroniki
Politechniki Warszawskiej
Gmach Elektrotechniki,
kl. A, p. 033
ul. Koszykowa 75
00-662 Warszawa
tel. (48 22) 660-7534
e-mail: a.jakubowski@
imio.pw.edu.pl



Struktura przemysłu w 2001 roku

De Forest nazwał (a ściślej zrobił to jego asystent Carl D. Babcock) swoje cudowne dziecko audionem (z łac. *audio, audire* — słyszeć; w owych czasach *słyszeć poruszanie się elektryczności*). Umawiamy się zatem, że audion (trioda próżniowa) to początek elektroniki. Warto jednak pamiętać, że nie byłoby elektroniki bez dokonań sprzed 1907 r. Mamy zatem wiele szacunku dla Karla F. Browna i G. Marconiego, dlatego otrzymane przez nich Nagrody Nobla (1909) wymieniliśmy wśród tych, które przyczyniły się do rozwoju elektroniki, choć ją, zgodnie z naszą definicją, poprzedzały. K. F. Braun skonstruował w 1897 roku lampę katodową (zwaną także lampą Brauna). Każda lampa kineskopowa (także oscyloskopowa) zawiera w sobie ślad działalności tego wybitnego fizyka. Zasługi G. Marconiego jako twórcy radiofonii i radiotelegrafii są ogólnie znane. Można wszakże zaryzykować stwierdzenie, że jego genialny wynalazek — radio — rodził się dwa razy. Drugi raz — dzięki triodzie De Foresta, heterodynie Reginalda A. Fessendena, sprzężeniu zwrotnemu i superheterodynie Edwina H. Armstronga oraz nadajnikom Ernesta F.W. Alexandersona (przepraszam tych, których pominąłem). Zresztą i sporów o pierwszeństwo było niemało (m.in.: G. Marconi, Leo Solari, Paolo Castelli, Olivier Lodge, Edouard Branly, Jagadis Ch. Bose — detektor; De Forest, Armstrong — układ sprzężenia zwrotnego).

Tyle o zamierzchłej historii. Faktem jest, że bez lampy De Foresta nie byłoby współczesnej (na owe czasy) radiotechniki i telewizji. Wróćmy jednakże do głównego wątku tej wstępnej części historycznej i postawmy, być może kontrowersyjną, tezę: były trzy kamienie milowe (na coś trzeba się zdecydować) w rozwoju elektroniki: lampa Lee De Foresta, tranzystor Williama Shockleya, Johna Bardeena i Waltera H. Brattaina oraz maser (laser) Charlesa Townesa, Nikołaja G. Basowa i Aleksandra M. Prochorowa. Zatrzymajmy się na chwilę przy tranzystorze. J. Bardeen i W. Brattain zrobili sobie piękny prezent na Święta Bożego Narodzenia 1947 roku — tranzystor ostrzowy urodził się bowiem 23 grudnia tegoż roku. Już w roku następnym W. Shockley (23 stycznia 1948 r.; zgłoszenia patentowe 26 czerwca 1948 r.) zaproponował rewolucyjną koncepcję tranzystora złączowego (ang. BJT — *Bipolar Junction Transistor*). W 1949 roku ukazała się jego fundamentalna, podstawowa do dziś dla elektroniki półprzewodnikowej praca pt. *The Theory of p-n Junctions in Semiconductors and p-n Junction Transistors* (Bell System Technical Journal, July 1949). Ale nie tylko złącze p-n i bipolarny tranzystor złączowy zawdzięczamy Shockleyowi. To było genialne, to był przełom, ale za tym ruszyły dalsze idee. Nowe przyrządy (m.in.: złącze p-i-n, struktura p-n-p-n, tranzystor polowy, złączowy JFET, koncepcja heterostruktur...), nowe technologie, nowe rozwiązania układowe — w sumie 90 patentów.

I tak się to zaczęło. A kiedy w szranki wstąpił krzem (jego nie zabraknie, Ziemia jest wszakże planetą krzemową), rozpoczął się szybki rozwój elektroniki, którego rezultaty dziś obserwujemy i z którym wiążemy nadzieje na przyszłość: 256 Gb DRAM na powierzchni 15 cm² w 2015–2018 roku? To byłoby dwa razy tyle, ile „ciał niebieskich” zidentyfikowano w naszej galaktyce...

Nie bez powodu krzem można nazwać nośnikiem informacji obecnej epoki. Zróbmy takie, może ryzykowne, porównanie. Dwie rewolucje w dziedzinie nośników informacji wydarzyły się w odstępie 500 lat: Johan Gutenberg \S William Shockley, drewno \S piasek; kartka papieru \S płytki krzemowa; ryza papieru \S monokryształ krzemu; drukarnia \S fabryka krzemowa; korekta \S testowanie; tekst, język \S układy logiczne; wydawnictwa artystyczne, niskonakładowe edycje \S układy specjalizowane; gazety, tanie książki wielkonakładowe \S układy standardowe itd. Może to przesada, ale coś w tym jest. No i na dodatek ten cudowny dar natury — krzem, wspomagany nauką i techniką, zaświecił (Nature, 8 marca 2001 r.).

Często zdarza się w historii nauki i techniki, iż nowe wynalazki powstają akurat wtedy, gdy stają się nieodzowne dla właśnie powstających nowych dziedzin techniki. Tak było z lampą De Foresta, tak też było z tranzystorem Shockleya. Po nich zwykle następuje eksplozja nowych pomysłów i udoskonaleń. W przypadku lampy De Foresta były to szybkie postępy w dziedzinie techniki wysokiej próżni oraz katod lamp. W przypadku tranzystora Shockleya — nowe przyrządy, monokryształy, nowe procesy...

Bywało też inaczej. W latach 1926–1928 Julius E. Lilienfeld (urodzony w Polsce w 1882 roku) zgłosił 5 patentów, wśród których były pierwowzory tranzystorów MESFET i MOSFET, zaś w roku 1933 Oskar Heil zgłosił patent na przyrząd będący także pierwowzorem tranzystora MOSFET (ściślej biorąc tranzystora TFT). Pomysły te, delikatnie mówiąc, nie wzbudziły entuzjazmu. O ile rozwiązania proponowane przez J. Lilienfelda były raczej nierealizowalne w owym czasie, pomysł O. Heila — jego propozycje materiałowe — chyba tak. Jakże inaczej mogłaby się potoczyć historia elektroniki. Shockley dopiero pobierał wówczas nauki bądź w szkole średniej (pierwsze zgłoszenie patentowe Lilienfelda), bądź też w Massachusetts Institute of Technology (zgłoszenie patentowe Heila).

Powróćmy jednakże do dnia dzisiejszego i popatrzmy nieco w przyszłość. Dzień dzisiejszy elektroniki to zdecydowana dominacja krzemu i technologii CMOS. Technologia ta „uruchomiła” swoje rezerwy: heterostruktury z krzemogermanem (może także SiC i SiGeC) i supersieci, krzem na izolatorze (SOI), a ostatnio także krzem na „czymkolwiek” (ang. SOA — *Silicon On Anything*), czy też krzem na „niczym” (ang. SON — *Silicon On Nothing*). Rezerwy „klasycznej” technologii krzemowej, jeśli tempo jej rozwoju będzie się utrzymywać i nie wydarzy się nieszczęście, sięgają 2015–2020 roku. Jeżeli w dodatku krzem porządnie zaświeci (lasery krzemowe), powstanie realna szansa na wymarzoną od lat rzeczywistą integrację mikroelektroniki i optoelektroniki. Już dzisiaj pojedyncze, krzemowe tranzystory MOS osiągają w laboratoriach częstotliwości graniczne ponad 250 GHz, a ich możliwości teoretyczne sięgają częstotliwości 1 THz (tranzystory bazujące na związkach $A_{III}-B_{V}$, w szczególności struktury HEMT w obniżonych temperaturach — to jeszcze większe częstotliwości). W układach o większej złożoności częstotliwości te są znacznie niższe (efekty pasożytnicze, sieć połączeń). Optyczna sieć połączeń wewnątrz układu — to byłaby nowa rewolucja. Szybsze, złożone układy (systemy), to perspektywa realizacji nowych funkcji. Może wreszcie da się z tym komputerem po ludzku pogadać... Co mogą nam przynieść układy trójwymiarowe lub układy krzemowe z logiką wielowartościową? Nieunikniony jest także marsz w stronę nanoelektroniki. Nie chodzi tu tylko o rozmiary struktur, one już dzi-

HISTORIA

Rezystor		1826
Fotorezystor		1876
Lampa Brauna		1897
Radio I (radiotelegrafia, radiotelefon)		1887– –1901
Lampy elektronowe (Lee de Forest)	Dioda	1904
	Trioda	1907
Metoda Czochralskiego (monokrystalizacja)		1917
Radio II (superheterodyna)		1918
Pierwsza publiczna rozgłośnia radiowa		1920
Ikonoskop (lampa analizująca)		1923
Kineskop (lampa obrazowa)		1924
Magnetron (lampa mikrofalowa)		1926
Cienkowarstwowy MESFET (idea) (J.E. Lilienfeld)		1926
Pentoda		1928
Cienkowarstwowy MOSFET (idea)		1928
Telewizja		1934– –1937
Orthicon (lampa analizująca)		1939
Magnetron wielonękowy		1939

1939	Klison (lampa mikrofalowa)	
1945	Lampa z falą bieżącą	
1946	Komputer ENIAC	
1947	ostrzowy	Tranzystor bipolarny (J. Bardeen, W. Brattain, W. Shockley)
1948	warstwowy (BJT)	
1949	Monokryształy Ge	
1950	Vidicon (lampa analizująca)	
1951	Monokryształy Si	
1951	Diody świecące (LED)	
1952	Tranzystor polowy złączowy (JFET)	
1953	Radio III (tranzystorowe)	
1953	TV kolorowa	
1953	Krzemowe ogniwo słoneczne	
1954	MASER (Ch.H. Townes, N.G. Basow, A.M. Prochorow)	
1954	Monokryształy GaAs, InAs	
1955	Złącze P-N (GaAs)	
1956	Tyrystor	
1957	Tranzystor heterozłączowy (HBT)	
1958	Układ scalony (J. Kilby, R.N. Noyce)	
1958	Dioda tunelowa	

sia są niekiedy nanometrowe: chodzi o nową generację przyrządów, a wśród nich m.in. wykorzystanie elektroniki jednego elektronu (tranzystor 1-elektronowy) i jego spinu (tranzystor spinowy), tunelowania (diody i tranzystory z rezonansem tunelowym, supersieci, złącza Josephsona, magnetorezystancja tunelowa...), a także wykorzystanie molekuł chemicznych (elektronika molekularna). Dzisiaj pracuje się nad tym w laboratoriach, ale jutro...? Ostatnio koncern IBM doniósł o opracowaniu technologii nanorurek węglowych, stwarzających szansę na realizację struktur tranzystorowych o rozmiarach atomowych, kilkaset razy mniejszych od współczesnych tranzystorów krzemowych (Science, 27 kwietnia 2001).

Wspomnijmy jeszcze o drugim potężnym narzędziu elektroniki — optoelektronice. Maser (protoplasta lasera) urodził się 6 lat po tranzystorze, a jego „dziecko” — laser — to druga po tranzystorze rewolucja w ostatnim 50-leciu.

Dysponowanie niszczącym promieniem światła było jednym z najstarszych marzeń ludzkości. Mogło ono być podstawą starożytnej, prawdopodobnie apokryficznej legendy o tym, że Archimedes był w stanie podpalić okręty nieprzyjacielskie, używając dużych zwierciadeł do odbijania i ogniskowania światła słonecznego. Marzenie to zostało spełnione (przynajmniej po części) dopiero w dwudziestym wieku. W 1917 roku Albert Einstein odkrył i opisał zjawisko emisji wymuszonej. Jak dzisiaj wiemy, zjawisko to stało się podstawą działania generatorów spójnego promieniowania elektromagnetycznego. Jednak na uruchomienie pierwszego masera (generatora promieniowania elektromagnetycznego z zakresu mikrofal) musimy jeszcze zaczekać około 35 lat. W 1954 r. niezależnie w Stanach Zjednoczonych (Charles H. Townes z Uniwersytetu Columbia i John Weber z Uniwersytetu Maryland) oraz w Związku Radzieckim (Nikołaj G. Basow i Aleksander M. Prochorow z Instytutu Fizyki Akademii Nauk im. Lebediewa w Moskwie) zostaje uruchomiony maser. Byliśmy świadkami wielkiego przełomu, który w gruncie rzeczy uzmysłowił nam, jak łatwo generować silne, koherentne wiązki promieniowania elektromagnetycznego (na razie w zakresie mikrofal).

Twórcy techniki maserowej, nie do końca usatysfakcjonowani swoim bezspornym sukcesem, postawili sobie następne zasadnicze pytanie: czy możliwe jest osiągnięcie na tej drodze podobnego efektu w optycznym zakresie fal, a więc czy możliwa jest budowa „optycznego masera” — lasera? Uruchomienie akcji laserowej w zakresie optycznym przypadło w udziale Thomasowi H. Maimanowi, który w 1960 roku w laboratorium Hughes Aircraft Company uzyskał efekt laserowy w kryształach syntetycznego rubinu. W ten sposób po raz pierwszy wykorzystano zjawisko emisji wymuszonej do generacji fali świetlnej o niespotykanej do tej pory spektralnej gęstości mocy oraz dużym stopniu spójności czasowej i przestrzennej.

Okres, który upłynął od uruchomienia pierwszego lasera po dzień dzisiejszy, to czas niezwykle burzliwego rozwoju technik laserowych. Zbudowano setki typów laserów, w których generację promieniowania uzyskano w ośrodkach o wszystkich stanach skupienia (gazach, parach, cieczach, ciele stałym, zestalonych gazach). Generują one promieniowanie w zakresie długości fal rozciągających się od dalekiej podczerwieni (tj. kilkuset mikrometrów) do fal rentgenowskich (tj. nanometrów), o mocach od pojedynczych mikrowatów do wartości przekraczających terawaty, pracują w sposób ciągły lub impulsowy, a czasy trwania impulsu dochodzą do pojedynczych fem-

tosekund. (tzw. superkrótkie impulsy). Oczywiście, na łamach tego opracowania trudno byłoby choćby wspomnieć o reprezentantach poszczególnych typów laserów. Zatrzymajmy się może na chwilę przy półprzewodnikowym laserze złączowym — strukturze bliskiej elektronikom i optoelektronikom. Laser taki powstał na jesieni 1962 roku prawie jednocześnie w trzech laboratoriach: w General Electric Co., w International Business Machines Corp. oraz w Massachusetts Institute of Technology. Pierwsze struktury laserowe, pracujące impulsowo w temperaturze ciekłego azotu — żyjące kilkanaście minut, wymagające prądów zasilania na poziomie kiloamperów i generujące wiązkę o słabej jakości optycznej — nie wzbudziły zachwytu ekspertów. Wręcz przeciwnie, sformułowali oni opinię, iż badania nad laserami półprzewodnikowymi prowadzą w ślepy zaulek, nie wróżący sukcesu. Na szczęście słowa ekspertów nie osłabiły zapału badaczy pracujących nad udoskonalaniem laserów złączowych. Rozwój technologii materiałów półprzewodnikowych oraz dynamiczny rozwój technologii planarnych zaowocował pojawieniem się biheterostruktur i nieco później struktur ze studniami kwantowymi, charakteryzujących się bardzo dużą sprawnością działania. Dziś lasery półprzewodnikowe stanowią jedną z największych rodzin laserowych, generujących promieniowania o mocach od mikrowatów do kilku watów w zakresie długości fal obejmującym przedział od głębokiej podczerwieni do promieniowania niebieskiego, bez których bardzo trudno się obejść zarówno w różnorodnych zastosowaniach specjalistycznych, jak i komercyjnych.

Uzyskanie wiązki laserowej, tj. strumienia światła o niespotykanych do tej pory cechach, dało początek nowym dziedzinom nauki, takim jak elektronika kwantowa, optyka nieliniowa, spektroskopia laserowa, chemia laserowa itd. Dało także początek wielu gałęziom wiedzy, mającym duże znaczenie dla techniki, a w tym holografii, optyce fourierowskiej, optycznemu przetwarzaniu informacji (między innymi przy użyciu komputerów kwantowych), optoelektronice zintegrowanej, fotonice, nowym metodom tworzenia i obróbki materiałów oraz nowym technikom pomiarowym (zarówno na poziomie mikro-, jak i makroświata). Lasery zrewolucjonizowały systemy łączności, oferując możliwości tworzenia kanałów przesyłu o nieosiągalnych do tej pory pojemnościach (przekraczających terabity) zabezpieczonych kryptografią kwantową. Technika laserowa otworzyła nową epokę w biologii i medycynie, dając diagnostyce i terapii niezwykle wygodne narzędzie. Stała się też obecna w zastosowaniach o charakterze czysto komercyjnym (np. w tzw. showbiznesie). Nie sposób również pominąć zastosowań specjalnych, w których techniki laserowe — zarówno na poziomie taktycznym, jak i strategicznym — stały się niezastąpione w tworzeniu różnych systemów militarnych.

Dalszy rozwój technik laserowych związany jest z pokonywaniem barier mocy, tworzeniem systemów laserowych o wielkich mocach (między innymi na potrzeby syntezy jądrowej) i wiarygodnych źródeł jednofotonowych (kryptografia kwantowa, komputery kwantowe), pokonaniem bariery czasu — wygenerowaniem impulsów attosekundowych, uzyskaniem spójnych wiązek twardego promieniowania rentgenowskiego (i o krótszej długości fali), miniaturyzacją mikro- i nanostruktur laserowych pracujących bezprogowo. Może w niedalekiej przyszłości będziemy świadkami powstania spójnych źródeł innego rodzaju promieniowania, np. fal akustycznych czy fal

MOSFET		1960
Tranzystor cienkowarstwowy (TFT)		1961
LASER (T. Maiman, A. Javan, M. Nathan)	rubin	1960
	He-Ne	1961
	GaAs	1962
Komercyjne układy scalone	bipolarne	1961
	MOS	1962
Złącze Josephsona		1962
C MOS		1963
SOS (krzem na szafirze)		1964
MESFET		1966
1T DRAM (Jednotranzystorowa komórka pamięci DRAM)		1967
Laser heterozłączowy		1969
Laser na swobodnych elektronach		1970
CCD (Charge Coupled Devices)		1970
ISFET (Ion Sensitive FET)		1971
Mikroprocesor		1971
Dioda z rezonansem tunelowym (Resonant Tunneling Diode — RTD)		1974
Laser ekscimerowy		1974
Komputer osobisty (Personal Computer — PC)		1975

1976	Ogniwo słoneczne (krzem amorficzny)
1977	Gyrotron
1978	SOI (krzem na izolatorze)
1980	HEMT (<i>High Electron Mobility Transistor</i>)
1980	Optoelektroniczne układy scalone (OEIC)
1982	BJT (diament)
1982	IGBT (<i>Insulated Gate Bipolar Transistor</i>)
1984	MESFET (SiC)
1985	Tranzystor 1-elektronowy (SET)
1985	Mikrosystemy (MEMS)
1988	HBT (SiGe) (hererozłączowy tranzystor bipolarny)
1991	HEMT (diament)
1992	MOSFET (diament)
1993	BiCMOS (HBT — SiGe)
1995	Niebieski laser (GaN)
1996	Elektronika molekularna
1999	SON Krzem na „niczym”
2001	Krzem świeci!!!
2001	Nowy tranzystor? — nanorurki węglowe

grawitacyjnych, powodujących podobne przełomy, jakich dokonał laser w dwudziestym stuleciu.

Miniaturyzacja to wspólny mianownik tendencji rozwojowych mikroelektroniki i optoelektroniki. Małe jest nie tylko piękne. Małe jest inne. Dochodzimy do prób wykorzystania praw podstawowych rządzących cząstkami elementarnymi, czyli fotonem i elektronem. Chcemy wykorzystać zjawiska kwantowe do realizacji nowych generacji nanoprzyrządów elektronicznych i fotonowych.

Tym ogólnym, z pewnością niepełnym i ułomnym, wprowadzeniem autor chciał przypomnieć o tym, co wydarzyło się w wieku XX w elektronice. Bez tego wprowadzenia trudno byłoby bowiem zrozumieć logikę rozwoju tej dyscypliny na naszym Wydziale. Przedstawione wydarzenia to arbitralny wybór autora, ich daty także mogą być dyskusyjne. Mam nadzieję, że Czytelnik wybaczy mu błędy i usterki. Tymczasem pora przejść do tego, czym w dziedzinie elektroniki zajmowaliśmy się, zajmujemy i chcemy zajmować na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej.

ZANIM POWSTAŁ WYDZIAŁ ŁĄCZNOŚCI

Organizacyjne początki Wydziału Łączności to rok 1924 — wówczas na Wydziale Elektrycznym Politechniki Warszawskiej utworzono Oddział Prądów Słabych i Radiotechniki (później Oddział Telekomunikacji). Rozwój polskiej radiotechniki wiązał się wtedy z osobą Janusza Groszkowskiego. To on w 1923 r. założył Przegląd Radiotechniczny, w 1925 r. napisał pierwszą w Polsce i jedną z pierwszych w świecie monografię poświęconą lampom elektronowym (*Lampy katodowe i ich zastosowanie w radiotechnice*), to on wreszcie zorganizował w 1929 r. Katedrę Radiotechniki Politechniki Warszawskiej. W tym okresie najbardziej fascynującym osiągnięciem elektroniki była technika radiowa, dlatego też J. Groszkowski zajmował się problematyką lamp elektronowych, techniką wysokiej próżni, generacją sygnałów elektrycznych i stabilizacją częstotliwości. W latach 1937–1939, wraz ze swoim wychowankiem, współpracownikiem i przyjacielem — Stanisławem Ryżką, zastosował jako pierwszy w świecie katody tlenkowe w magnetronach i stworzył nowatorskie konstrukcje tych lamp (magnetron metalowy z wewnętrznym rezonatorem). Podobna konstrukcja magnetronu stała się podstawą sukcesów alianckich radarów w czasie drugiej wojny światowej. W 1932 roku J. Groszkowski wyprowadził formułę (zwaną później równaniem Groszkowskiego) określającą częstotliwość drgań układu w funkcji zawartości harmonicznych. Formuła ta stanowiła istotny wkład w rozwój teorii generacji sygnałów elektrycznych. W 1934 r. zorganizował Państwowy Instytut Telekomunikacji, z którego w późniejszym okresie „wypączkowało” wiele nowych ośrodków badawczych i biur projektowych. Interesującą cechą prac prowadzonych przez J. Groszkowskiego i jego współpracowników było łączenie badań z praktycznymi zastosowaniami, wśród których można wymienić budowę linii radiowej Gdynia–Hel (S. Ryżko) czy też wzorcową radiofonizację pierwszej wsi w Polsce (Stefan Darecki).

Lata wojenne w oczywisty sposób przerwały ciągłość prac badawczych, jednak aktywność poszczególnych badaczy nie ustała. W czasie oblężenia Warszawy w 1939 r. S. Ryżko wraz z Romanem Trechcińskim uruchomili i obsługiwali nadajnik radiowy. Działalność polskich radiotechników w tym okresie to — z jednej strony — działalność jawna (w Państwowej Wyższej Szkole Technicznej), z drugiej zaś — praca konspiracyjna: konstrukcje radiostacji (R. Trechciński, S. Ryżko), dostawa elementów do konspiracyjnej produkcji sprzętu radiowego (Stefan Hahn, Bohdan Paszkowski), rozszyfrowanie systemu sterowania niemieckich rakiet V-2 (J. Groszkowski, S. Darecki, S. Ryżko).

Po wojnie przed uczonymi, którzy ją przeżyli, stanął ogrom zadań związanych z odbudową laboratoriów Politechniki i instytutów badawczych. Ponadto należało wykształcić fachowe kadry dla tworzonych od podstaw przemysłu. Na Wydziale Elektrycznym reaktywowano Oddział Telekomunikacji. J. Groszkowski rozpoczął promocję kadry naukowej, którą kontynuowali jego wychowankowie. Zilustrujemy ten proces kilkoma przykładami promowania doktorów, którzy następnie uzyskali tytuły bądź stanowiska profesorów na naszym Wydziale:

- J. Groszkowski — S. Ryżko — Romuald Litwin — Tadeusz Morawski — Józef Modelski, Wojciech Gwarek;
- J. Groszkowski — Adam Smoliński — Wiktor Golde — Andrzej Filipkowski — Jan Ogrodzki;
- J. Groszkowski — S. Ryżko — Jerzy Osiewski — Aleksander Urbaś;
- J. Groszkowski — Alfred Świt — Andrzej Jakubowski — Bogdan Majkusiak, Jan Szmidt, Romuald B. Beck.

Trudno przecenić rolę S. Ryżki w tym procesie. To on wypromował tak wybitnych profesorów naszego wydziału, jak: Jan Ebert, Stefan Hahn, Jerzy Osiewski, Janusz Majcher, Romuald Litwin, Adam Fiok. Dzięki jego i innych staraniom o ciągłość kształcenia kadr naukowych uniknęliśmy (mimo ogromnych ubytków) zjawiska luki pokoleniowej, zachowaliśmy dobrze rozumianą ciągłość prac badawczych, umiejętność szybkiego reagowania na to, co się w elektronice zmienia i — co chyba ważniejsze — przewidywania, co się jeszcze wydarzyć może.

Jednak proces, który my uważamy za promocję kadr, może być przez innych uznany za zmarnowanie talentu. Znakomicie i wszechstronnie wykształcony Heinrich Hertz (Platona i tragedie greckie czytywał w oryginale, chętnie recytował Homera i Dantego) sporo czasu poświęcał także innym, jakże praktycznym zajęciom: szkicował, modelował, był biegłym stolarzem i tokarzem. Kiedy rzemieślnik, który go tego tokarstwa kiedyś nauczył, usłyszał o jego profesorskiej nominacji, wykrzyknął: *Jaka wielka szkoda — przecież ten chłopak mógł zostać tokarzem z prawdziwego zdarzenia.*

Siłami wychowanków J. Groszkowskiego stworzono placówki Polskiej Akademii Nauk oraz instytuty resortowe. Był to okres współdziałania wszystkich jednostek uczelnianych, resortowych i PAN-owskich. Przykładowo, część zajęć dydaktycznych należących do programu kształcenia Politechniki Warszawskiej odbywała się w Państwowym Instytucie Telekomunikacji, na uczelni powstawały z kolei załączki przyszłych zakładów Polskiej Akademii Nauk. Ten ogromny wysiłek badawczy i edukacyjny stanowił niepodważalny argument na rzecz przekształcenia Oddziału Telekomunikacji w osobny wydział.

NAGRODY NOBLA ZA OSIĄGNIĘCIA, KTÓRE PRZYCZYNIŁY SIĘ DO ROZWOJU ELEKTRONIKI

Joseph J. Thomson (1906) — za teoretyczne i doświadczalne prace nad przewodnictwem elektrycznym gazów

Guglielmo Marconi, Carl F. Braun (1909) — za osiągnięcia w dziedzinie rozwoju telegrafii bezprzewodowej

Albert Einstein (1921) — za osiągnięcia w dziedzinie fizyki teoretycznej oraz odkrycie praw opisujących efekty fotoelektryczne (stworzył teoretyczne podstawy maserów i laserów)

Robert A. Millikan (1923) — za pionierskie prace związane z określeniem ładunku elektronu oraz zaobserwowanie i wyjaśnienie efektu fotoelektrycznego

Owen W. Richardson (1928) — za eksperymentalne i teoretyczne prace w dziedzinie termo emisji, a w szczególności zaproponowanie formuły opisującej ten efekt (prawo Richardsona wykorzystywane jest także aktualnie do opisu niektórych przyrządów półprzewodnikowych)

Irving Langmuir (chemia) (1932) — za wybitne osiągnięcia w dziedzinie chemii powierzchni (o dużym znaczeniu dla elektroniki: lampy elektronowe, wysoka próżnia, efekty powierzchniowe w ciałach stałych)

William Shockley, John Bardeen, Walter H. Brattain (1956) — za prace badawcze w dziedzinie półprzewodników, a w szczególności odkrycie efektu tranzystorowego (tranzystor ostrzowy, 23 grudnia 1947 r.), a także realizację i teorię złącza PN i tranzystora złączonego (BJT)

Charles H. Townes, Nikołaj G. Basow, Aleksander M. Prochorow (1964) — za fundamentalne prace w dziedzinie elektroniki kwantowej, w szczególności zaś za prace nad maserem i laserem

Alfred Kastler (1966) — m.in. za odkrycie możliwości optycznego pompowania poziomów energetycznych, a w konsekwencji stworzenie podstaw do uzyskiwania inwersji obsadzeń w ośrodkach wzmacniających promieniowanie elektro-magnetyczne (masery, lasery)

NAGRODY NOBLA ZA OSIĄGNIĘCIA, KTÓRE PRZYCZYNIŁY SIĘ DO ROZWOJU ELEKTRONIKI

John Bardeen, Leon N. Cooper, Robert J. Shrieffer (1972) — za opracowanie teorii nadprzewodnictwa

Leo Esaki, Ivar Giaever, Brian D. Josephson (1973) — za teoretyczne i doświadczalne prace w dziedzinie efektów tunelowych w półprzewodnikach i nadprzewodnikach (diody tunelowe — dioda Esaki; złącze Josepha)

Nicolas Bloembergen, Artur L. Schawlow oraz Kai M. Siegbahn (1981) — za osiągnięcia w dziedzinie spektroskopii laserowej oraz spektroskopii elektronowej o wysokiej rozdzielczości

Klaus von Klitzing (1985) — za odkrycie kwantowego efektu Halla (precyzyjny wzorzec rezystancji, być może znajdzie zastosowanie w nowych generacjach przyrządów półprzewodnikowych?)

Ernst Ruska, Gred Binnig, Heinrich Rohrer (1986) — za fundamentalne prace w dziedzinie optyki elektronowej oraz realizację pierwszego mikroskopu elektronowego (E. Ruska), a także za opracowanie pierwszego mikroskopu tunelowego

Georg Bednarz, Alexander Müller (1987) — za odkrycie wysokotemperaturowego nadprzewodnictwa w materiałach ceramicznych

Steven Chu, Claude Cohen-Tannoudji oraz William D. Phillips (1997) — za stwierdzenie możliwości schładzania i pułapkowania atomów promieniowaniem laserowym (uzyskiwanie ultraniskich temperatur, wzorzec częstotliwości)

Zhores I. Alferov, Herbert Kroemer (2000) — za pionierskie prace w dziedzinie heterostruktur półprzewodnikowych wykorzystywanych w ultraszybkich przyrządach mikroelektronicznych oraz nowych generacjach przyrządów optoelektronicznych

Jack S. Kilby (2000) — za koncepcję i wytworzenie pierwszego układu scalonego¹

ELEKTRONIKA NA WYDZIALE ŁĄCZNOŚCI (LATA 1951–1965)

Nie będziemy tutaj rozważać zmian nazwy Wydziału, jego zakładów, katedr i instytutów. I chociaż to historia z pewnością ciekawa, nie ona jest przedmiotem niniejszego opracowania. Pierwszy okres badawczy — to oczywiście lampy elektronowe, ich zastosowania w urządzeniach różnego typu. To także okres intensywnej pracy w zakresie kształcenia kadr, promocji kadr naukowych (to stworzyło podstawy do utworzenia instytutów resortowych i zakładów Polskiej Akademii Nauk) oraz pisania książek (podręczników i skryptów). Opublikowane zostały m.in. książki J. Groszkowskiego: *Generacja i stabilizacja częstotliwości* (1947 r.), *Technika wysokiej próżni* (1948 r.), dalsze rozszerzone wydania w 1951 i 1956 r.) oraz *Wytwarzanie drgań elektrycznych* (1958 r.) oraz 4-tomowa monografia A. Smolińskiego pt. *Zasady wzmacniania*, której pierwszy tom, *Podstawy teoretyczne*, ukazał się w 1947 r., a ostatni, czwarty, w 1972 r. S. Ryżko podsumował swoją ówczesną działalność badawczą w książce *Urządzenia radionadawcze*, (1953 r. — t. I, 1956 r. — t. II). Niejako kontynuacją tej tematyki była (wydana wspólnie z J. Ebertem) praca pt. *Wzmacniacze rezonansowe i generatory mocy* (1968 i 1971 r.). W roku 1953 ukazała się monografia Jana Hennela i B. Paszkowskiego *Lampy elektronowe*, a w 1959 — monografia B. Paszkowskiego pt. *Optyka elektronowa*. W 1963 roku ukazała się książka S. Hahna *Podstawy radiokomunikacji*, a w roku 1964 B. Paszkowskiego (wydana wspólnie z Jerzym Mikołajczykiem) *Electronics Universal Vademecum*. To, oczywiście, tylko przykłady tego typu działalności.

Prace badawcze w latach pięćdziesiątych i na początku lat sześćdziesiątych wiążą się głównie z potrzebami przemysłu czy też nowo powstających instytutów resortowych. Drugą ich cechą jest częsta „unia personalna” (te same osoby) jednostek badawczych: uczelnianych, resortowych i PAN-owskich oraz możliwość dodatkowego zarobkowania kadry w ramach tzw. gospodarstw pomocniczych. Realizowane wówczas zamówienia przemysłu to — mogą sobie tutaj pozwolić tylko na przykłady — zarówno przyrządy elektronowe, aparatura pomiarowo-kontrolna, jak też urządzenia w postaci generatorów czy też aparatury nadawczej. I tak, opracowano i przygotowano do wdrożenia magnetron impulsowy (R. Litwin, B. Paszkowski), noktowizor snajperski (B. Paszkowski, Wiesław Woliński), nowe typy katod (B. Paszkowski, Krystyn Lewenstein) oraz próżniomierzy (J. Groszkowski, Wojciech Górski, Stanisław Pytkowski). Skonstruowano i wykorzystano wzmacniacze łańcuchowe w oscylografach szerokopasmowych (W. Golde, Jerzy Helsztyński, Jerzy Pawłowski, Witold Wierzejski), opracowano pierwsze częstotłomierze i czasomierze elektroniczne (S. Ryżko). Zaprojektowano i wdrożono do produkcji w fabrykach Warel oraz Kasprzak urządzenia nadawcze, m.in. dla floty handlowej. Prace te, zainicjowane przez S. Ryżkę, prowadził Jan Ebert. *Był to — jak wspomina — znakomity przykład współpracy z przemysłem. Moim zadaniem było nie tylko opracowanie projektu i konstrukcja prototypu, ale także praktyczny udział we wdrażaniu i usuwanie usterek. To była wspaniała prakty-*

¹ J.S. Kilby dzieliłby tę nagrodę z Robertem N. Noycem, gdyby ten nie zmarł w 1990 r.

ka. Zrozumiałem, co to jest technologia produkcji, jak uwzględnić „zagrożenia zewnętrzne”, zmiany klimatu, wilgotność... Również z inicjatywy S. Ryżki (J. Ebert przy współudziale Jerzego Majera, Krzysztofa Kowalskiego i in.) zaprojektowano i zrealizowano generatory wielkiej częstotliwości (o mocy 2 MW) dla pierwszego polskiego akceleratora jonów.

Łatwo byłoby napisać: żegnaj lampo, witaj tranzystorze! Tak nie było, a w niektórych obszarach nadal nie jest: lampy mikrofalowe, nadawcze i obrazowe nadal mają się dobrze. A skoro mówimy o lampach, to warto zauważyć, że te najlepsze (ale i najdroższe) wzmacniacze akustyczne są wciąż budowane w wersji lampowej (decyduje rynek, a rynek w tym przypadku to uszy koneserów). Poza tym klub studencki na naszym Wydziale nazywa się „Amplitron”, a to przecież nazwa mikrofalowej lampy wzmacniającej dużej mocy. Ciągłe bardzo ważnym obszarem technologii pozostaje technika wysokiej próżni — już nie tylko na potrzeby lamp elektronowych. Urządzenia ją wykorzystujące — to dzisiaj baza aparaturowa współczesnych technologii mikroelektronicznych i optoelektronicznych. Prace w tym zakresie, inspirowane przez J. Groszkowskiego, zaowocowały całą serią różnorodnych próżniomierzy wytwarzanych w jednym z zakładów doświadczalnych wydziału (w Zakładzie Opracowań Próżniowej Aparatury Pomiarowej — ZOPAP) na potrzeby kraju i zagranicy. W 1966 r. J. Groszkowski zaprezentował nowy typ głowicy próżniomierza jonizacyjnego, na którego produkcję zakupił licencje firmy francuskie i amerykańskie.

I jeszcze trzy opowieści o lampach i półprzewodnikach (tranzystorze, tyrystorze i dekadzie liczącej). B. Paszkowski, gdy dostawałem temat pracy magisterskiej, powiedział: *Wie Pan, zrobiłem kiedyś takie urządzenie do badania dopuszczalnego napięcia wstecznego lamp elektronowych. Niech Pan zrobi coś takiego dla półprzewodnikowych diod mocy.* Dumalem, dumalem i stwierdziłem, że potrzebny mi będzie tyrystor. Profesor wysłał mnie do Instytutu..., mówiąc: *Tam szefem jest mój przyjaciel, docent... On ma tego trochę i Panu da.* Pojechałem, otrzymałem i po dwóch tygodniach zniszczyłem. Był to w owym czasie element drogi i trudny do zdobycia. Profesorowi nie powiedziałem. Wielce zmartwiony i skruszony udałem się do pana docenta. Przywitał mnie radośnie i rzekł: *Dopiero teraz Pan przychodzi? Moi współpracownicy już wszystkie uszkodzili, ale dla Pana jeszcze jedną sztukę schowałem.* Udało się. Urządzenie zadziałało.

Tadeusz Morawski opowiedział mi następującą historię. W jego grupie najwięcej projektów praktycznych, wdrożonych wykonał Wojciech Wojtasiak. Były to przeważnie wzmacniacze mocy do radiolokacyjnych urządzeń nadawczych. Tranzystory do stopni końcowych tych urządzeń są bardzo drogie — cena jednostkowa ok. 1000 dolarów. Chwila nieuwagi przy uruchomieniu układu (na szczęście rzadko się to zdarzało) jest więc bardzo kosztowna. Zniszczenie tranzystora następuje błyskawicznie. On sam trzydzieści pięć lat temu projektował i uruchamiał podobne układy, ale oczywiście lampowe. Niewielki błąd (najlepszym też się to zdarza — to moje wtrącenie) i... anoda stawała się czerwona, potem nawet biała — ale zawsze było to kilka sekund, aby zmniejszyć napięcie i uniknąć katastrofy.

Podstawowym członem cyfrowego miernika czasu i/lub częstotliwości była tzw. dekada licząca: zespół przerzutników umożliwiających liczenie w systemie dziesiętnym i odpowiedzialny za jedną cyfrę wyniku pomiaru. W technice lampowej rolę takiej „dekady” spełniał układ zawierający 4 podwójne lampy. Z chwilą pojawienia się tranzystorów „powstał impuls” do zbudowania dekady tranzystorowej. Zadanie nie było łatwe ze względu na wady pierwszych tranzystorów. Wyrazem uporczywego dążenia do sukcesu był, wręczony S. Ryżce w dniu jego imienin, prezent od współpracowników: prostokątna ramka aluminiowa, na której rozpięto poziomo 10 prętów z drutu. Na każdym z nich wisało 10 uszkodzonych tranzystorów, które można było przesuwając jak paciorki liczyć. Była to niewątpliwie pierwsza w Polsce „tranzystorowa dekada licząca”. No cóż, mamy dzisiaj wiele „radości” z tych półprzewodników, ale zdarzały się, zdarzają i zdarzać się będą także i kłopoty.

Czas jednakże zająć się tranzystorem. Pierwsza jego polska konstrukcja (Witold Rosiński, 1953 r.) zrealizowana została z inicjatywy i z czynnym udziałem J. Groszkowskiego na terenie Gmachu Radiotechniki w nowoutworzonym Zakładzie Elektroniki PAN (unia personalna: prof. J. Groszkowski kierował tym Zakładem oraz równocześnie Katedrą Radiotechniki na Wydziale Łączności). Potrzeba działań w tej nowej dziedzinie techniki była oczywista, ale musiała je poprzedzić aktywność publikacyjna, upowszechniająca pole zastosowań przyrządów półprzewodnikowych. Z inicjatywy W. Goldego i W. Rosińskiego (a także Jerzego Bara-

nowskiego i Andrzeja Filipkowskiego) powstała monograficzna seria 12 książek poświęconych układom półprzewodnikowym (lata 1961–1970). Jej autorami byli m.in. J. Baranowski, A. Filipkowski, W. Golde i W. Rosiński. Było to przedsięwzięcie wyjątkowo trafne i potrzebne. Zresztą ta wyjątkowa aktywność „monograficzno-podręcznikowa” w zakresie układów elektronicznych była i jest na naszym wydziale kontynuowana. Pojawiły się także podręczniki (A. Świt, 1967 r.) i skrypty (A. Jakubowski, Jerzy Michałowicz, 1967 r.) poświęcone przyrządom półprzewodnikowym. Ale tranzystor i inne przyrządy półprzewodnikowe to tylko fragment nowej, rozwijającej się dziedziny — układów scalonych. W 1966 roku ukazuje się monografia A. Filipkowskiego pt. *Mikroelektroniczne układy scalone*. Zespoły badawcze Wydziału podejmują, w większym lub mniejszym zakresie, tę względnie nową tematykę — mikroelektronikę. Zainicjowano serię konferencji jej poświęconych (1964 r.). Organizowały się warszawskie centra badawczo-produkcyjne zajmujące się m.in. problematyką półprzewodników i materiałów elektronicznych, rozwijały się (i tworzyły nowe) instytuty resortowe (Przemysłowy Instytut Elektroniki, Przemysłowy Instytut Telekomunikacji, Instytut Tele-Radiotechniczny...) i zakłady (instytuty) PAN. To tylko przykłady i tło prac prowadzonych przez Wydział. Przemysł potrzebował nie tylko dobrze wykształconych kadr, ale także nowych opracowań.

Niestety, nie sposób opisywać, co na Wydziale robiono w zakresie elektroniki po roku 1966, nie wprowadzając klasyfikacji tej materii. Spróbujmy więc zrobić porządek i dalszy opis wydarzeń (wybranych) przedstawić w następujących podrozdziałach:

- technologia materiałów, struktur i przyrządów,
- modelowanie i charakteryzacja przyrządów półprzewodnikowych,
- metodyka projektowania układów scalonych,
- mikrofałe,
- układy, urządzenia i systemy,
- dźwięk i obraz.

To z pewnością podział logicznie ułomny, widać to „gołym okiem”, ale chyba nie najgorzej oddający obszary zainteresowań zespołów badawczych na Wydziale.

TECHNOLOGIA MATERIAŁÓW, STRUKTUR I PRZYRZĄDÓW (LATA 1965–2001)

Prace o charakterze technologicznym, związane z badaniem i wytwarzaniem nowych materiałów, struktur i przyrządów, to znowu wynik inspiracji J. Groszkowskiego, a także B. Paszkowskiego, rozwijanej przez ich uczniów A. Świtę i W. Wolińskiego. Prace takie były także (w dziedzinie magnetyków) prowadzone przez A. Smolińskiego, ale wkrótce zostały przeniesione (wraz z zespołem) do Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN. Główny cel tych prac to w pierwszym okresie technologia i konstrukcja lamp mikrofalowych, katod i fotokatod, przetworników promieniowania. „Duch” tych prac wynikał także z potrzeb przemysłu i ważnej w owym okresie produkcji antyimportowej. Na początku lat sześćdziesiątych rozpoczęto prace związane z rozwojem techniki laserowej. Dotyczyły one (i nadal dotyczą) zarówno badań podstawowych, jak również technologii i konstrukcji laserów oraz urządzeń laserowych na potrzeby medycyny, obróbki materiałów i metrologii. Pod kierunkiem W. Wolińskiego powstał jeden z pierwszych w kraju laser helowo-neonowy, pierwszy impulsowy laser neodymowy szklany oraz pierwsze lasery argonowe, molekularne, CO₂ i Nd:YAG o działaniu ciągłym. W konstrukcji laserów gazowych zaproponowano oryginalną w skali światowej metodę pobudzania laserów gazowych polem elektrycznym skierowanym prostopadle do osi rezonatora optycznego. Równoległe z pracami konstrukcyjno-technologicznymi prowadzono prace teoretyczne, wyjaśniające m.in. zjawisko opóźnienia impulsu laserowego względem pobudzającego w laserze He–Ne (W. Woliński, Tadeusz Adamowicz). Na początku lat siedemdziesiątych W. Woliński zainicjował prace (kontynuowane do chwili obecnej)

nad jonowymi laserami argonowymi i kryptonowymi. Wówczas również pojawiło się wiele nowych prac teoretycznych (inwersja obsadzeń poziomów energetycznych, ośrodki gazowe z parami metali: Cu, Ag, Au — W. Woliński, T. Adamowicz). Efektem tych prac były lasery o parametrach konkurencyjnych, a niekiedy zdecydowanie lepszych (sprawność) niż produkty czołowych firm światowych (W. Woliński, Andrzej Kęsik). Lata osiemdziesiąte to rozpoczęcie prekursorskich badań nad nowymi laserowymi ośrodkami czynnymi oraz rezonatorami dla układów miniaturowych (W. Woliński, Michał Malinowski, Paweł Szczepański). Uzyskano nowe ośrodki czynne — czterofosforany potasowe oraz kryształy rozcieńczone. Część rezultatów tych prac przedstawiona została w monografii M. Malinowskiego pt. *Wpływ kooperatywnego oddziaływania jonów ziem rzadkich i procesów wielofotonowych na przejście optyczne w dielektrycznych kryształach laserowych na przykładzie kryształów czterofosforanów* (1990 r.). Prace te w latach dziewięćdziesiątych rozwinęły się w kierunku badania monokryształów tlenkowych domieszkowanych Nd, Pr, Ho, Yb lub Er. Osiągnięto wówczas (M. Malinowski, Ryszard Piramidowicz) wiele nowych wyników dotyczących zjawisk konwersji i możliwości generacji promieniowania niebieskiego i ultrafioletu w strukturach cienkowarstwowych. Zaproponowano nowe opisy warunków pracy struktur cienkowarstwowych z rozłożonym sprzężeniem zwrotnym (P. Szczepański, W. Woliński, Anna Tyszka-Zawadzka, Agnieszka Mossakowska-Wyszyńska). Prace P. Szczepańskiego związane są z tematyką optymalizacji zarówno sprawności energetycznej laserów, jak i ich maksymalnego pasma modulacji. Z jego też inicjatywy i przy jego znaczącym udziale stworzono model umożliwiający analizę koherencji generowanego promieniowania w funkcji rzeczywistych parametrów laserów różnego typu. Część rezultatów tych prac zawarta została w monografiach: P. Szczepańskiego pt. *Rola przestrzennego rozkładu pola w generacji promieniowania w laserze* (1994 r.) oraz P. Szczepańskiego i Adam Kujawskiego pt. *Lasery — podstawy fizyczne* (2000 r.).

Drugi nurt prac technologicznych to prace związane z wytwarzaniem materiałów i struktur półprzewodnikowych, zainicjowane przez B. Paszkowskiego i A. Świta. Początkowo dotyczyły one wytwarzania struktur cienkowarstwowych materiałów o dobrych właściwościach fotoelektrycznych (CdSe, CdTe, PbTe, Te), a następnie doprowadziły do udanej realizacji tranzystorów cienkowarstwowych (TFT) z wykorzystaniem CdSe. Efektem tych prac było m.in. zaproponowanie nowego modelu przewodnictwa elektrycznego cienkich warstw polikrystalicznych. W tym też okresie opracowano technologię krzemowych detektorów promieniowania jądrowego (J. Michałowicz). Prace technologiczne zmierzały głównie w kierunku technologii krzemowej i zaowocowały m.in. opracowaniem technologii warstw pasywujących dla krzemowych przyrządów mocy (dla Zakładów Elektronicznych „Lamina” oraz krzemowych diod tunelowych MOS i ich zastosowań w przyrządach przełączających, bateriach słonecznych i czujnikach). Opracowana została technologia anodyzacji plazmowej krzemu (Romuald B. Beck) oraz przeprowadzono prace eksperymentalne i teoretyczne dotyczące pierwszych faz utleniania krzemu (R.B. Beck, B. Majkusiak). Doświadczenia związane z utlenianiem krzemu zostały przedyskutowane w monografii R.B. Becka pt. *Modelowanie procesów utleniania krzemu* (Warszawa, 1995 r.), a szerzej problemy technologii krzemowej w książce R.B. Becka pt. *Technologia krzemowa* (1992 r.). Wyniki tych prace (łącznie z przebudową pomieszczeń technologicznych do postaci *clean-room*) pozwalają dziś na prowadzenie eksperymentów dotyczących m.in. tranzystorów MOS z ultracienkim dwutlenkiem krzemu (1,7 nm) czy też przyrządów nanoelektroniki wykorzystujących efekt tunelowania (B. Majkusiak). Poziom czystości i wyposażenia laboratorium umożliwia realizację pełnego cyklu wytwarzania technologii CMOS, a także wielu wybranych procesów pozwalających na realizację struktur testowych do celów badawczych. Powierzchnia laboratorium (łącznie z zapleczem technicznym) to ok. 100 m², a klasa czystości (określona z zapasem) głównego pomieszczenia 10 000 (pomieszczenie fotolitografii żółtej 1000). Organizacja tego laboratorium to była ogromna, wieloletnia praca dużego zespołu kierowanego początkowo przez J. Rużyłłę, a następnie przez R.B. Becka (m.in. Witold Ciemiewski, Kazimierz Dalbiak, Jan Szmidt). Dzisiaj jest nieźle, ale z pewnością niebawem trzeba będzie robić (oby tylko były środki) „nowy ład”. Tak to jest z technologią (warto przypomnieć — w niedoskonałym przekładzie — słowa prezydenta George’a Pompidou: *są trzy sposoby, w jakie mężczyzna może się doprowadzić do ruiny: hazard, kobiety i technologia — hazard jest sposobem najszybszym, kobiety — najprzyjemniejszym, a technologia najpewniejszym*). A kiedyś było tak miło i prosto. Na początku lat

sześćdziesiątych prowadziłem zajęcia laboratoryjne dla studentów, których celem była realizacja germanowego tranzystora stopowego. Do jego zaprojektowania wystarczył suwak logarytmiczny, kilka prostych formuł i dobre chęci, a do zrobienia — płytka germanu, dwa walce (kulki) indowe, odpowiednia kasetka i piecyk próżniowy. To się udawało i student opuszczał laboratorium z dobrym (czasami kiepskim, czasami niedziałającym) tranzystorem. Co to się porobiło z tymi półprzewodnikami? Niedawno w Forum Akademickim ukazał się artykuł pt. *Laboratoria nie tylko wirtualne*. Napisał go mój przyjaciel, Jurek Rużyło (i jak on twierdzi, a ja się od tego nie odżegnuję — wychowanek), aktualnie profesor Stanowego Uniwersytetu Pensylwanii i oczywiście absolwent naszego Wydziału (gdzież ich nie ma?). Dlaczego o tym w tym miejscu? Oczywiście sprawcą jest *clean-room*. Rozwój technik informacyjnych to przecież nie tylko dostęp do informacji, to też kontrola nad formowaniem infrastruktury informatycznej. A owa infrastruktura, to także „proces technologiczny” — proces, w toku którego surowy materiał (np. krzem) przerabiany jest na użyteczny produkt (np. mikroprocesor). Jak się to robi? Tego (choć to kosztowne) też naszych absolwentów uczyć powinniśmy. Nie kształcimy przecież studentów z myślą tylko o bieżących potrzebach rynku. Kształcimy z myślą o przyszłości (przynajmniej ja tak rozumiem rolę naszej Uczelni na początku XXI wieku). Udział studenta w laboratorium technologii mikroelektronicznej wcale nie oznacza jego kształcenia na potrzeby przemysłu mikroelektronicznego. Uczestniczy on w nim dlatego, by być lepiej wykształconym inżynierem, bowiem technologia mikroelektroniczna zawiera w sobie większość elementów współczesnych technik produkcyjnych, a tym samym stanowi doskonały „poligon”, na którym studenci zdobywać mogą doświadczenia niemożliwe do zdobycia w innym miejscu. To kosztuje, ale twórzmy i chrońmy laboratoria nie tylko wirtualne.

Clean-room to także szansa na realizację ciekawych prac badawczych oraz wzmocnienie pozycji we współpracy międzynarodowej w zakresie nowych technologii mikroelektronicznych (firma X-ion — Francja: nowe generacje dielektryków podbramkowych i firma Acreo — Szwecja: przyrządy oparte na węglu krzemu...). Dzięki takiej wieloletniej współpracy z Narodowym Centrum Badawczym Mikroelektroniki w Irlandii (Lidia Łukasiak, Małgorzata Jurczak, Tomasz Janik) wytworzono struktury testowe dla technologii SOI — krzem na izolatorze (M. Jurczak), które umożliwiły w konsekwencji prace nad modelowaniem i charakteryzacją przyrządów SOI. Inna korzyść to istotny udział M. Jurczak (we współpracy z ośrodkiem francuskim CNET) w opracowaniach nowych generacji technologii CMOS (m.in. technologia SON: krzem na niczym).

Aktualne prace badawcze w dziedzinie technologii krzemowej to m.in. wytwarzanie podłoży SOI oraz struktur testowych do badań ultracienkich dielektryków dla nowych generacji układów scalonych.

Równoległe z pracami nad technologiami krzemowymi prowadzone są również (od początku lat osiemdziesiątych) prace nad technologią materiałów o szerokiej przerwie energetycznej (warstwy *diamond-like-carbon*, azotki — m.in. BN, AlN). W tym zakresie osiągnięto wiele nowych rezultatów, m.in. w zakresie trawienia i domieszkowania tego typu materiałów (J. Szmidt), a także ich nowych zastosowań przyrządowych. Podsumowaniem tych prac była monografia J. Szmidta pt. *Diamentopodobne warstwy węglowe wytwarzane metodami plazmowymi na potrzeby mikroelektroniki* (Warszawa, 1995 r.). Prace prowadzone w tym zakresie (wspólnie z Aleksandrą Sokołowską z Politechniki Warszawskiej i Stanisławem Miturą z Politechniki Łódzkiej) stanowiły podstawę do stworzenia polskiej szkoły wytwarzania i zastosowań warstw diamentopodobnych — zastosowań nie tylko w elektronice. Niekwestionowanym liderem tej grupy jest Aleksandra Sokołowska, która jednakże w rozmowach zawsze podkreśla, że bez Janka Szmidta, jego pomysłowości, pracowitości i talentu organizacyjnego — grupy by nie było. To jemu zawdzięczamy szeroką współpracę krajową i zagraniczną, to on organizuje w kraju prestiżowe konferencje międzynarodowe (m.in.: 2nd International Conference C–BN and Diamond Crystallization under Reduced Pressure — Jabłonna, 1995 r. oraz 3rd International Conference Novel Applications of Wide Bandgap Layers — Zakopane, 2001 r.).

Kierunki dalszych prac w zakresie technologii mikroelektronicznych to m.in.:

- nowe dielektryki dla technologii krzemowej oraz związków $A_{IV}-B_{IV}$ (SiC, SiGe) oraz $A_{III}-B_V$ (np. BN, GaN),

- przyrządy tunelowe i inne przyrządy nanoelektroniki,
- wytwarzanie nowych materiałów,
- wybrane procesy technologii mikrosystemów,
- struktury testowe do celów charakteryzacji i diagnostyki technologii.

Niezależnie od prac w głównym nurcie technologii mikroelektronicznych prowadzone były prace w zakresie technologii układów scalonych cienko- i grubowarstwowych, głównie na potrzeby hybrydowych układów mikrofalowych (Zbigniew Szczepański), czy też nowych rozwiązań technologii połączeń (Ryszard Kisiel, Z. Szczepański). Planuje się prace nad nowymi materiałami połączeń (polimery, lutowia bezołowiowe) oraz materiałami i technologią do montażu MCM (ang. *multi-chip-module*), a także dla mikrosystemów.

Inny nurt prac w zakresie technologii to badania nad światłowodami wytwarzanymi metodą wymiany jonowej (Jerzy Kruszewski, Czesław Zając, Marek Gutkowski), elementami optyki planarnej z wykorzystaniem Ta₂O₅ (M. Gutkowski), realizacją wielu technologii i konstrukcji czujników światłowodowych do pomiaru wielkości fizycznych (Maria Bełowska, Michał Borecki), czujników mikrofalowych (Bogdan Galwas, Jerzy Piotrowski) oraz grubowarstwowych czujników ciśnienia i gazu (Z. Szczepański).

I wreszcie ważny nurt prac to prace nad technologią amorficznego krzemu i jego zastosowań jako ogniwa słonecznego. Prace te prowadzone są od wielu lat we współpracy z ośrodkami zagranicznymi (Korea Płd., Indie, USA...) i przyniosły wiele osiągnięć poznawczych i praktycznych (Stanisław Pietruszko).

MODELOWANIE I CHARAKTERYZACJA PRZYRZĄDÓW PÓŁPRZEWODNIKOWYCH

Modelowanie, a dokładniej modelowanie matematyczne, jest próbą opisanego zjawiska w języku matematyki. Jednym z głównych czynników stymulujących rozwój modelowania jest postęp w dziedzinie komputerów, samo modelowanie jest jednak znacznie starsze niż komputery. Co więcej, nie jest ono szczególną cechą elektroniki. Śmiało można powiedzieć, że bywa stosowane w każdej dyscyplinie nauki i techniki. W przypadku elektroniki szybki postęp w dziedzinie wytwarzania przyrządów półprzewodnikowych i układów scalonych wymaga odpowiednich modeli przyrządów. Modele takie stanowią podstawę oceny jakości samych przyrządów lub procesów technologicznych, mogą też służyć do symulacji działania układów scalonych. Nic też dziwnego, że modelowaniem przyrządów półprzewodnikowych zajmowało się i zajmuje wiele zespołów badawczych na Wydziale, chociaż ich cele naukowe są różne.

Z inicjatywy i pod kierunkiem J. Baranowskiego stworzono wiele modeli przyrządów (elementów), głównie pod kątem pracy w układach impulsowych i analizy wielkosygnałowej (m.in. Janina Ceremuga, Michał Ramotowski, Roman Pietrkiewicz). J. Baranowski zaproponował sekcyjne modele ładunkowe diod i tranzystorów bipolarnych. Prace te opisano w innej części tego opracowania, dlatego tutaj jest tylko informacja sygnałna.

Tematyka modelowania przyrządów bipolarnych stała się przedmiotem zainteresowań Wiesława Kuźmicza. Warto zwrócić uwagę na dwie z tych prac — model pojemności złącza p-n oraz model współczynnika wzmocnienia prądowego tranzystora bipolarnego (sprawności wstrzykiwania emitera) uwzględniający efekt silnego domieszkowania emitera (W. Kuźmicz, *Zjawiska występujące w półprzewodnikach silnie domieszkowanych i ich wpływ na parametry przyrządów półprzewodnikowych*). Ten ostatni problem to zagadnienie o charakterze podstawowym dla projektantów tranzystorów i układów bipolarnych (dzisiaj problem silnego domieszkowania stał się również ważny w przyrządach MOS).

Innym, intensywnie rozwijanym nurtem prac z tego zakresu jest modelowanie statystyczne, a ściślej mówiąc — modelowanie elementów półprzewodnikowych dla statystycznej sy-

mulacji układów scalonych o bardzo wielkiej skali integracji (Andrzej Pfitzner, *Modelowanie elementów półprzewodnikowych dla statystycznej symulacji układów scalonych VLSI*, 1999 r.).

I wreszcie ostatni nurt prac, któremu poświęcę najwięcej miejsca, to modelowanie zjawisk fizycznych występujących w przyrządach MOS oraz charakteryzacja elektryczna tych przyrządów. Chciałbym na tym przykładzie pokazać problemy rozwoju jednego z zespołów badawczych, ewolucji jego tematyki badawczej. Prace w tym zakresie, zainicjowane przez A. Jakubowskiego, rozpoczęły się od modelowania charakterystyk pojemnościowo-napięciowych kondensatora MOS (Paweł Jagodziński) i prądowo-napięciowych tranzystora MOS. Stało się to podstawą (uzupełnioną przez modele tych przyrządów w warunkach oświetlenia — Stanisław Krawczyk) do stworzenia nowych metod wyznaczania parametrów elektrofizycznych struktur MOS (m.in. kontaktowa różnica potencjałów, gęstość pułapek powierzchniowych, koncentracja domieszek w podłożu półprzewodnikowym). Pod koniec lat siedemdziesiątych rozpoczęto także prace nad modelowaniem diod tunelowych MIS (Bogdan Majkusiak) oraz bardziej złożonych struktur opartych na tej diodzie: przyrząd przełączający — B. Majkusiak, ogniwa słoneczne — S. Krawczyk, czujniki — Michał Duszak. Dalej to już tylko krok do ultracienkiego dielektryka w tranzystorze: konsekwencje dla działania takiego przyrządu, metod jego wytwarzania i charakteryzacji (B. Majkusiak, R. Beck). Skutkiem tych zainteresowań były zarówno podstawowe prace dotyczące tunelowania w strukturach MOS z ultracienkim dielektrykiem (B. Majkusiak), jak i lepszy „wgląd” we wnętrze tranzystora. To ostatnie zaowocowało nową metodą wyznaczania ruchliwości nośników ładunku w kanale tranzystora MOS oraz kontaktowej różnicy potencjałów. Prowadzone są także prace wykorzystujące procesy nierównowagowe w przyrządach MOS do celów ich charakteryzacji; opracowana zostaje m.in. nowa metoda określania czasu życia i prędkości rekombinacji (Antoni Siennicki) oraz rozwinięcie metody spektroskopii głębokich poziomów pułapkowych (Kazimierz Dmowski, Zbigniew Pióro). Tej ostatniej tematyce towarzyszą również nowe opracowania aparaturowe (Krzysztof Braclawski, Zbigniew Pióro). Podsumowaniem tego etapu prac nad modelowaniem i charakteryzacją przyrządów MOS było m.in. opracowanie A. Jakubowskiego pt. *Podstawowe właściwości struktury metal–dielektryk–półprzewodnik (MIS) oraz metody ich określania* (1982 r.), praca zbiorowa pod redakcją A. Jakubowskiego (A. Balasiński, T. Brożek, K. Braclawski, K. Dmowski, K. Iniewski, B. Majkusiak, A. Siennicki... — autorzy) *Metody i pomiary elektryczne w diagnostyce technologii układów scalonych* (t. I, II, 1986 r.) oraz opracowanie B. Majkusiaka pt. *Bardzo cienki tlenek bramkowy w tranzystorze MOS — konsekwencje dla działania i modelowania* (1991 r.) i książka A. Jakubowskiego, W. Marciniaka, H. Przewłockiego pt. *Diagnostics Measurements in LSI/VLSI Integrated Circuits Production* (1991 r.). W latach 1986–1990 z inicjatywy A. Jakubowskiego zorganizowano cykl seminariów: *VLSI — kierunki, bariery i granice rozwoju*. W rezultacie powstała 6-tomowa edycja pod redakcją A. Jakubowskiego o tym samym tytule (PWN, 1986–1990).

Inne efekty prac w dziedzinie charakteryzacji to zrealizowany pod kierunkiem Z. Pióro system diagnostyki szczegółowej struktur półprzewodnikowych oraz system badania napięć przebicia dielektryków podbramkowych (Tomasz Brożek).

Dokładniejsze spojrzenie na ewolucję tranzystora MOS — związane z maleniem jego rozmiarów i komplikacją technologii — powoduje, że w jego opisie coraz większą rolę odgrywają efekty, zwane dawniej drugorzędowymi. Analizą wpływu tych efektów na charakterystyki statyczne tranzystora MOS zajmują się L. Łukasiak i B. Majkusiak. Równocześnie staje się widoczne, że już niebawem trzeba będzie włączyć do ich opisu nie tylko korpuskularny, ale i falowy model elektronu, a więc skorzystać z praw mechaniki kwantowej. A zatem: witaj nanoelektroniko (B. Majkusiak). To pierwsze hasło. Wolny rynek — konstruktorzy (ale nie tylko) znajdują bardziej satysfakcjonujące ich zawodowo i materialnie miejsca pracy poza Uczelnią. A zatem: metody badawcze tak, ale czy się uda i opłaci realizować układy (systemy) urzeczywistniające te metody? Oto jest pytanie. I wreszcie trzecie spostrzeżenie. Czołowe laboratoria sygnalizują wyniki badań przyrządów o wymiarach mniejszych niż 0,1 mikrometra. Czy mamy szansę tworzyć modele (i weryfikować je) takich struktur? To też ważne pytanie. Jak zatem utrzymać się na rynku naukowym?

I wreszcie sprawa najbardziej krytyczna. Dobra pozycja na międzynarodowym rynku naukowym, to także propozycja podjęcia atrakcyjnej pracy w zagranicznych ośrodkach badaw-

czych. To proces naturalny. Tak było i będzie. Ale rodzi się pytanie: jak uzupełnić te luki kadrowe — czy jesteśmy w stanie stworzyć dostatecznie atrakcyjną ofertę dla młodych, utalentowanych ludzi, aby podejmowali studia doktoranckie i aby — chociażby Ci nieliczni — chcieli wiązać swoją przyszłość z pracą badawczą, z pracą na naszej Uczelni? To taki refleksyjny przerywnik.

Zespół dokonuje reorientacji swoich zainteresowań. Co jest ciekawe dla przyszłości, w czym możemy być konkurencyjni? Wspólnie z Irlandzkim Centrum Mikroelektroniki zaprojektowane i wykonane zostaną struktury testowe dla technologii *krzem na izolatorze* (SOI) (M. Jurczak). Uruchamia to całą serię prac modelowych i charakterystycznych związanych z przyrządami MOS SOI: modele charakterystyk statycznych, zarówno „klasyczne” (M. Jurczak, L. Łukasiak), jak i bardziej złożone, uwzględniające efekty kwantowe (B. Majkusiak, Tomasz Janik) oraz modele dynamiczne tego typu tranzystorów (Daniel Tomaszewski). Stworzone zostały nowe metody charakterystyki tych struktur (dioda z bramką — Jan Gibki), charakterystyki pojemnościowo-napięciowe (R.B. Beck, B. Majkusiak), metoda pompowania ładunku (L. Łukasiak, Sławomir Szostak, Bartłomiej Nowak). B. Majkusiak proponuje opisy przyrządów MOS SOI wykorzystujących efekty tunelowania i transport w ultracienkich warstwach półprzewodnikowych — to już „ważny marsz” w kierunku przyrządów nanoelektroniki. Przyrządy SOI to dla zespołu ciągle tematyka aktualna, a zauważenie prac w tym zakresie przez ośrodki zagraniczne to także oferty współpracy i nowe struktury do badań.

Drugi nurt prac rozszerzających technologię krzemową, to prace modelowe i charakterystyczne (także technologiczne) nad generacją przyrządów wykorzystujących związki pierwiastków czwartej grupy układu okresowego: krzemogermanu (Agnieszka Zaręba, L. Łukasiak) i węgla krzemu (J. Szmidt, Aleksander Werbowy). No i ultracienkie i alternatywne dielektryki dla nowych generacji układów scalonych. To już tradycyjne zainteresowania zespołu. Tylko teraz to już nie tylko dwutlenek krzemu, ale nowe „egzotyczne” dielektryki. Tutaj również przydają się kontakty międzynarodowe. W ramach tematyki modelowania i charakterystyki zespół od lat organizuje konferencje międzynarodowe (A. Jakubowski — przewodniczący) pod wspólnym tytułem *Diagnostics and Yield*. Dwie ostatnie edycje tej konferencji — noszące podtytuły: *SOI — Materials, Devices and Characterization* (1997) oraz *Advanced Silicon Devices for ULSI Era* (2000) — zgromadziły w Warszawie wielu wybitnych specjalistów z Europy i USA. Wiele modeli i metod charakterystyki opracowanych w Zespole opisywanych jest w literaturze poświęconej przyrządom MOS. Niektóre metody charakterystyki zastosowano w systemach pomiarowych w kraju i za granicą.

Perspektywy są dobre, cele klarowne. Jest co robić. Oby tylko nie zabrakło młodych ludzi i środków finansowych.

PROJEKTOWANIE UKŁADÓW SCALONYCH (LATA 1970–2001)

Tematyka ta zasługuje w niniejszym opracowaniu na odrębny podrozdział. Wynika to z faktu, że projektowanie układów scalonych, w szczególności zaś projektowanie układów specjalizowanych ASIC (ang. *Application Specific Integrated Circuits*), stanowi aktualnie jedno z ważniejszych ogniw w procesie kształcenia inżyniera elektronika. No cóż, czasy się zmieniają. Dla mnie i moich kolegów podstawowym narzędziem w okresie studiów był suwak logarytmiczny. Pilnie także studiowaliśmy rysunek techniczny i zasady kreślenia. To były narzędzia wspomagające projektowanie nowego wyrobu. Dla naszych wychowanków narzędziem takim stał się komputer. Techniki projektowania wspomaganego komputerem (ang. *Computer Aided Design*) wtargnęły do wszystkich pracowni inżynierskich — są narzędziem zarówno architekta, jak i mechanika. Ale w tym obszarze zadanie elektronika jest specyficzne. On ma nie tylko z tego narzędzia korzystać, ale także je tworzyć. Tworzyć — to znaczy projektować nowe układy scalone, a dzisiaj także całe systemy na jednej strukturze zwanej „chipem”. Mówiąc szerzej — tworzyć bazę technologii informacyjnej, bazę technologiczną społeczeństwa infor-

macyjnego. A jeśli tak, to w procesie kształcenia trzeba odpowiadać na pytania: jak to działa i jak to działać będzie, jak to zaprojektować i jak to zrobić (zrealizować)?

Prace w zakresie projektowania układów scalonych (nie omawiam tutaj układów mikrofalowych) zainicjowane zostały mniej więcej równolegle w zespołach stanowiących dzisiaj zakłady Instytutu Systemów Elektronicznych (ISE) oraz Instytutu Mikroelektroniki i Optoelektroniki (IMiO). Działalność ISE w obszarze projektowania z uwzględnieniem wrażliwości na zmiany i rozrzuty parametrów (Andrzej Filipkowski, Maciej Stybliński, Jan Ogrodzki) została omówiona w innym rozdziale tego opracowania. Warto jednakże jej prezentację uzupełnić informacją o innych, jakże praktycznych aspektach tych prac: o konkretnych układach scalonych wdrożonych do produkcji w ówczesnym warszawskim Naukowo-Produkcyjnym Centrum Mikroelektroniki CEMI (m.in. Antoni Fijałkowski, J. Baranowski, Wojciech Nowakowski). Pomijam w tym opracowaniu problematykę projektowania układów scalonych uprawianą przez Tadeusza Łubę, Andrzeja Kraśniewskiego i ich zespoły, jako że jej szczegółowy opis znalazł się w rozdziale „Telekomunikacja”.

Teraz nieco więcej o aktywności na tym polu zespołu stworzonego i kierowanego przez Wiesława Kuźmicza, który w marcu 2000 r. wyodrębnił się z Zakładu Mikroelektroniki IMiO, przybierając formę organizacyjną Zakładu Metod Projektowania w Mikroelektronice.

Za początki istnienia tego zespołu przyjmuje się rok 1973, kiedy to W. Kuźmicz — wraz z kilkoma osobami znajdującymi się pod opieką Alfreda Świta, ówczesnego kierownika Zakładu — zainicjował prace w obszarze metod projektowania. Była to decyzja odważna, biorąc pod uwagę, że oznaczała początkowo uprawianie *Computer Aided Design* bez komputerów (*Wang* — pierwszy komputer w Instytucie pojawił się dopiero w 1975 r.), lecz, jak się później okazało, trafna — zgodna z jednym z najważniejszych nurtów rozwoju mikroelektroniki w ramach *Information and Communication Technology*.

Od samego początku tematyka prac zespołu była stosunkowo szeroka: od analizy zjawisk fizycznych i modelowania elementów półprzewodnikowych (o tym w innym miejscu), poprzez metody matematyczne symulacji, aż do algorytmów rozmieszczania elementów i prowadzenia połączeń w układzie scalonym. W latach 1976–1977 zdobywano doświadczenia na stażach w CEMI, realizowano praktyczne prace projektowe. Rok 1977 to także początek kontaktów ze światem. Między innymi metodyka symulacji statystycznej, zainicjowana w tym samym zespole przez Wojciecha Małego, została zastosowana w symulatorze FABRICS (W. Mały, Andrzej Strójwąg) opracowanym w USA (1978–1981). Ważnym osiągnięciem zespołu było opracowanie w latach 1977–1982 systemu projektowania mikroukładów hybrydowych dla Przemysłowego Instytutu Elektroniki i firmy TELPOD (na *Odrę 1305*). Po ciężkich latach 1982–1985, kiedy znowu uprawiano CAD bez komputerów, zmianę sytuacji zapoczątkowało uzyskanie, w 1986 roku, dostępu do pierwszych komputerów osobistych: PC/XT, Mac 512.

W roku 1987 podjęto prace nad kompletnym systemem projektowania układów scalonych VLSI, przeznaczonym do eksploatacji na komputerach osobistych. Szczególną cechą tego systemu stała się możliwość uwzględnienia zaburzeń występujących w procesach produkcyjnych mikroelektroniki i uzyskiwania — na podstawie symulacji tego procesu i symulacji elektrycznej układu scalonego — danych służących przewidywaniu uzysku produkcyjnego oraz optymalizacji projektu. Wykorzystana tu została wspomniana już metodyka symulacji statystycznej zainicjowana przez W. Małego. Pierwsza prezentacja systemu miała miejsce na *CompEuro88* w Brukseli. Ten unikatowy system projektowania układów scalonych IMiOCAD, stworzony w latach 1987–1992, jest nadal rozwijany. Wykorzystywany jest zarówno w pracach badawczych i projektowych, jak i w procesie dydaktycznym. Został rozpowszechniony w uczelniach europejskich, m.in. w ramach projektów COPERNICUS. Obecnie stosowany jest w 5 uczelniach polskich, 15 europejskich, 2 amerykańskich, 1 kanadyjskiej i 1 japońskiej.

Oprogramowanie IMiOCAD posłużyło m.in. do opracowania, począwszy od roku 1992, kilkudziesięciu projektów układów scalonych, z których większość została pomyślnie wykonana w krzemie. Najważniejszym z nich jest PAC (ang. *Pattern Acquisition Chip*) — układ cyfrowy CMOS — zaprojektowany i zrealizowany w krzemie, a następnie pomyślnie przetestowany w latach 1996–2000 (Zbigniew Jaworski, Elżbieta Piwowarska, W. Kuźmicz). Układ jest przeznaczony do określania energii cząstek elementarnych na podstawie rozpoznawania torów cząstek. Będzie wyprodukowany w ok. 7 tys. egzemplarzy i zastosowany w eksperymen-

cie CMS w Ośrodku CERN (Szwajcaria) w roku 2002 i następnych. Jest to układ do pracy w czasie rzeczywistym: zawiera nietypowe bloki funkcjonalne. Jest to prawdopodobnie największy i najbardziej złożony układ scalony zaprojektowany dotąd w Polsce (PAC2: 800 000 tranzystorów, 70 mm² w technologii 0,35 μm).

Istotne zwiększenie możliwości badawczych, dydaktycznych i promocyjnych w obszarze projektowania układów scalonych wiąże się z rozwojem na dużą skalę kontaktów ze światem po 1990 r. Za przełomowe wydarzenia można tutaj uznać: zrealizowanie dwóch pierwszych prototypowych układów cyfrowych CMOS w wytwórni we Francji (1992 r.), pierwsze projekty europejskie i w ich ramach pierwsze zakupy profesjonalnego sprzętu i oprogramowania (1993 r.) oraz przystąpienie do EUROCHIPu w 1994 r.

Uzyskane doświadczenia badawcze, projektowe i dydaktyczne znalazły odzwierciedlenie m.in. w książce W. Kuźmicza pt. *Projektowanie analogowych układów scalonych* (2 wyd.: 1981 i 1985 r.), która przez wiele lat była podstawowym podręcznikiem projektowania i nadal jest wykorzystywana.

W latach 1996–1998 w ramach projektu TEMPUS (zainicjowanego i koordynowanego przez W. Kuźmicza) zostało zorganizowane centrum kształcenia podyplomowego w zakresie specjalizowanych układów scalonych ADEC (ASIC Design Education Centre) prowadzące intensywne kursy, w tym międzynarodowe. Działalność dydaktyczna nie jest przedmiotem niniejszego opracowania. Jednak oprócz funkcji ośrodka kształcenia ustawicznego Centrum to zajmuje się także transferem wysoko zaawansowanych technologii. Misją ADEC jest pomoc dla polskich przedsiębiorstw (zwłaszcza małych i średnich) w dostępie do zaawansowanych technologii mikroelektronicznych. Motywacją do działania ośrodka są wnioski wypływające z następujących spostrzeżeń:

- nowoczesny i konkurencyjny przemysł wymaga dostępu do wysoko zaawansowanych technologii;
- małe i średnie firmy nie są w stanie same pokonać barier dostępu do zaawansowanych technologii;
- każda duża firma kiedyś była mała.

Z tej inspiracji powstały również podobne ośrodki w Politechnice Łódzkiej i Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Uprawiana i rozwijana przez W. Kuźmicza tematyka badawcza w zakresie projektowania systemów scalonych VLSI i tworzenia narzędzi komputerowego wspomaganie tego projektowania obejmuje m.in.: metody weryfikacji projektu układu scalonego (Adam Wojtasik, Mariusz Niewczas, Zbigniew Jaworski) z uwzględnieniem zaburzeń procesu technologicznego (Andrzej Pfitzner, Elżbieta Piwowarska, Adam Lejman), w tym defektów punktowych (Witold Pleskacz); modelowanie elementów układów i zjawisk pasożytniczych (A. Pfitzner, Mirosław Grygolec, Jacek Laskowski), w tym połączeń wewnątrzukładowych (E. Piwowarska); zaawansowane metody symulacyjne (A. Pfitzner); metody projektowania nowej klasy układów scalonych — analogowych układów realizujących operacje logiki rozmytej (Z. Jaworski, Andrzej Wielgus, Andrzej Wałkanis); metody testowania układów scalonych (Z. Jaworski, W. Pleskacz, M. Niewczas). To ostatnie zagadnienie, wraz z metodyką projektowania SOC i *Hardware-Software Codesign*, jest traktowane jako szczególnie perspektywiczne.

Współczesna metodyka projektowania układów scalonych oraz oprogramowanie CAD skłania konstruktorów do zapomnienia o realiach fizycznych i technologicznych. Istniejące możliwości symulacji i weryfikacji często nie są wykorzystywane, a jednym z powodów jest nie zawsze wysoka wiarygodność wyników tych symulacji. Ma ona różne przyczyny, wśród których są zarówno czynniki fundamentalne (niedoskonałość narzędzi CAD, brak możliwości symulacji niektórych zjawisk), jak i polityka producentów traktujących część danych technologicznych jako poufne.

W zakładzie kierowanym przez W. Kuźmicza poszukuje się odpowiedzi na pytanie, jak powiązać projektowanie na wyższych poziomach abstrakcji ze zjawiskami elektrycznymi w realnym układzie (rzeczywiste charakterystyki tranzystorów, wpływ elementów pasożytniczych, propagacja sygnałów w długich połączeniach itp.) oraz z realiami procesów wytwarzania (rozrzuty parametrów, defekty, itp.)? — albo inaczej: co projektant układu (cyfrowego, analogowego lub mieszanego) powinien wiedzieć o technologii wytwarzania tego układu, czy i w jaki sposób może tę wiedzę wykorzystać przy projektowaniu?

TECHNIKA MIKROFALOWA

Technikę mikrofalową potraktowałem jako osobny dział — jest ona bowiem bardzo silnie reprezentowana na naszym Wydziale, a badania w tym zakresie prowadzą zespoły (zakłady) w kilku Instytutach: Instytucie Systemów Elektronicznych (Jerzy Dobrowolski), Instytucie Mikroelektroniki i Optoelektroniki (Bogdan Galwas, Jerzy Krupka), Instytucie Radioelektroniki (Tadeusz Morawski, Wojciech Gwarek, Józef Modelski). Część prac związanych z metodami analizy pól elektromagnetycznych (Tadeusz Morawski, Wojciech Gwarek) omówiono w rozdziale „Teoretyczne podstawy dyscyplin naukowych uprawianych na Wydziale”. T. Morawski wykorzystał zaproponowaną przez siebie metodę małych zaburzeń (T. Morawski, *Nowe zastosowania metody małych zaburzeń w miernictwie mikrofalowym*, 1973 r.) do pomiaru częstotliwości granicznych diod waraktorowych i diod PIN. Podobne praktyczne znaczenie miało sformułowanie przez T. Morawskiego oryginalnego twierdzenia o transformacji zmian impedancji (T. Morawski, *Zastosowanie transformacji impedancji do badania obwodów mikrofalowych*, 1976 r.). W efekcie tych prac pod jego kierunkiem skonstruowano oryginalną aparaturę do pomiaru różnorodnych parametrów diod mikrofalowych (Krzysztof Kowalski, Wojciech Gwarek, Józef Modelski). Również w tym zespole opracowano różne typy analogowych i cyfrowych mikrofalowych modulatorów fazy (T. Morawski, J. Modelski, Jolanta Zborowska, Maciej Sypniewski) oraz modele użytkowe częstościomierzy mikrofalowych na pasmo od megaherców do kilku–kilkunastu gigaherców (T. Morawski, Wojciech Wojtasik). Jeden z praktycznie zrealizowanych analogowych modulatorów fazy został zastosowany w urządzeniach światowego systemu satelitarnego INTELSAT–VI.

Oryginalna technika pomiaru refleksyjności za pomocą przełączanych sześciowrotników (T. Morawski, J. Zborowska, M. Sypniewski) pozwoliła na znaczne uproszczenia konstrukcji reflektrometru mikrofalowego. W tym też zespole opracowano metody projektowania różnego typu układów aktywnych, głównie mikrofalowych wzmacniaczy mocy do celów radiolokacyjnych (m.in. zamówienia Wojskowej Akademii Technicznej, Przemysłowego Instytutu Telekomunikacji oraz Wojskowego Instytutu Techniki Uzbrojenia), a także mikrofalowych źródeł mocy (wdrożenie w Wojskowym Instytucie Techniki Uzbrojenia). W tym ciągu opowieści o technice mikrofalowej nie powinny się zagubić monografie Stanisława Rosłońca, poświęcone projektowaniu układów mikrofalowych (m.in.: *O zastosowaniu torów schodkowych w projektowaniu liniowych układów mikrofalowych*, 1990 r.; *Algorithms for Computer Aided Design of Linear Microwave Circuits*, 1990 r.; *Liniowe obwody mikrofalowe — metody analizy i syntezy*, 1999 r.) czy też prace badawczo-konstrukcyjne w dziedzinie techniki antenowej (jego opracowania zostały zastosowane w stacjach radiolokacyjnych będących na wyposażeniu Wojska Polskiego, kupili je także kontrahenci zagraniczni).

Dobrym przykładem współpracy różnych zespołów na Wydziale jest tematyka rezonatorów dielektrycznych (m.in.: Jerzy Krupka, Józef Modelski, Krzysztof Derzakowski, Adam Abramowicz). Wyrazem tej współpracy jest także monografia J. Modelskiego, A. Abramowicza pt. *Rezonatory dielektryczne i ich zastosowania* (1990 r.). Podsumowaniem prac J. Krupki w dziedzinie mikrofalowych struktur rezonansowych jest monografia pt. *Metody analizy i wybrane właściwości mikrofalowych struktur rezonansowych* (1989 r.). Tematyka filtrów mikrofalowych i rezonatorów dielektrycznych — tradycyjnie już silna specjalność wydziału (M. Pospieszalski, J. Krupka, J. Modelski, A. Abramowicz) — zaowocowała bardzo efektywną współpracą międzynarodową. J. Krupka opracował oryginalne metody pomiaru zespolonej przenikalności elektrycznej i magnetycznej dielektryków, magnetyków i nadprzewodników wykorzystywane w wielu laboratoriach na świecie. Podobnie szerokie pole zastosowań znalazła opracowana przez J. Modelskiego i Szymona Maja oryginalna metoda wykorzystująca rezonator dielektryczny do precyzyjnych pomiarów małostratnych materiałów mikrofalowych o dużej przenikalności elektrycznej.

W Zakładzie Układów i Aparatury Mikrofalowej, kierowanym aktualnie przez J. Dobrowolskiego, z dużymi sukcesami podjęto (kolejność nie ma tutaj znaczenia) wiele tematów, m.in.: metody analizy, projektowania i realizacji układów mikrofalowych, w tym: wzmacniaczy i generatorów tranzystorowych, generatorów z diodami Gunna i diodami lawinowymi, mieszaczy z diodami Schottky'ego, powielaczy częstotliwości z diodami ładunkowymi oraz

stabilnych źródeł sygnałów mikrofalowych (Marian Majewski, J. Dobrowolski, Janusz Markowski, Wojciech Wiatr, Zbigniew Nosal...). Plonem tych prac były zarówno opracowania teoretyczne, nowe metody pomiarowe, jak i liczne opracowania aparaturowe (Z. Nosal, K. Zimny, G. Fister, M. Faber...).

Inna tematyka to mikrofalowe układy scalone (Z. Nosal, K. Zimny), a w szczególności metody ich projektowania (J. Dobrowolski, *Introduction to Computer Methods for Microwave Circuit Analysis and Design*, 1991 r.; J. Dobrowolski, W. Ostrowski, *Computer Aided Analysis Modelling and Design of Microwave Networks. The Wave Approach*, 1996 r.). Godną uwagę jest tematyka mieszaczy wielodiodowych (M. Faber, W. Gwarek), a także metody analizy i projektowania mieszaczy i powielaczy mikrofalowych (m.in. M. Faber, M. Adamski, Jerzy Chramiec, *Microwave and Millimeter-Wave Frequency Multipliers*, 1995 r.).

I na zakończenie tego rozdziału troszkę, aby nie zmęczyć czytelnika nadmiarem szczegółów, uwag bardziej ogólnych dotyczących elektroniki mikrofalowej.

Ewolucję zainteresowań badawczych w dziedzinie elektroniki mikrofalowej postaram się pokazać tutaj na przykładzie Zakładu Elektroniki i Fotoniki Mikrofalowej, stworzonego i kierowanego przez Bogdana Galwasa. Powstał on z Zakładu Przyrządów Mikrofalowych, ten zaś wyodrębnił się z Zespołu Badawczego Lamp Mikrofalowych. Analiza nazw wskazuje, że tematyka badawcza zespołu/zakładu mieściła się w szerokim obszarze techniki mikrofalowej.

Badania w obszarze techniki mikrofalowej rozpoczęto — wczesne lata sześćdziesiąte — w Katedrze Radiotechniki w Zakładzie Lamp Elektronowych, gdzie podjęto prace nad teorią działania, miernictwem, później nad konstrukcją i technologią lamp mikrofalowych: lamp o fali bieżącej, klustronów i magnetronów, a następnie karcinotronów (B. Galwas, Ryszard Banaszczyk). Tematyka ta z powodzeniem była kontynuowana jeszcze w późnych latach siedemdziesiątych.

Rozwój technologii mikrofalowych przyrządów półprzewodnikowych, któremu towarzyszy zanikanie zainteresowania próżniowymi lampami mikrofalowymi, skierowuje badania naukowe Zakładu w stronę półprzewodnikowych diod generacyjnych: diod Gunna i lawinowych, a w późniejszym czasie tranzystorów mikrofalowych. Zmienia się także nazwa zakładu na Zakład Przyrządów Mikrofalowych.

Na początku lat siedemdziesiątych krystalizują się dwa nurty badań Zakładu, które będą ogniskowały się wokół szeroko pojętego miernictwa mikrofalowego oraz w obszarze teorii i technik generacji sygnałów mikrofalowych.

Tematyka miernictwa dotyczy początkowo pomiarów parametrów lamp mikrofalowych. Następnie podjęto prace nad teorią homodynowych metod pomiaru obwodów mikrofalowych — specyficzną grupą metod, w których tradycyjne procesy konwersji częstotliwości z użyciem mieszaczy i techniki heterodynowej zastąpiono detekcją homodynową, umożliwiającą m.in. prowadzenie pomiarów przy ekstremalnie małym poziomie sygnałów i uzyskanie największej dynamiki pomiaru (B. Galwas, *Homodynowe metody badania obwodów mikrofalowych*, 1976 r.). Owocem prac była duża seria oryginalnych publikacji dotyczących badań procesu i parametrów detekcji homodynowej oraz bogatej grupy ich zastosowań (m.in. Bernard Jakubowski, Krzysztof Czarnecki, Jerzy Piotrowski, Wojciech Lipka, Andrzej Łozowski, Sławomir Palczewski). Podsumowaniem tego etapu prac w dziedzinie miernictwa była monografia B. Galwasa pt. *Miernictwo mikrofalowe* (1985 r.).

Początek lat osiemdziesiątych związany był z wejściem w obszar badań nad spektrometrią EPR (elektronowy rezonans paramagnetyczny). Podjęto współpracę z Zakładem RADIOPAN mającą na celu opracowanie układów i systemów dla spektrometru EPR. W ramach tej współpracy opracowano i wdrożono do produkcji cyfrowy miernik częstotliwości mikrofalowych oraz opracowano dwa nowe, w pełni zautomatyzowane bloki mikrofalowe na pasma L i Q (m.in. B. Jakubowski, W. Lipka, J. Piotrowski, Andrzej Szymczak, Jarosław Tworóg).

W ostatnich latach badania związane z miernictwem mikrofalowym są skierowane w stronę czujników materiałów dielektrycznych, zarówno materiałów przemysłowych, jak i tkanek biologicznych.

Tematykę generacji rozwijano w następujących kierunkach:

- teoria działania nowych typów źródeł mocy mikrofalowych wykorzystujących przyrządy półprzewodnikowe (diody aktywne, tranzystory), badanie mechanizmów przestrajania i szerokopasmowej pracy generatorów,

- stabilizacja częstotliwości generatorów mikrofalowych, wykorzystywanie wnęk o dużej dobroci, stabilizacja w układach z pętlą fazową, a następnie synteza częstotliwości z wykorzystaniem technik mieszania, powielania i dzielenia częstotliwości.

Podsumowaniem prac w tej dziedzinie jest monografia B. Galwasa pt. *Mikrofalowe wzmacniacze i generatory tranzystorowe* (1991 r.).

W czasie wieloletniego cyklu prac badawczych opracowano wysokiej klasy generatory mikrofalowe diodowe i tranzystorowe dla miernictwa, systemów identyfikacji wagonów kolejowych, radaru nawigacyjnego, spektrometrów EPR, a także syntezy mikrofalowe dla radiolinii, stacji radiolokacyjnych, sensorów rezonatorowych (B. Galwas, Sławomir Palczewski, J. Tworóg). Koncentracji prowadzonych w Zakładzie badań na problemach mechanizmów działania przyrządów i układów mikrofalowych, a nie na złożonych systemach, raczej odpowiada nazwa *Elektronika Mikrofalowa* lub *Elektronika Propagacyjna*, a nie *Technika Mikrofalowa*.

Lata dziewięćdziesiąte to okres niezwykle intensywnego rozwoju *Elektroniki Mikrofalowej* jako dyscypliny naukowej i gałęzi techniki i technologii przemysłowej. Rozwój ten ma miejsce w istotnie różnych uwarunkowaniach zewnętrznych. Lata dziewięćdziesiąte to pierwsza dekada, w której mechanizmy napędowe rozwoju związane do tej pory z wyścigiem zbrojeń, technologią uzbrojenia i potrzebami armii znacznie osłabły i dalej słabną. Powszechnie obawiano się kryzysu w przemyśle elektronicznym i mikroelektronicznym, redukcji zatrudnienia w zapleczu naukowym, istotnego zmniejszenia liczby kształconych w tym kierunku studentów. Obawy te jednak nie spełniły się, ponieważ pojawił się nowy czynnik napędzający rozwój: jest nim gwałtownie rozwijający się rynek usług telekomunikacyjnych i teleinformatycznych. Tak więc potrzeby telekomunikacji i teleinformatyki stały się kolejną siłą napędową rozwoju elektroniki, mikroelektroniki i fotoniki.

Dokładniej mówiąc, nie jest to czynnik nowy — wykładniczy rozwój prędkości transmisji informacji notowano przez pierwsze sto lat począwszy od wynalezienia telegrafu. Jednakże rozwój ten nabrał w ostatnich trzydziestu latach charakteru eksplozji, a to dzięki rozwojowi telekomunikacji światłowodowej i fotoniki, którym dzielnie towarzyszył intensywny rozwój mikroelektroniki.

Najważniejsze kierunki rozwoju w dziedzinie — w której obecnie pracuje Zakład — wynikają z podanych poniżej przesłanek:

- Trwa nieprzerwany rozwój technologii monolitycznych mikrofalowych układów scalonych. Podstawowym materiałem podłożowym jest w przypadku tych układów scalonych arsenek galu (GaAs), choć równolegle prowadzone są prace nad układami na krzemie i fosforu indowym (InP). Prace ukierunkowane są na perfekcyjne opanowanie technologii tych układów, poprawę parametrów nowych rodzin tranzystorów mikrofalowych HEMT (ang. *High Electron Mobility Transistor*) i HBT (ang. *Heterojunction Bipolar Transistor*) oraz rozwój metod projektowania i symulacji ich parametrów.
- Oddzielnym obszarem zastosowań technologii GaAs i monolitycznych mikrofalowych układów scalonych są układy przeznaczone dla telefonii komórkowej i ruchomej. Eksplozja nowych usług telekomunikacyjnych otworzyła ogromny rynek na wyroby elektroniki mikrofalowej. Firmy telekomunikacyjne wykorzystują kolejne pasma częstotliwości, a konstruktorzy układów scalonych przygotowują kolejne ich generacje.
- Trwa nieprzerwany ruch w kierunku opanowania i zastosowania kolejnych pasm fal milimetrowych i submilimetrowych. Rosną częstotliwości graniczne aktywnych elementów półprzewodnikowych — tranzystorów HEMT i HBT, a w konsekwencji pasma wzmacniaczy mikrofalowych. Przesuwają się one w stronę pasm terahercowych (ostatnio przekroczone barierę 700 GHz).
- Najnowocześniejsze i najszybsze światłowodowe linie transmisyjne o przepływności dochodzącej do 10 terabitów na sekundę są udaną syntezą technologii fotoniki i elektroniki. Na potrzeby fotoniki telekomunikacyjnej opracowano specjalne rodziny mikrofalowych scalonych układów cyfrowych, specjalne rodziny szerokopasmowych wzmacniaczy transimpedancyjnych pracujących w pasmach do 10 GHz, 40 GHz i 60 GHz. Wspólnym materiałem podłożowym elementów optycznych i mikrofalowych jest arsenek galu, umożliwiającą scalanie układów mikrofalowych i fonicznych.
- Rozwija się specjalizacja zwana fotoniką mikrofalową (ang. *microwave photonics*). W obszarze jej zainteresowań gromadzą się techniki transmisji sygnałów mikrofalowych z wy-

korzystaniem łączy optycznych, generacji sygnałów mikrofalowych z wykorzystaniem techniki mieszania optycznego, optycznej kontroli i synchronizacji układów mikrofalowych, techniki optycznego sterowania fazowanych ścian antenowych i inne — dopiero rozpoznawane — zastosowania.

- Wdrażane są pierwsze sieci typu HFC (ang. *Hybrid Fiber-Coax*) do transmisji telewizyjnej, łączności telefonicznej i sieci Internetu, będące kompozycją techniki mikrofalowych linii współosiowych i światłowodowych linii optycznych.
- Projektowane są sieci telekomunikacyjne typu LAN (ang. *Local Area Network*) na pasma fal milimetrowych, harmonijnie łączące technikę mikrofalową — układy nadawcze i odbiorcze — z techniką światłowodową: transmisja sygnałów na duże odległości (ang. *Fiber Radio*).

Obserwacja i analiza kierunków rozwoju spowodowała ewolucję tematyki badawczej Zakładu, a w konsekwencji i zmianę jego nazwy na Zakład Elektroniki i Fotoniki Mikrofalowej.

Podjęta zostaje tematyka fotoniki mikrofalowej, która wyrosła na styku techniki mikrofalowej i optoelektroniki, związana silnie z lawinowym rozwojem telekomunikacji światłowodowej, nowymi technikami modulacji i detekcji promieniowania podczerwonego. Prowadzone są badania nad optycznymi metodami sterowania i kontroli częstotliwości oscylatorów mikrofalowych, nad optycznymi metodami sterowania i kontroli przyrządów: fotowaraktorów, nad teorią i konstrukcją modulatorów i mieszaczy optomikrofalowych (B. Galwas, J. Piotrowski, S. Palczewski, Zenon Szczepaniak, Piotr Witoński).

UKŁADY, URZĄDZENIA I SYSTEMY (LATA 1960–2001)

Prace prowadzone w tym zakresie szczególnie przeżywały okresy wzlotu (wiele imponujących osiągnięć, których nie da się w tym krótkim opracowaniu wyliczyć) i upadku. Przepasram tych, których bądź z powodu braku informacji, bądź miejsca pominąłem. Był długi czas produkcji antyimportowej, produkcji do celów specjalnych. O złotówki bywało niekiedy łatwo, dolary (dewizy) były na ogół niedostępne. Był to okres dobry dla krajowych opracowań, chociaż skala tej dobroci była zmienna. Początki to brak kadry, zaplecza typu instytutów resortowych czy też biur konstrukcyjnych. Politechnika była cennym, niekiedy jedynym partnerem dla tworzącego się po zniszczeniach wojennych przemysłu elektronicznego. W miarę rozwoju przemysłu i jego własnego zaplecza popyt na ten typ prac nieco się zmniejszył, chociaż ciągle byliśmy mile widzianym partnerem. Ale to przecież także powód do zadowolenia, bo fachowe kadry w przemyśle zdobywały wiedzę i umiejętności na naszym Wydziale. Ograniczę się tutaj do jednego tylko przykładu (jest ich z pewnością wiele, ale niech mi Czytelnicy wybaczą — ten jest mi najlepiej znany) — Instytut Technologii Elektronowej w Warszawie. Znacząca część jego profesorów to wychowankowie Janusza Groszkowskiego — i ci starsi (członkowie PAN: Witold Rosiński i nieżyjący już Bohdan Paszkowski), i ci młodszy (Cezary A. Ambroziak, Jerzy Klamka, Andrzej Kobus, Eugeniusz Kuźma, Bogdan Mroziewicz, Jerzy Pułtorak, Stanisław Sikorski). I nie ma co się dziwić, że to właśnie oni rozwiązywali istotne dla ich jednostek problemy naukowe. Ma się kim nasz Wydział chwalić.

Istotny kryzys wystąpił na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych. Zamówienia przemysłu wyraźnie się zmniejszyły. Część kadry o zacięciu konstruktorskim odeszła z Uczelni — „poszła w świat”. Przyczyny były różne — materialne, brak warunków do samo-realizacji, a prawdopodobnie i niekiedy polityczne. Lata 1985–1990 to okres integracji zespołów badawczych poprzez Centralne Programy Badań Podstawowych i Badań Rozwojowych. Powstało wiele nowych, ciekawych opracowań, które już nie znalazły partnera do wdrożenia. Partnerzy przemysłowi zaczęli w latach dziewięćdziesiątych zanikać, a niektórzy zniknęli na zawsze. Jednocześnie złotówka nabrała swojej wartości, a dewizy przestały być „tabu”. Coraz częściej opracowanie krajowe okazywało się droższe. Wiele zespołów zajmujących się działalnością projektowo-wdrożeniową odeszło z Uczelni. Ale nie dramatyzujemy — część zatrudniła się w nowo powstających przedsiębiorstwach, część sama je założyła, tworząc

miejsca pracy dla siebie i swoich kolegów. Upadły także zakłady doświadczalne Wydziału (ZOPAP — Zakład Opracowań Próżniowej Aparatury Pomiarowej, ZDAR — Zakład Doświadczalny Aparatury Radioelektronicznej), gdzie produkowano unikatową aparaturę, głównie pomiarowo-kontrolną, opracowaną na Wydziale. Cechą charakterystyczną wielu prac prowadzonych na Wydziale jest pełny cykl rozwojowy: od badań podstawowych do aparatury konkretnego zastosowania. Dobrym przykładem tego typu działalności były i są prace w dziedzinie techniki laserowej prowadzone w Zakładzie Optoelektroniki, zorganizowanym przez Wiesława Wolińskiego. Ciąg zdarzeń to prace teoretyczne, konstrukcje nowych laserów i wreszcie urządzenie. A oto kilka przykładów:

- mikrobrabiarka laserowa (W. Woliński, Marian Nowicki, Zygmunt Niechoda),
- zespół laserów Nd:YAG do korekcji refrakcji w układach hybrydowych (W. Woliński, Marian Nowicki, Zygmunt Niechoda),
- lasery argonowe i argon — barwnik do chirurgii dna oka (W. Woliński, Jerzy Kęsik, Wojciech Szytkowski),
- lasery molekularne CO₂ do zwalczania przedinwazyjnych stanów nowotworowych w ginekologii (W. Woliński, Antoni Kaźmierowski),
- urządzenia z laserami argonowymi i kryptonowymi do zwalczania nowotworów metodą fotodynamiczną (W. Woliński, Antoni Kaźmierowski, Jerzy Kęsik).

Urządzenia te znalazły zastosowanie w przemyśle oraz wielu klinikach.

Inny przykład związków pomiędzy prowadzonymi na Wydziale pracami podstawowymi i pracami o charakterze bardzo praktycznym to działalność Stefana Hahna. Wybitny specjalista w dziedzinie teorii sygnałów elektrycznych i teorii generacji zajmował się także tworzeniem praktycznych wzorców częstotliwości i metod jej stabilizacji oraz piezoelektroniką. Pod kierunkiem S. Hahna zrealizowano m.in. wzorce kwarcowe (Jacek Jarkowski), na których oparta była w latach 1964–1984 krajowa służba częstotliwości wzorcowej. Inne przykłady tego typu prac to m.in. modele wzorców częstotliwości na wiązce srebra (S. Hahn, Karol Raddecki), modele wzorca częstotliwości na mikrofalowym rezonatorze niobowym (S. Hahn, Jacek Jarkowski) czy wreszcie model cezowego wzorca częstotliwości.

Kontynuacja zainteresowań S. Ryżki w dziedzinie liczników elektronicznych — głównie w zastosowaniu do cyfrowego pomiaru częstotliwości i odstępu czasu — zaowocowała wieloma opracowaniami (Waldemar Kiełek, Edmund Porządkowski, Romuald Nowak, Andrzej Barwicz...) wdrożonymi do produkcji zarówno w zakładzie doświadczalnym Politechniki ZDAR, Zakładzie Opracowań Aparatury Naukowej ZOPAN, jak i w przemyśle. Na tym tle warto wspomnieć o pracach W. Kiełka, on sam bowiem unika rozgłosu i nie lubi publikować. Ten znakomity konstruktor opracował w latach osiemdziesiątych mierniki odstępu o błędzie przypadkowym ok. 30 ps. Mierniki te (obok laserów wielkiej mocy oraz mechanicznych i optycznych urządzeń śledzących) pozwoliły zbudować w ramach międzynarodowego programu Interkosmos, globalną sieć dalmierzy laserowych mierzących odległości do sztucznych satelitów Ziemi. W. Kiełek podjął prace nad optymalizacją filtracji słabych sygnałów świetlnych, których wykorzystanie praktyczne pozwoliło na uzyskanie dokładności dalmierzy poniżej 1 m (przy odległościach kilku tysięcy kilometrów) już w pierwszej serii wyprodukowanych urządzeń. Ale to jeszcze nie wszystko. W czasie następnego etapu działań opracował na podstawie studiów teoretycznych nową metodę detekcji bardzo słabych sygnałów świetlnych, uzyskując dokładność dalmierzy ok. 1 cm. To przykład wzajemnego sprzężenia dociekań teoretycznych i konstrukcji urządzenia.

A teraz inny przykład — mierniki pojemności i admitancji nieliniowej. Są to urządzenia niezbędne w każdym laboratorium zajmującym się przyrządami półprzewodnikowymi. Oryginalne opracowania Krzysztofa Braclawskiego i jego zespołu (Józef Maciak, Kazimierz Sadowski) zaowocowały serią różnorodnych — kilkanaście patentów — mierników tego typu (ponad 100 egzemplarzy), wykorzystywanych zarówno w laboratoriach badawczych (także NRD, Węgry, Czechy), jak i w krajowym przemyśle półprzewodnikowym do dzisiejszego dnia. Likwidacja zakładu doświadczalnego produkującego część tych urządzeń (ZOPAP), upadek przemysłu półprzewodnikowego i wymiernalność złotówki spowodowały, że zaczęły się kłopoty. W warunkach uczelnianych trudno było znakomite — skądinąd — urządzenia w sposób opłacalny wykonać, a w konsekwencji sprzedać na rynku bardzo w tej dziedzinie konkurencyjnym (Hewlett-Packard, Keithley). Podobny zresztą los spotkał różnorodne typy

próżniomierzy (W. Górski), także w znaczącym stopniu produkowane w ZOPAP (K. Lewenstein, Karol Lityński), czy też liczne opracowania coraz to nowych synchroskopów próbkujących (Jerzy Baranowski, Michał Ramotowski, Stefan Misiaszek i inni).

Ale nie należy się nadmiernie roztkliwiać nad przeszłością. Inne czasy, inne warunki działania. Warto się jednak zastanowić właśnie nad warunkami, jakie musimy stworzyć, aby wartościowe (naszym zdaniem) opracowania „sprzedać”, jak nimi zainteresować ewentualnych producentów. Czy warto i czy mamy szansę utworzyć wokół Uczelni sieć małych przedsiębiorstw zajmujących się wytwarzaniem produktów *high technology*? A może tylko prace podstawowe? I znowu podam przykład. Tym razem z dziedziny techniki wysokiej próżni. Zespół o ogromnych tradycjach J. Groszkowskiego podjął w latach 1980–1990 prace nad spektroskopią elektronów Augera (Włodzimierz Trzoch, Piotr Szwemin), wytwarzając pięć spektrometrów pracujących do dziś w placówkach naukowych. Gdy działań tych nie udało się kontynuować, a zespół dramatycznie się zmniejszył, podjęto (z sukcesem) prace badawcze dotyczące metod symulacyjnych jako narzędzia służącego analizie i syntezie układów pomiarowych i technologicznych, głównie wspomagającego projektowanie układów próżniowych (P. Szwemin). Na wiele pytań, niekiedy bardzo trudnych, trzeba jednak szukać odpowiedzi. Odpowiedzi, która wiąże się z nową, szybko zmieniającą się rzeczywistością. Nie należy skarżyć się, ale działać. Nie wzruszymy otaczającego nas świata bezradnością i narzekaniem. Ale też nie może być tak, że budżet państwa stawia nakłady na naukę na ostatnim miejscu.

DŹWIĘK I OBRAZ

Dźwięk i obraz to najbardziej naturalne formy informacji. Miłośnicy muzyki świetnie zdają sobie sprawę, że w obecnych czasach nie ma dobrej muzyki bez elektroniki. Jeżeli chodzi o obraz dobrej jakości, sprawa jest równie oczywista (autor nie ma tu na myśli obrazów wiszących na ścianach w muzeach rozsianych po całym świecie). Z tego względu w niniejszym opracowaniu nie mogło zabraknąć opisu osiągnięć Wydziału w tej dziedzinie.

DŹWIĘK, CZYLI ELEKTROAKUSTYKA

Elektroakustyka w Politechnice Warszawskiej należy do dyscyplin o długich, ponad 50-letnich tradycjach. W okresie przedwojennym zagadnienia techniki dźwiękowej były poruszane w wykładach z tzw. prądów słabych na Wydziale Elektrycznym, a w wykładach z budownictwa na Wydziałach Inżynierii Lądowej i Architektury zaczęto uwzględniać aspekty izolacji akustycznej budynków i akustyki sal.

Po wojnie, w 1948 roku, na Wydziale Elektrycznym został uruchomiony wykład z elektroakustyki, prowadzony przez Janusza Kacprowskiego. Rosnące zapotrzebowanie na elektroakustyków ze strony Polskiego Radia, Filmu oraz Ministerstwa Poczty i Telegrafów doprowadziło w 1950 r. do powołania Katedry Elektroakustyki przy Politechnice Warszawskiej. Jej kierownikiem był od początku Ignacy Małecki. W początkach działania Katedra korzystała z aparatury Polskiego Radia, Filmu oraz Głównego Instytutu Fizyki Technicznej GIFT. Razem z GIFT zajmowała pomieszczenia w Gmachu Fizyki PW, gdzie prowadzono wiele wspólnych prac badawczych. Po 1955 roku, w którym wyłoniony z GIFT-u Zakład Badania Drgań Polskiej Akademii Nauk wyprowadził się z Politechniki, nastąpił podział tematyki prac badawczych, zgodnie z którym główną działalność Katedry zdominowały zagadnienia związane z akustyką, a technika ultradźwiękowa była raczej uzupełnieniem tego, co tworzono w Zakładzie Badania Drgań PAN.

W 1964 roku Katedra Elektroakustyki Wydziału Łączności jako jedna z pierwszych wprowadziła się do nowego gmachu, zajmując dwie kondygnacje specjalnie zaprojektowanego skrzydła D, wraz z salą kinową (z reżysernią i kabiną projekcyjną) i komorą bezdechową. Po zmianach organizacyjnych — już na Wydziale Elektroniki — dawna Katedra stała się Zakładem Elektroakustyki w Instytucie Radioelektroniki.

Działalność naukowa w ciągu tych 50 lat prowadzona była we wszystkich głównych dziedzinach akustyki (podstawy fizyczne akustyki i elektroakustyki, technika dźwiękowa, technika

filmu dźwiękowego, akustyka wnętrz, akustyka urbanistyczna, akustyka muzyczna, ochrona przeciwdźwiękowa, technika ultradźwiękowa i akustoelektronika), w różnym czasie i z różną intensywnością. Jej efektem były prace doktorskie, habilitacja, publikacje, książki i patenty. Niektóre były wykorzystywane w działalności projektowej i konstrukcyjnej, którą także prowadziła Katedra. Projekty akustyczne wielu sal koncertowych, ekspertyzy dotyczące zwalczania hałasu, konstrukcje defektoskopów ultradźwiękowych (były jednym z pionierskich rozwiązań w skali światowej), mierniki poziomu dźwięku, deflektory akustooptyczne i elementy do obróbki sygnałów elektrycznych z wykorzystaniem akustycznych fal powierzchniowych — to tylko wybrane przykłady aktywności twórczej Zakładu. Warto również wspomnieć o działalności normalizacyjnej — także w skali międzynarodowej.

Nie sposób pisać o Zakładzie, nie przedstawiając ludzi, którzy go tworzyli, działali w nim i nadawali mu tę niepowtarzalną atmosferę, wspomnianą przez tych, którzy z Zakładem się kiedykolwiek zetknęli. Na pewno pierwsze miejsce należy się I. Maleckiemu. W 1950 roku został on powołany na kierownika Katedry, którą prowadził bez przerwy do 1969 r. Tu kształcił swych pierwszych uczniów — wśród nich Witolda Straszewicza. Pracownikiem naukowym Wydziału pozostał nadal aż do przejścia na emeryturę w 1982 r. Jego zainteresowania naukowe najlepiej charakteryzują wybrane tytuły książek podsumowujących kolejne okresy działalności naukowej: *Akustyka budowlana* (1949 r.), *Akustyka filmowa i radiowa* (1950 r.), *Technika nagrywania i odtwarzania dźwięków* (1953 r.), *Walka z hałasem w zakładach przemysłowych* (1954 r.), *Teoria fal i układów akustycznych* (1964 r.), *Physical Foundations of Technical Acoustics* (1969 r.) oraz *Podstawy teoretyczne akustyki kwantowej* (1972 r.). Obecne zainteresowania nadal czynnego naukowo prof. I. Maleckiego koncentrują się wokół różnych aspektów emisji akustycznej. I. Malecki był także bardzo aktywny na polu współpracy międzynarodowej. Z tego względu wśród profesorów Wydziału Łączności i w PAN krążyły niegdyś różne anegdoty dotyczące jego „twórczości” pisarskiej. Utrzymywano żartobliwie, że był autorem pracy pt. *Moje wrażenia z pobytów w Polsce*. Podobne anegdoty krążyły na temat innych znanych profesorów. Mówiło się w nich, że J. Groszkowski napisał dzieło pt. *Próżnia w umysłach członków Polskiej Akademii Nauk*, a A. Smoliński *Jak się wzmocnić*.

Drugą osobą bardzo ściśle związaną z Zakładem Elektroakustyki Politechniki Warszawskiej jest — nieżyjący od dwóch lat — W. Straszewicz. Charakterystyczna sylwetka eleganckiego pana w garniturze, z muszką, niskiego, o donośnym głosie i doskonałej dykcji oraz wszechstronnej znajomości zagadnień akustyki — zapadała w pamięć tym, którzy mieli do czynienia z Zakładem. Ale dla tych, którzy znali Go lepiej — nie tylko tym zapisał się w pamięci. W. Straszewicz, spadkobierca pokolenia przedwojennych profesorów Politechniki — naukowców, wychowawców młodzieży, był człowiekiem z zasadami, których potrafił bronić, jeśli było trzeba. Związany z Politechniką nie tylko studiami i czterdziestoma latami pracy, ale także rodzinną tradycją — ojciec i dziadek byli Profesorami tej uczelni. Absolwent Gimnazjum im. Stefana Batorego już na samym początku dorosłości wcielał w życie zasady, które wyniósł z domu — w kampanii wrześniowej, w czasie akowskiej działalności podziemnej i Powstania Warszawskiego. Jeszcze w czasie studiów na Wydziale Elektrycznym rozpoczął pracę na uczelni (1949 r.), a od 1950 roku związał swój los z nowo powstałą Katedrą Elektroakustyki i właściwie od początku zajął się przede wszystkim akustyką architektoniczną, co wydaje się być konsekwencją Jego zainteresowań muzyką i architekturą. Plonem pracy naukowej i projektowej W. Straszewicza są wspaniałe sale koncertowe o doskonałej akustyce — cenione zarówno przez słuchaczy, jak i wykonawców. Chronologicznie ujmując, są to prace nad projektem Filharmonii Narodowej w Warszawie, Filharmonii Pomorskiej im. Ignacego Paderewskiego, Teatru Wielkiego w Łodzi, Filharmonii w Częstochowie, Filharmonii w Rzeszowie oraz Studia Koncertowego Polskiego Radia, znanego jako Studio S1 im. Witolda Lutosławskiego.

Te dwie postaci są bez wątpienia najważniejsze w historii Zakładu, ale związanych z nim było wielu ludzi, którzy swą twórczą osobowością wywarli wpływ na jego dawny i obecny kształt. Zapewne pamięć o szczególnie przyjaznej atmosferze panującej w Zakładzie przyczyniła się do tego, że liczni jego absolwenci utrzymują z nim dobre kontakty, a wielu studentów pragnie się w nim kształcić. Absolwenci Zakładu pracują przede wszystkim w instytucjach mających związek z akustyką — od instytutów naukowych poczynając, poprzez radio, telewizję, film, budownictwo, a na firmach elektroakustycznych kończąc (włączając w to wie-

le ośrodków i firm zagranicznych). Ale są i tacy, których działalność — choć powszechnie znana — nie kojarzy się z wykształceniem akustycznym, na przykład Jan Zagozda — dziennikarz muzyczny, Wojciech Piętowski — kompozytor i wykonawca, Witold Leszczyński oraz Marcel Łoziński — reżyserzy filmowi, Andrzej Rakowski — były rektor Akademii Muzycznej czy Tadeusz Sznuć — znany dziennikarz radiowy i telewizyjny.

W ostatnich latach działalność naukowo-badawcza Zakładu koncentrowała się wokół następujących zagadnień: cyfrowej techniki fonicznej (Zbigniew Kulka), elektroakustycznych technik pomiarowych (Maria Tajchert), studyjnej techniki nagrań dźwiękowych (Andrzej Leszczyński, Piotr Nykiel), audiometrii i badań psychoakustycznych (A. Leszczyński, Jerzy Narkiewicz-Jodko, Jan Paluchowski), projektowania i badania ochronników słuchu (Ewa Kotarbińska, Z. Kulka), aktywnej redukcji hałasu (J. Narkiewicz-Jodko, E. Kotarbińska, Z. Kulka), badania powietrznych łączy ultradźwiękowych do zastosowań w automatyce oraz przetworników do analizy emisji akustycznej (J. Narkiewicz-Jodko).

Laboratoria Zakładu są dobrze wyposażone w elektroakustyczny sprzęt pomiarowy, zarówno analogowy, jak i cyfrowy. Najnowszy, dwudzielinowy system pomiarowy firmy Audio Precision o nazwie *System Two Cascade* zapewnia wszechstronne możliwości pomiarowe. Wyposażenie w sprzęt studyjny, choć skromne, pozwala na realizację nagrań dźwiękowych w zakresie nagrań lektorskich, audycji słowno-muzycznych, solistów instrumentalnych i małych zespołów kameralnych. Przykładem są zrealizowane ostatnio nagrania doświadczalne z pełną obróbką cyfrową i rejestracją na płytach CD-R.

Ważnym przejawem działalności Zakładu jest *Studium Techniki Audiologicznej*, które zostało uruchomione we współpracy z firmą Oticon Polska w maju 1996 r. Jego twórcą i kierownikiem jest A. Leszczyński.

Od trzech lat Zakład Elektroakustyki przy udziale Zakładu Telewizji Instytutu Radioelektroniki organizuje, przejęte w 1999 r. od Instytutu Telekomunikacji i Akustyki Politechniki Wrocławskiej, krajowe sympozjum naukowe *Multimedia — nowości w technice audio i wideo*. Jest to sympozjum coroczne, odbywające się w Warszawie pod protektoratem Polskiej Sekcji *Audio Engineering Society*. VI i VII edycje sympozjum (w latach 1999 i 2000) wykazały, że jest to doskonałe forum prezentacji dorobku młodych naukowców, miejsce spotkań i wartościowych dyskusji.

Zakład prowadzi również wspólne prace naukowo-badawcze m.in. z Akademią Muzyczną w Warszawie (Wydział Reżyserii Dźwięku, Katedra Akustyki Muzycznej), IPPT PAN (Zakład Ultradźwięków, Zakład Akustyki) i Centralnym Instytutem Ochrony Pracy (Zakład Zagrożeń Akustycznych i Elektromagnetycznych). Przykładem wieloletniej współpracy z tym ostatnim ośrodkiem są zrealizowane prace inżynierskie i magisterskie oraz wartościowe rezultaty prac badawczych z zakresu ochrony przeciwdźwiękowej i akustycznych ochronników słuchu. Współpraca ta, prowadzona w ramach zadania badawczego objętego strategicznym programem rządowym *Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia człowieka w środowisku pracy*, dała efekt w postaci prototypowej serii nauszników przeciwhałasowych z regulowanym tłumieniem (Z. Kulka, Andrzej Aronowski, P. Nykiel). Nauszniki z tej serii zostały zaprezentowane i wysoko ocenione na 49. Światowych Targach Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Techniki *Brussels Eureka'2000*, uzyskując 2 medale: srebrny medal *Brussels Eureka* oraz prestiżowy medal Międzynarodowej Fundacji na rzecz Nauki *Eureka International* (był to jedyny produkt polski nagrodzony tym medalem w 2000 r.).

Warto również wspomnieć o organizowanych przez Zakład sesjach odsłuchowych materiału dźwiękowego, zarejestrowanego w systemach dwu- i wielokanałowych. W ich ramach są prowadzone zarówno badania nad subiektywną oceną jakości dźwięku, jak i cyfrowych płyt audio i wideo (w tzw. wielokanałowym systemie kina domowego). Prezentacje te cieszą się dużym zainteresowaniem studentów i pracowników Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych PW oraz Wydziału Reżyserii Dźwięku Akademii Muzycznej, jak również wielu osób z zewnątrz, w tym producentów sprzętu audio, audiofilów i osób zajmujących się profesjonalną oceną nagrań. Każda prezentacja jest połączona z dyskusją o aspektach dźwiękowych nagrań i wymianą poglądów na temat subiektywnie ocenianej jakości dźwięku.

Zasadnicze zamierzenia Zakładu Elektroakustyki w zakresie działalności naukowo-badawczej to rozwój prac związanych z cyfrową techniką foniczną, a w szczególności tworze-

niem nowych algorytmów audio i ich implementacją na szybkich procesorach sygnałowych oraz projektowaniem nowoczesnych urządzeń głośnikowych. Planowane są też prace z techniki mikrofonowej i studyjnej realizacji nagrań. Rozwijane są metody subiektywnej oceny dźwięku reprodukowanego w systemach dwu- i wielokanałowych. Przewiduje się zintensyfikowanie dobrze układającej się współpracy z Wydziałem Reżyserii Dźwięku Akademii Muzycznej w Warszawie oraz zacieśnienie kontaktów z krajowymi ośrodkami akademickimi (Wrocław, Gdańsk, Poznań) w celu podejmowania wspólnych przedsięwzięć.

PRZETWARZANIE OBRAZU

Przetwarzanie obrazu stanowi obszar wiedzy odwołujący się do osiągnięć elektroniki i techniki informacyjnych, do którego należą: detekcja, akwizycja, transmisja i wyświetlenie obrazu, a także metody jego rozpoznawania oraz generowania. Za pomocą technik analogowych i cyfrowych w ramach przetwarzania obrazu rozwiązywane są zagadnienia dotyczące projektowania, technologii i konstrukcji optoelektronicznych układów przetwarzania obrazu oraz cyfrowych metod reprezentacji i przetwarzania danych obrazowych.

Przetwarzanie obrazu jako specjalność naukowa z zakresu optoelektroniki obrazowej rozwinęła się na podstawie postępu, jaki dokonał się w XX wieku w wielu dziedzinach wiedzy: w optyce elektronowej i optyce zintegrowanej, w technice wysokiej próżni, w fizyce i technologii materiałowej półprzewodników, ciekłych kryształów i in. oraz w informatyce i inżynierii komputerowej. Opracowanie na przełomie lat dwudziestych i trzydziestych pierwszych elektronooptycznych przetworników obrazu — kineskopu elektronowiazkowego oraz lampy analizującej typu ikonoskop — doprowadziło do rozwoju telewizji. Koncepcja kineskopu maskowego i uruchomienie w latach pięćdziesiątych produkcji kineskopów kolorowych stworzyły podstawy rozwoju telewizji kolorowej. Jej współczesne rozwiązania wiążą się z postępowaniem w zakresie optoelektronicznych przetworników obrazu z końca lat sześćdziesiątych, kiedy to zmodyfikowano konstrukcję kineskopu maskowego oraz opracowano nowy typ lampy analizującej — widikon. Lata siedemdziesiąte przyniosły nowe rozwiązania lampowych analizatorów obrazu (plumbikon, satikon i in.), a od początku lat osiemdziesiątych do analizy obrazu zaczęto wykorzystywać analizatory monolityczne CCD (ang. *charge-coupled devices*), CID itp. Dekadę lat osiemdziesiątych cechuje także wprowadzenie rozwiązań nowej generacji syntezatorów obrazu: płaskich kineskopów plazmowych, ciekłokrystalicznych, fluorescencyjnych i in. W latach dziewięćdziesiątych znaczące prace rozwojowe w dziedzinie optoelektroniki obrazowej dotyczyły systemów przetwarzania obrazu o dużej rozdzielczości oraz wizualizacji obrazów zarówno z zakresu widzialnego, jak i z zakresów podczerwieni i nadfioletu. Opracowane zostały systemy projekcyjne, m.in. do syntezy obrazów dla telewizji HDTV (ang. *high-definition television*), wykorzystujące wyświetlacze ciekłokrystaliczne. W rozwiązaniach technologicznych konwerterów i wzmacniaczy obrazu najnowszej generacji wykorzystano doświadczenia techniki światłowodowej (obrazowody, płytki mikrokanałowe).

Przetwarzanie obrazu w procesie dyskretyzacji, dające jego reprezentację cyfrową, stwarza możliwości cyfrowej obróbki danych obrazowych w celu poprawy jego jakości, kompresji, analizy i rozpoznawania itp. Intensywny rozwój cyfrowych technik przetwarzania obrazu od połowy lat osiemdziesiątych jest wynikiem znaczącego postępu technologicznego w technikach komputerowych i doskonalenia metod przetwarzania sygnałów cyfrowych. Pojawienie się coraz szybszych procesorów umożliwiło wykonywanie w coraz krótszym czasie skomplikowanych obliczeń, a także stanowi podstawę rozwoju systemów operacyjnych z interfejsem użytkownika w postaci łatwego w obsłudze środowiska graficznego. Metody cyfrowego przetwarzania sygnałów wykorzystywane na potrzeby współczesnych sieci komputerowych wpłynęły na poprawę ich właściwości transmisyjnych i spowodowały wzrost niezawodności. Rezultatem było powstanie w latach dziewięćdziesiątych systemów widzenia komputerowego, systemów telewizji cyfrowej, systemów wideokonferencyjnych, systemów obrazowania medycznego — systemów baz danych obrazowych i szeroko pojętych technologii multimedialnych. Rozwijane i opracowywane nowe algorytmy i procedury przetwarzania obrazów cyfrowych znajdują coraz szersze pole zastosowań.

Badania naukowe prowadzone przez ostatnich piętnaście lat w Zakładzie Przetwarzania Obrazu (Jerzy Woźnicki, Jerzy Kaczmarczyk, Hanna Górkiewicz-Galwas, Grzegorz Kukielka) dotyczyły:

- modelowania matematycznego i symulacji komputerowej układów elektrooptycznych w zastosowaniu do projektowania elektronowiązkowych syntezyatorów i wzmacniaczy obrazu (H. Górkiewicz-Galwas, J. Kaczmarczyk),
- opracowania kryteriów oceny jakości konwerterów i wzmacniaczy obrazu (J. Woźnicki, J. Kaczmarczyk, H. Górkiewicz-Galwas),
- badań nad źródłami błędów i zniekształceń w torze dyskretyzacji i przetwarzania obrazu (J. Woźnicki),
- aplikacji metod cyfrowego przetwarzania obrazu w miernictwie optoelektronicznym,
- zdalnej akwizycji i analizy obiektów w obrazach cyfrowych na potrzeby zautomatyzowanych systemów monitorowania,
- opracowania metodyki analizy sekwencji obrazów cyfrowych w celu detekcji ruchu (J. Woźnicki, G. Kukielka),
- opracowania systemu analizy i rozpoznawania cyfrowych obrazów mikroskopowych (J. Woźnicki, G. Kukielka).

Wśród wielu prac naukowych powstałych w tej dziedzinie warto wymienić dwie monografie Jerzego Woźnickiego: *Analiza i projektowanie konwerterów i wzmacniaczy obrazu* (1989 r.) oraz *Podstawowe techniki przetwarzania obrazu* (1996 r.).

Odwołując się do przedstawionego, ogólnego opisu dziedziny jaką jest przetwarzanie i analiza obrazów, można przypuszczać, że ze względu na możliwości zastosowań będzie się ona nadal intensywnie rozwijać, prowadząc do rozwiązania wielu istotnych problemów. Wymienić tutaj można chociażby opracowanie modelu systemu percepcji wzrokowej człowieka, opracowanie skutecznych metod analizy dużych zbiorów danych obrazowych w czasie rzeczywistym oraz opracowanie adaptacyjnych odmian znanych metod przetwarzania obrazów, co pozwoli na rozwiązanie wielu praktycznych problemów, wśród których wymienić można: automatyczne systemy sterowania pojazdami mechanicznymi, zautomatyzowane systemy analizy wykorzystywane w diagnostyce i terapii medycznej, wysoko wydajne algorytmy kompresji i szyfrowania danych i wiele innych.

Powyższy opis nie obejmuje wszystkich prac Wydziału na tym polu (autor otrzymał materiały jedynie od Zakładu Przetwarzania Obrazu, IMiO), stąd też w niniejszym opracowaniu nie znalazły się prace dotyczące telewizji (Zdzisław Kozłowski, Aleksander Mac, Marek Rusin). Autor czuł się jednak w obowiązku zasygnalizować działalność naukowo-badawczą Władysława Skarbka. Rozwinął on nowatorskie w Polsce badania z zakresu obrazowania medycznego, metody śledzenia promienia w grafice komputerowej, syntezy obrazów fraktalnych i kompresji obrazów metodą fraktalną. Opublikował liczne prace dotyczące zastosowań sieci neuronowych w przetwarzaniu obrazów, w szczególności w rozpoznawaniu twarzy i pisma ręcznego. Rozwinął w nich między innymi oryginalną metodę lokalnej analizy składowych głównych (LPCA) oraz metodę fraktalną w rozpoznawaniu twarzy. Jest autorem następujących monografii: *Metody reprezentacji obrazów cyfrowych* (1993 r.), *Multimedia — Algorytmy i Standardy Kompresji* (1998 r.) oraz *Multimedia — Sprzęt i Oprogramowanie* (1999 r.).

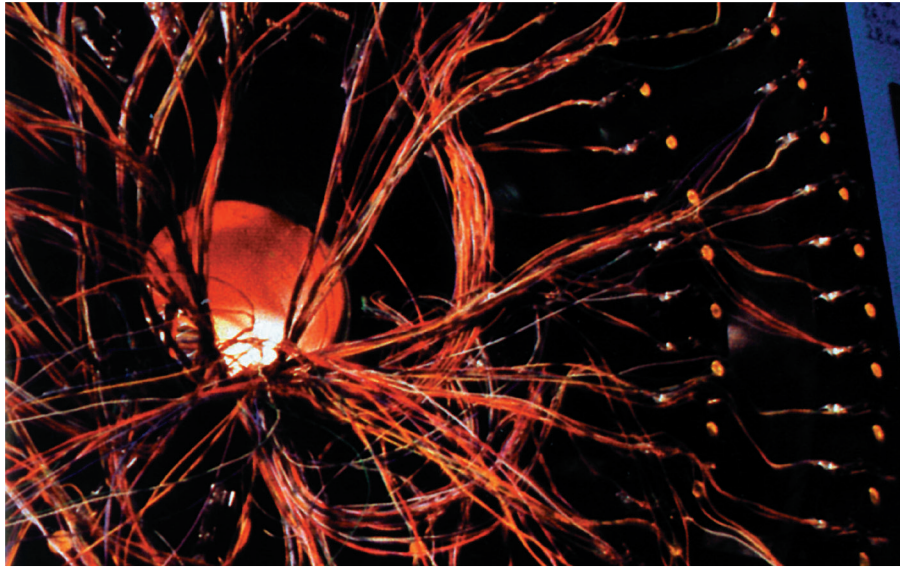
PODZIĘKOWANIA

Autor tego opracowania pragnie podziękować tym wszystkim, którzy przyczynili się do jego powstania. Dziękuję za przekazane mi materiały Pani Hannie Górkiewicz-Galwas oraz Panom Jerzemu Baranowskiemu, Januszowi Dobrowolskiemu, Bogdanowi Galwasowi, Zbigniewowi Kulce, Jerzemu Narkiewiczowi-Jodce, Andrzejowi Pfiznerowi, Zbigniewowi Szczepańskiemu i Piotrowi Szweminowi. Była to dla mnie bardzo pouczająca lektura, nawet jeżeli wykorzystałem ją tylko w części.

Panom Janowi Ebertowi, Tadeuszowi Morawskiemu i Pawłowi Szczepańskiemu dziękuję za czas poświęcony na — niezwykle dla mnie ważne — pogawędki o elektronice.

Panu Dziekanowi Romanowi Z. Morawskiemu i Pani Lidii Łukasiak za heroiczną walkę o jakość przedstawionego im tekstu i wiele cennych uwag.

Pani Małgorzacie Trzaskowskiej za pomoc w redakcji tekstu.



telekomunikacja

*Every student of science
should be an antiquary in his subject*

J.C. Maxwell

OD TELEGRAFII DO GLOBALNEJ INFRASTRUKTURY INFORMACYJNEJ

W jubileuszowym tekście związanym z rozwojem telekomunikacji wypada wspomnieć o tym, że w roku 2000 obchodzono 135 lat działalności Międzynarodowej Unii Telekomunikacyjnej. Powołano ją do życia 17 maja 1865 roku w Paryżu, pod nazwą Międzynarodowy Związek Telegraficzny. Owego dnia dwadzieścia państw podpisało pierwszą konwencję ustanawiającą zasady międzynarodowej komunikacji telegraficznej. Obecną nazwę — *International Telecommunication Union* (ITU) — przyjęto w roku 1934. Od roku 1947 ITU jest agendą ONZ. 17 maja jest Międzynarodowym Dniem Telekomunikacji, obchodzonym corocznie również w naszym kraju.

Rok 1865 można by więc uznać za początek epoki zinstytucjonalizowanej globalizacji telekomunikacji — budowy globalnej infrastruktury informacyjnej, by użyć modnych obecnie określeń. Refleksja nad tą konstatacją przydałaby się zapewne współczesnym „odkrywcom” globalizacji, a szczególnie jej zagorzałym zwolennikom i nieprzejednanym przeciwnikom. Jeśli wierzyć, że w wyniku rozwoju globalnej infrastruktury informacyjnej kształtuje się nowa formacja cywilizacyjna — społeczeństwo informacyjne — a jedną z istotnych jej cech jest to, iż wymaga od każdego stałego kształcenia się, to przytoczone jako motto zalecenie Maxwella dotyczy nas wszystkich. A więc zagłębmy się nieco w historię rozwoju telekomunikacji.

Pierwsze próby wykorzystania energii elektrycznej do komunikowania się na odległość miały miejsce już w połowie XVII w., a więc na długo przed pojawieniem się fundamentalnych prac M. Faradaya dotyczących indukcji elektromagnetycznej (lata 1830–31). Jednakże dopiero po roku 1840 udało się skonstruować aparaty umożliwiające praktyczne zastosowanie telegrafii poza laboratoriami badawczymi; oparto je na rozwiązaniach zaproponowanych i opatentowanych w roku 1837 przez W. Cooka i K. Wheatstone’a w Anglii oraz przez S. Morse’a i T. Vaila w Stanach Zjednoczonych. Pierwsze zastosowania telegrafii elektrycznej związane były z sygnalizacją kolejową, służącą do ochrony przed częstymi wówczas wypadkami na odcinkach jednororowych i w tunelach. Już w roku 1851 uruchomiono linię telegraficzną łączącą giełdy (sic!) w Paryżu i Londynie. Kilka lat później zaczęły się stopniowo upowszechniać publiczne usługi telegraficzne.

Barierą dla upowszechnienia telegrafii stał się brak standaryzacji: w różnych krajach stosowano odmienne rozwiązania techniczne i kody telegraficzne, co powodowało konieczność dokonywania kłopotliwych konwersji przy przekraczaniu granic. Doprowadzenie do kompatybilności łączy telegraficznych na granicach państwowych okazało się zadaniem trudnym, wymagającym licznych i szczegółowych uzgodnień bilateralnych. Uzgodnień wymagały nie tylko kwestie techniczne, lecz także zasady eksploatacji urządzeń, zasady naliczania opłat za usługi, a nawet zasady księgowości. Celem krajów, które powołały do życia ITU, było dokonanie uzgodnień we wszystkich tych kwestiach (*nota bene*, wśród pierwszych członków nie znalazły się Stany Zjednoczone; Polska została członkiem ITU w roku 1921). Na efekty nie trzeba było długo czekać: już w roku 1875, a więc w dziesięć lat po pierwszych uzgodnieniach dokonanych w ramach ITU, funkcjonowało ponad 300 000 km linii telegraficznych.

Józef Lubacz

prof. dr hab.
Instytut Telekomunikacji
Politechniki Warszawskiej
Gmach Elektroniki, p. 339
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa
tel. (48 22) 660-7794
825-9820
e-mail: jl@tele.pw.edu.pl

Zasadnicze powody i cele, dla których powołano ITU ponad 130 lat temu, w istocie nie zmieniły się do dnia dzisiejszego; zmienił się jedynie zakres zadań ITU, związanych z rozwojem technik i usług telekomunikacyjnych. W ostatnich latach, na fali postępującej liberalizacji i deregulacji światowego rynku telekomunikacyjnego, wzmacnianej entuzjazmem wywołanym spektakularnymi sukcesami Internetu, nierzadko można usłyszeć pogląd, że życie ITU dobiega końca. Stawiając tę diagnozę, argumentuje się, że podstawą sukcesu Internetu jest standaryzacja *de facto*, tworzona przez mechanizmy rynkowe nie skrepowane standaryzacją *de iure*. Warto jednak zwrócić uwagę na to, że telegrafia rozwijała się w warunkach rynkowych znacznie bardziej liberalnych niż obecne, a mimo to międzynarodowe regulacje *de iure* okazały się niezbędne. Czy dzisiaj rzeczywiście powstały zasadniczo nowe okoliczności, które powodują, iż regulacyjna rola ITU przestała być potrzebna? Można mieć duże wątpliwości. *Plus ça change, plus c'est la meme chose*.

Przywołany tu okres rozwoju telekomunikacji był do tego stopnia zdominowany przez telegrafię, że zgłoszenie patentowe A.G. Bella z roku 1876 — wynalazek telefonu — miało tytuł *Improvements in Telegraphy*. Jako żywo przypomina to dzisiejszą sytuację, w której trudno przebić się z nową ideą czy rozwiązaniem technicznym z dziedziny telekomunikacji, jeśli nie ma ono odniesienia — choćby tylko nominalnie — do Internetu.

Telegrafia elektryczna zapoczątkowała rozwój telekomunikacji nowożytnej, lecz nie telekomunikacji w ogóle. Telegrafia elektryczna wyparła różnorodne, stosowane od zamierzchłych czasów, techniki telekomunikacji optycznej — wizualnej. Wdawałoby się, że techniki te niewiele mają wspólnego ze współczesnymi problemami cyfrowej czy optycznej telekomunikacji. A jednak...

Historyk grecki Polibiusz, w II w. p.n.e., w sposób systematyczny rozważył problemy wykorzystania sygnałów ogniowych i dymnych do przekazywania wiadomości na odległość, to jest do telekomunikacji. Jeden z niebanalnych problemów, który go zajmował, był następujący: jak można zakomunikować wiadomość o nieprzewidywalnym wydarzeniu za pomocą ograniczonej liczby z góry umówionych sygnałów? Rozwiązaniem tego problemu była telegrafia optyczna: przekazywanie wiadomości wyrażonych znakami alfabetu, za pomocą odpowiedniej sygnalizacji ogniowej. Zaproponowana przez Polibiusza metoda telegrafii optycznej, będąca zresztą udoskonaleniem rozwiązania zaproponowanego w V wieku p.n.e. przez Kleozenesa i Demokleitesa z Aleksandrii, była następująca. Alfabet grecki, składający się z 25 liter, należało podzielić na pięć sekcji po pięć liter oraz ponumerować sekcje (od 1 do 5) i kolejne litery w każdej sekcji (również od 1 do 5). Do komunikowania kolejnych liter składających się na przesyłaną wiadomość należało wykorzystać dwa zestawy po pięć pochodni i dwa ustawione obok siebie parawany. Liczba pochodni wysuniętych z lewego parawanu wskazywała numer sekcji liter alfabetu, zaś liczba pochodni wysuniętych z prawego parawanu — konkretną literę w tej sekcji.

Metoda komunikacji obmyślona przez Polibiusza była więc cyfrową telegrafią optyczną. Z dzisiejszej perspektywy idea Polibiusza może się wydawać oczywistą, wręcz trywialną. O tym, że trywialną nie była, świadczy fakt, iż dopiero po prawie dwóch tysiącletniach udało się uzyskać jako taki postęp w stosunku do tej idei. Co więcej, metody telekomunikacji stosowane przez te dwa tysiąclecia, po tym jak zdobycze kultur starożytnych uległy zapomnieniu, były wręcz prymitywne w porównaniu z telegrafią Polibiusza. Aż do XVII wieku nie pojawił się system komunikacji na odległość, który umożliwiałby przekazywanie wiadomości nie umówionych wcześniej. O tym, jak trudny to był problem, świadczy chociażby to, że jeszcze w roku 1796 niejaki G. Huth, Niemiec, zaproponował system telekomunikacji za pomocą ludzi umiejscowionych na dachach domów, wrzeszczących do siebie przez wielkie tuby. Ten wyrafinowany pomysł jego twórcy nazwał telefonem i zapewne dzięki temu przeszedł do historii telekomunikacji.

Znacznie bardziej udany pomysł realizował Francuz C. Chappe począwszy od roku 1793. Była to telegrafia stosująca do sygnalizacji dużych rozmiarów semaforów rozmieszczone m.in. na wieżach kościołów, których nastawienia były obserwowane za pomocą teleskopów. Konstrukcja semaforów, choć prosta, umożliwiała wyróżnienie ponad 200 nastawień, a więc różnych sygnałów. Sieć telekomunikacyjna zrealizowana według pomysłu Chappęa pokryła, w swym szczytowym okresie, prawie całą Francję. Podobne w swej istocie systemy komunikacji, choć różniące się konstrukcją sygnalizatorów, zrealizowano w tym czasie w wie-

lu krajach (na przykład zamiast semaforów stosowano duże plansze z kilkoma otwieranymi/zamykanymi otworami — „matryce kodowe”). W niektórych systemach stosowano specjalne sygnały, na przykład „start/stop”, „powtórz”, „szybciej/wolniej” czy „nie widzę”, co umożliwiałało — w dzisiejszej terminologii teleinformatycznej — sterowanie sesją komunikacyjną, korekcję błędów oraz sterowanie przepływem danych. Osiągnięto więc pewien postęp w stosunku do systemu telegrafii Polibiusza.

Sieci telegrafii optycznej wyszły z użycia dopiero po upowszechnieniu sieci telegrafii elektrycznej; o pierwszym etapie tego procesu była już mowa. Kolejne etapy związane są z rozwojem radiotelegrafii (pierwsze znaczące próby — G. Marconi, 1896 r.; pierwsze regulacje ITU — rok 1906) oraz sieci telexowych (pierwszy dalekopis — rok 1920, pierwsza centrala — rok 1925). Rozwój sieci telegraficznych następował aż do czasów nam współczesnych; ich zmierzch nastąpił w wyniku upowszechnienia telekopii (faksów) i transmisji danych w sieci telefonicznej oraz rozwoju sieci teleinformatycznych, a więc stosunkowo niedawno. Zaczęły zanikać sieci telegraficzne, lecz oczywiście nie usługa telegrafii jako taka; zmieniała się jedynie jej forma i ewoluował sposób realizacji technicznej.

Historia rozwoju telegrafii jest pouczająca: wynika z niej szereg spostrzeżeń, które wydają się mieć odniesienie do rozwoju telekomunikacji w ogóle. Odwoływanie się do historii telegrafii, a więc do najstarszej dziedziny telekomunikacji, ma tę zaletę, że pozwala dostrzec pewne cechy ewolucji w ich możliwie czystej, pierwotnej postaci. Oto owe spostrzeżenia.

Historia telegrafii pozwala uzmysłowić sobie, jak wielką wagę ma właściwe postawienie problemu komunikacji. Bariery dla rozwoju telegrafii optycznej nie były środki techniczne, lecz właśnie brak właściwego postawienia problemu; przełom nastąpił dopiero wówczas, gdy postanowiono przesyłać wiadomości wyrażone ograniczoną liczbą znaków pisarskich, a nie — jak to czyniono przez prawie dwa tysiąclecia — gdy zapomnieniu uległ dorobek starożytności — utożsamiać sygnały z całymi wiadomościami. Istotą trudności nie było wyrażanie wiadomości przez znaki pisarskie — ta operacja była w końcu znana i stosowana od dawna, lecz znalezienie odpowiedniego przedstawienia znaków pisarskich przy użyciu sygnałów optycznych — odpowiedniego kodowania, a także odpowiedniej procedury komunikacyjnej porządkującej proces wymiany sygnałów — odpowiedniego protokołu komunikacyjnego. Dziś trudno nam pojąć, że było to tak trudne. Nie powinniśmy się jednak aż tak bardzo dziwić, wzięwszy pod uwagę, jak niełatwo było dokonać innego, bliższego nam w czasie, przełomu: uświadomić sobie, iż dźwięki i obrazy można przedstawić do celów telekomunikacyjnych za pomocą ograniczonej liczby symboli, a więc rozpocząć epokę telekomunikacji cyfrowej. Ten starszy i ten nowszy przełom są w swej istocie analogiczne.

Doświadczenia telegrafii optycznej przejęła telegrafia elektryczna. Nie wykluczone nawet, że gdyby nie było telegrafii optycznej, nie rozwinęłyby się telegrafia elektryczna. W końcu mogło się stać tak, że po fundamentalnych osiągnięciach Faradaya i Maxwella (lata trzydzieste i sześćdziesiąte XIX w., odpowiednio) rozwinęłyby się telefonia, a na rozwój jakiejś formy telegrafii trzeba byłoby czekać jeszcze długo, może nawet do rozwoju telekopii czy teleinformatyki. Taki wariant rozwoju wydarzeń był, wbrew pozorom, dość prawdopodobny, zważywszy, że choć telegrafia i telefonia rozwiały się współbieżnie, przez wiele dziesięcioleci nie zostały zintegrowane w sensie technicznym i usługowym. Sytuację tę zmieniła dopiero technika cyfrowa — sieci zintegrowane, lecz nastąpiło to już w okresie, gdy telegrafia, w swej klasycznej formie, chyliła się ku upadkowi.

Z powyższych spostrzeżeń i spekulacji można snuć następujący wniosek: w rozwoju telekomunikacji, a zapewne także w rozwoju wielu innych dziedzin, równie ważne jak osiągnięcia w naukach szczegółowych i rozwój rozwiązań technicznych je wykorzystujących, są idee o znacznym stopniu abstrakcji, których nie można zakwalifikować do żadnej z dziedzin nauk podstawowych i inżynierskich. Wniosek wydawałoby się banalny, a jednak, nie od dzisiaj — delikatnie mówiąc — umykający uwadze. Objawem tego stanu rzeczy jest „terror specjalizacji”, zarówno w obszarze badawczo-rozwojowym, jak i w obszarze edukacji. Choć od dawna mówi się o pożytku płynącym z interdyscyplinarności czy multidyscyplinarności, trudno uznać, że dotychczasowe efekty są zachęcające. Rzecz bowiem raczej w ponaddyscyplinarności, niż w inter- i multidyscyplinarności.

W konsekwencji deficytu idei ponaddiscyplinarnych, rozwój dziedzin aplikacyjnych jest często wpychany w koleiny złozone przez specjalizację techniczną, w której „jak” i „za pomocą czego” dominuje nad tym „co” i „po co”. Przykładem tego był współbieżny, lecz w znacznym stopniu niezależny, rozwój sieci oraz usług telegraficznych i telefonicznych. Przyczyną takiego rozwoju wydarzeń nie były obiektywne przeszkody natury technicznej, lecz ukształtowany historycznie podział na „obszary kompetencji”. Analogicznym, nieco tylko bardziej złożonym, przykładem takiego stanu rzeczy jest rozwój sieci zintegrowanych (ISDN i B-ISDN) oraz Internetu.

Na kształtowanie się „obszarów kompetencji” istotny wpływ mają czynniki o charakterze instytucjonalnym i legislacyjnym. Wspomniana tu ITU miała niewątpliwie istotny, pozytywny wpływ na upowszechnienie usług telekomunikacyjnych, lecz jednocześnie przyczyniła się do utrwalania podziałów: komitety doradcze ITU do spraw telegrafii i telefonii zostały połączone dopiero w roku 1956 (powstał CCITT — Międzynarodowy Komitet Doradczy Telefonii i Telegrafii), a ich rzeczywista integracja z komitetem do spraw radiokomunikacji, pomimo spektakularnego przecież upowszechnienia sieci komunikacji ruchomej (sieci komórkowe) i ich rosnącego powiązania usługowego z sieciami komunikacji stacjonarnej, na dobrą sprawę nie nastąpiła do dnia dzisiejszego.

Nierzadkie jest przekonanie, wyrażane szczególnie w ostatnich kilkunastu latach, że jedynie nieskrępowane mechanizmy rynkowe dają gwarancję pomyślnego rozwoju telekomunikacji. Jest to jednak przekonanie równie złudne, jak to, iż pomyślny rozwój mogą zapewnić takie instytucje jak ITU czy krajowe agendy ustanawiające standaryzację techniczną i regulacje prawne. Oba stanowiska są skrajne, jednostronne. Poszukiwanie złotego środka trwa, a jego przebieg przypomina dyskusję wokół problemu „rynek czy państwo”. Niewątpliwie istotny wpływ na jej wynik będą miały sukcesy i niepowodzenia rozwoju Internetu. Dziś trudno jeszcze o konkluzje, gdyż początkowe imponujące sukcesy Internetu, którego rozwój odbywał się bez standaryzacji technicznej i regulacji *de iure*, najwyraźniej nie dają się w prosty sposób przenieść w przyszłość. Widać to już dość wyraźnie zarówno w sferze technicznej i usługowej, jak i w sferze biznesowej — trudności zaczynają się piętrzyć, a głosów huraoptymistycznych coraz mniej.

Jakkolwiek jednak potoczy się rozwój telekomunikacji, nie ulega wątpliwości, że na jego przebieg będą miały istotny wpływ nie tylko osiągnięcia naukowe i techniczne, ale także przyjęte mechanizmy ustanawiania standardów technicznych, bez których telekomunikacja obejść się nie może, oraz wzajemne oddziaływanie mechanizmów regulujących rozwój — tych ustanawianych przez agendy państwowe czy ponadpaństwowe oraz tych zależnych od gry rynkowej. Nic się pod tym względem nie zmieniło od czasów początkujących rozwój telegrafii elektrycznej, a więc nowożytnej telekomunikacji. To, co natomiast uległo zmianie, i zapewne będzie się zmieniać w dalszym ciągu, to mechanizmy kreowania postępu technicznego i standaryzacji technicznej oraz mechanizmy ustanawiania regulacji ekonomicznych i prawnych, a także wzajemne relacje między tymi mechanizmami. Zgranie owych mechanizmów wymaga odwołania się do postulowanych tu idei ponaddiscyplinarnych; pozostawienie rzeczy samym sobie bądź wysuwanie na pierwszy plan jednego z mechanizmów — technicznego, ekonomicznego czy legislacyjnego — jest krótkowzroczne. Krótkowzroczność wydaje się być jedną z groźniejszych dysfunkcji współczesnej cywilizacji (niełatwo ją właściwie zdiagnozować, gdy jest określana — na modłę *political correctness* — „widzeniem inaczej”).

Bez spojrzenia na wspomniane mechanizmy z perspektywy historycznej trudno wyrobić sobie pogląd na stan obecny i perspektywy rozwoju telekomunikacji, a w szczególności właściwie interpretować modne idee, takie jak integracja, konwergencja czy globalna infrastruktura informacyjna. Przyjrzyjmy się im bliżej.

Otóż o charakterze rozwoju telekomunikacji w znacznym stopniu przesądziło uznanie telefonii za dobro powszechne, tego typu co usługi pocztowe czy dystrybucja energii elektrycznej. Takie zakwalifikowanie podstawowej usługi telekomunikacyjnej miało daleko idące konsekwencje w sferze instytucjonalno-regulacyjnej: zdecydowano, że świadczenie usług telekomunikacyjnych będzie się odbywać na zasadzie tak zwanego monopolu naturalnego, wyłączonego z bezpośredniego oddziaływania mechanizmów rynkowych. W ślad za tym po-

wstały monopolistyczne przedsiębiorstwa operatorskie (w krajach europejskich państwowe, w USA prywatne), poddane szczegółowym regulacjom państwowym. Celem tych regulacji było, często mało skuteczne, ograniczenie negatywnych następstw układu monopolistycznego (tendencje do koncentrowania usług na klientach zyskowych, zawyżania cen, zaniedbywania jakości itp.). Pomimo swych wad, układ monopolistyczny doprowadził do szerokiego upowszechnienia usług telefonicznych wysokiej jakości (nie mówimy tu, rzecz jasna, o znanych z autopsji przypadkach patologicznych). Można się spierać, czy nie uzyskano by podobnych lub lepszych efektów, gdyby rozwój telefonii poddano grze rynkowej. Z obecnej perspektywy trudno to osądzić, gdyż sytuacja na początku rozwoju telekomunikacji różniła się od obecnej pod wieloma względami. W szczególności, nad konsumenckim aspektem usług telekomunikacyjnych dominowały wtedy potrzeby administracji i gospodarki. Tak czy inaczej, odchodzenie od układu monopolistycznego w telekomunikacji to zjawisko stosunkowo nowe, mieszczące się w ogólnoświatowym trendzie liberalizacji gospodarki. Wprowadzenie gry rynkowej nastąpiło w USA w latach osiemdziesiątych, a w większości krajów europejskich dopiero w latach dziewięćdziesiątych.

W przeciwieństwie do telekomunikacji, rozwój informatyki następował w wyniku gry rynkowej nie poddanej żadnym specjalnym regulacjom sektorowym. Ta różnica wynikała z tego, iż w pierwszym okresie rozwoju środki techniki komputerowej stosowano głównie lokalnie i prawie wyłącznie do celów profesjonalnych. W konsekwencji nie ukształtowała się żadna usługa informatyczna, którą uznawano by za powszechną, w takim sensie jak telefonię. Nie zaistniały zatem przesłanki do standaryzacji technicznej, do interwencji regulacyjnej państwa ani do rozważania koncepcji monopolu naturalnego. Istotna zmiana sytuacji zarysowała się dopiero w latach osiemdziesiątych, wraz z upowszechnieniem się komputerów osobistych i sieci teleinformatycznych.

Znaczna, ukształtowana historycznie, odrębność i autonomia infrastruktury telekomunikacji i informatyki okazała się hamulcem rozwoju obu, pobudzając dążenia do integracji stosowanych przez nie środków technicznych i usług. Dalszą konsekwencją jest proces konwergencji — upodobniania się telekomunikacji i informatyki w sferze technicznej, usługowej i instytucjonalno-regulacyjnej. Proces ten stopniowo obejmuje też media elektroniczne — będące zresztą w sensie technicznym działem telekomunikacji — w których rozwoju odnajdujemy analogie zarówno do rozwoju telekomunikacji, jak i informatyki. Dla jasności należy podkreślić, że sfera wytwarzania urządzeń technicznych na potrzeby telekomunikacji i mediów elektronicznych nie była regulowana w takim stopniu, jak sfera usługowa tych infrastruktur. Niemniej ukształtował się znaczny stopień specjalizacji wytwórców sprzętu i ich ukierunkowanie na odrębne sektory rynku: telekomunikacyjny, informatyczny i mediów elektronicznych. Należy także podkreślić, że poczynione tu uwagi dotyczą głównie infrastruktury publicznej. Własna infrastruktura informacyjna przedsiębiorstw rozwijała się przede wszystkim pod naciskiem sygnałów rynkowych, a oddziaływania administracyjne odgrywały rolę poślednią; dlatego integracja i konwergencja sfery telekomunikacyjnej z informatyczną następuje obecnie w tych obszarach szybciej i bez specyficznych obciążeń związanych z misją upowszechniania usług.

Biorąc pod uwagę znaczne dotychczasowe zróżnicowanie telekomunikacji, informatyki i mediów elektronicznych, trudno przypuścić by proces ich konwergencji, mający doprowadzić do powstania uniwersalnej, globalnej infrastruktury informacyjnej, był łatwy czy krótkotrwały. Przebieg tego procesu będzie zapewne wypadkową wielorakich, złożonych oddziaływań o charakterze ekonomicznym, technicznym i społeczno-kulturowym, których ostateczny efekt trudno jest obecnie do przewidzenia. Co więcej, mało prawdopodobne wydaje się, by konwergencja mogła doprowadzić do „złania się” telekomunikacji, informatyki i mediów elektronicznych w jeden homogeniczny twór (jak pokazuje doświadczenie, koncepcje integrystyczne z reguły okazują się nierealistyczne, a nierzadko także niebezpieczne) i powstanie jakiś rodzaj uniwersalnych usług telekomunikacyjno-informatyczno-medialnych. Bardziej prawdopodobne jest wyłonienie się, na pewnym etapie procesu konwergencji, nowych podziałów według kryteriów trudnych dzisiaj do odgadnięcia. Można jedynie przypuszczać, że nowe podziały będą wynikiem krystalizowania się odrębnych dziedzin aplikacyjnych, takich jak praca, edukacja, rozrywka itp., w których ukształtują się nowe rodzaje usług złożo-

nych, będące konglomeratem dzisiejszych usług prostych, a więc mające cechy zarówno telekomunikacyjne, informatyczne, jak i medialne. Takie kształtowanie rynku już się zaczęło, choć jest wciąż w fazie początkowej.

Zarysowany scenariusz wydarzeń oczywiście nie implikuje zaniknięcia telekomunikacji, informatyki i mediów elektronicznych jako odrębnych dziedzin nauki i techniki. Nie od rzeczy jest więc spróbować rozwinąć zdanie zapoczątkowane w tytule następnego rozdziału.

TELEKOMUNIKACJA, CZYLI...

Co zatem, wobec zachodzących procesów integracji i konwergencji, stanowi istotę telekomunikacji jako dziedziny nauki i techniki, jej „punkt stały”, wyróżniający ją od innych dziedzin? Tak postawione pytanie prowadzi do kwestii związków telekomunikacji z innymi dziedzinami, w szczególności dziedzinami uprawianymi na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych, a więc kwestii mającej istotne znaczenie w ustanawianiu koncepcji badawczych i edukacyjnych.

Zacznijmy od przytoczenia definicji telekomunikacji sformułowanej przez ITU:
...any transmission, emission or reception of signs, signals, writing, images or sounds, or intelligence of any nature by wire, radio, optical or other electromagnetic systems.

Definicja ta pochodzi przed kilkudziesięciu lat. Posiłkując się terminologią, która upowszechniła się w ostatnich latach, można zaproponować definicję prostszą, a zarazem ogólniejszą:

...przekazywanie informacji za pośrednictwem sygnałów elektromagnetycznych.

Zastosowana tu konwencja terminologiczna wymaga kilku słów komentarza:

- Termin „przekazywanie” obejmuje swym zakresem emisję, transmisję i odbiór (tj. terminy występujące w definicji ITU), ale także inne funkcje realizowane w procesie przekazywania informacji, a więc w szczególności gromadzenie informacji przeznaczonych do przekazu, przetwarzanie informacji dostosowujące jej postać do wymogów nadawcy i odbiorcy oraz do mediów i systemów transmisyjnych, sterowanie przepływem informacji w procesie przekazu itp.
- Termin „informacja” obejmuje tu swym zakresem znaczeniowym wszystkie rodzaje i postaci wiadomości i wiedzy, które mogą być przedmiotem przekazu telekomunikacyjnego. Taka interpretacja tego terminu odbiega od przyjętej w klasycznej teorii informacji C. Shannona, według której informacja jest właściwością komunikatów (wiadomości), a nie komunikatem jako takim. Jednak z biegiem czasu, między innymi w wyniku upowszechnienia idei infrastruktury informacyjnej, termin ten zaczął być stosowany do określenia zarówno formy, treści, jak i cech komunikatów. Można przypuszczać, że sprawa jest już praktycznie przesądzona — przeważa nowa, poszerzona interpretacja.
- Określenie „elektromagnetyczny” odnosi się do postaci sygnałów pośredniczących w przekazie informacji, a już niekoniecznie do sposobu realizacji przekazu, jak dość niefortunnie wydaje się sugerować definicja ITU.

Definicja powyższa jest ogólna, jednak nie na tyle, by obejmowała komunikację telepatyczną, chyba że okaże się, iż telepatia również odbywa się za pośrednictwem sygnałów elektromagnetycznych (*nota bene*, w Instytucie Telekomunikacji funkcjonował przez kilka lat, w drugiej połowie lat siedemdziesiątych, zespół badawczy zajmujący się niekonwencjonalnymi metodami telekomunikacji, w szczególności telepatycznej).

W proponowanej definicji nie ma odniesienia do przedrostka „tele”, a więc do tego, że rzecz dotyczy komunikacji na odległość. Staje się to bowiem dzisiaj aspektem drugorzędym, jako że do sieci telekomunikacyjnych zalicza się obecnie zarówno rozległe sieci publiczne, jak i lokalne sieci komputerowe; w języku angielskim funkcjonują równoważnie: *telecommunication* i *communication* (temu drugiemu odpowiada do pewnego stopnia „łączność”).

Zarówno definicja ITU, jak i proponowana tu jej modyfikacja zasadniczo odnoszą się do aspektu funkcjonalnego telekomunikacji, abstrahując od sposobu realizacji technicznej tej funkcjonalności, a także od sposobu jej wykorzystania. Rozróżnienie tych trzech aspektów

telekomunikacji — funkcjonalnego, realizacyjnego i aplikacyjnego — ma analogiczne cele i znaczenie jak na przykład wyróżnienie aspektu semantycznego, gramatycznego i pragmatycznego w semiologii czy w logice.

W początkowej fazie rozwoju telekomunikacji rozróżnianie powyższych trzech aspektów miało małe znaczenie, gdyż funkcjonalność komunikacyjna była w duży stopniu „zaszyta w konstrukcji” urządzeń, zaś aplikacje były w znacznym stopniu tożsame z podstawową funkcjonalnością urządzeń. Postęp w naukach podstawowych i w technice powodował stopniowo coraz wyraźniejsze wyodrębnianie się tych aspektów: aplikacje stawały się w coraz większym stopniu niezależne od funkcjonalności komunikacyjnej, ta zaś od środków jej realizacji technicznej. Kształtujące się „warstwy aspektów” pozostają jednak w relacjach o charakterze hierarchicznym, w tym sensie, że środki realizacji technicznej wspierają funkcjonalność komunikacyjną, a ta aplikacje; z drugiej strony, z aplikacji wynikają wymagania dla funkcjonalności, z tej zaś dla środków realizacji technicznej. Relacje te powodują wzajemne oddziaływanie funkcjonalności telekomunikacyjnej z jej aplikacjami i środkami ją realizującymi, lecz żadnego z tych aspektów nie można zredukować do pozostałych (por. nieredukowalność semantyki do syntaktyki w logice — fundamentalne osiągnięcie A. Tarskiego).

Rozróżnienie wymienionych aspektów i ich wzajemnych relacji ma istotne znaczenie nie tylko z punktu widzenia określenia czym jest telekomunikacja, ale także jej związków z innymi dziedzinami nauki i techniki. Aspekt funkcjonalny określa „punkt stały” telekomunikacji, a przynajmniej wolno się zmieniający. Dwa pozostałe aspekty — realizacyjny i aplikacyjny — są z tego punktu widzenia drugorzędne (i podatne na szybsze zmiany), jednakże ich relacje z aspektem funkcjonalnym decydują o charakterze i rodzaju związków telekomunikacji z innymi dziedzinami.

W ostatnich dziesięcioleciach następował systematyczny wzrost zastosowań środków technicznych właściwych szeroko rozumianej elektronice i informatyce w warstwie realizacyjnej telekomunikacji oraz integrowanie się aplikacji telekomunikacyjnych z informatycznymi. Nie znaczy to jednak, że telekomunikacja stopniowo traciła swoją tożsamość na rzecz elektroniki i informatyki; to, co określa tę tożsamość, to funkcjonalność komunikacyjna, która odciska się zarówno w warstwie środków realizacji technicznej, jak i w warstwie aplikacyjnej. O tym, czy system techniczny realizowany środkami elektroniki i informatyki jest systemem telekomunikacyjnym, decyduje oczywiście jego funkcjonalność.

Warto tu podkreślić, iż jest złudzeniem, że problemy realizacyjne systemów i sieci telekomunikacyjnych stają się pochodnymi problemów elektroniczno-informatycznych. Komunikacyjne aspekty funkcjonalne istotnie wpływają na metodykę i środki realizacji technicznej systemów i sieci telekomunikacyjnych. A o stopniu ich złożoności w aspekcie funkcjonalnym daje wyobrażenie fakt, iż specyfikację, na przykład telefonii komórkowej GSM, zapisano na kilku tysiącach stron. Nie inaczej jest w przypadku innych typów systemów i sieci telekomunikacyjnych; złożoność ta ciągle (i niepokojąco szybko) rośnie. Budowanie takich systemów i sieci wymaga, poza wiedzą, dużego doświadczenia i wyrobionej „intuicji telekomunikacyjnej”. Obieranie drogi „na skrót”, oparte na najlepszych nawet ideach, lecz niepełnych przesłankach, kończy się — prędzej czy później — poważnymi problemami. Przykładem tego są trudności napotkane przez budowniczych (i inwestorów) Internetu w spełnieniu obietnic rychłego uczynienia z tej sieci uniwersalnej, multimedialnej (i zyskowej) infrastruktury informacyjnej.

Wydaje się, że podjęcie próby charakteryzowania telekomunikacji oraz innych dziedzin nauki i techniki uprawianych na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych, w powyższych trzech aspektach, mogłoby wspomóc właściwe ustanawianie wzajemnych relacji tych dziedzin, zarówno w sferze badań, jak i edukacji. O wadze i złożoności tego zagadnienia świadczy historia zmagania społeczności naszego Wydziału z negatywnymi skutkami wspomnianego już „terroru specjalizacji”, czy też historia dyskusji dotyczącej relacji pomiędzy treściami podstawowymi, specjalizacyjnymi i ponadspecjalizacyjnymi w programach nauczania.

O niektórych powiązaniach telekomunikacji z innymi dziedzinami, głównie z ostatniego ćwierćwiecza, wspomniano w następnym rozdziale. Czytelnik zapewne znajdzie także wiele interesujących informacji w innych częściach niniejszego tomu. Szczególnie pouczająca jest historia wyodrębniania się Wydziału Łączności Politechniki Warszawskiej — sięgająca czasów przedwojennych — oraz procesu jego przekształcenia w Wydział Elektroniki, a następnie Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych.

Na koniec tej części tekstu wypada podkreślić wpływ rozwoju telekomunikacji na postęp w naukach podstawowych, elektronice i informatyce. Wystarczy przypomnieć, że w laboratoriach badawczych związanych z przemysłem telekomunikacyjnym powstał nie tylko tranzystor, nie tylko laser i elementy optoelektroniczne, ale także teoria informacji, system operacyjny UNIX i język programowania C. Wymienione tu, dla przykładu, osiągnięcia są związane z Laboratoriami Bella; lista fundamentalnych osiągnięć tych laboratoriów, wykraczających swym znaczeniem daleko poza dziedzinę telekomunikacji, zajmuje wiele stron. Smutkiem napawają wiadomości o kłopotach tej i innych zasłużonych instytucji badawczych — podobno są mało efektywne w opracowywaniu produktów rynkowych; wieje grozą.

OSIĄGNIĘCIA INSTYTUTU TELEKOMUNIKACJI

W poprzednich rozdziałach starano się naszkicować przeszłe i współczesne uwarunkowania rozwoju telekomunikacji, zwracając uwagę na to, że rozwój ten miał okresy znacznego przyspieszenia, ale także długie okresy zastoju, że jego źródłem był nie tylko systematyczny postęp w naukach podstawowych i technicznych, ale także pojawianie się nieoczekiwanych, przełomowych pomysłów wynalazczych, że rozwój telekomunikacji korzystał z postępów innych dziedzin wiedzy, ale także istotnie wpływał na ich rozwój, oraz że na charakter i tempo upowszechniania telekomunikacji istotny wpływ miały uwarunkowania instytucjonalno-regulacyjne.

Czynniki wpływające na rozwój telekomunikacji były i są niezwykle różnorodne i w sposób złożony powiązane. Próbując scharakteryzować osiągnięcia Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych w rozwoju telekomunikacji, należy odnieść się do wielu z nich — ograniczenie opisu do kwestii *sensu stricto* badawczych prowadziłoby do pominięcia wielu osiągnięć pracowników naszego Wydziału, które miały istotny wpływ na bieg wydarzeń.

Niniejszy podrozdział jest poświęcony osiągnięciom zespołów badawczych Instytutu Telekomunikacji. Istotne dokonania w obszarach nauki i techniki związanych z telekomunikacją mają także zespoły badawcze działające w ramach pozostałych instytutów Wydziału. Stosując kategoryzację zaproponowaną w poprzednim rozdziale, można w nich wyróżnić zarówno dokonania związane z aspektami realizacyjnymi, funkcjonalnymi, jak i aplikacyjnymi. O niektórych z tych dokonań — niestety tylko o niektórych — wspomniano w innych częściach niniejszego tomu. Szczególnie istotnym dopełnieniem niniejszego tekstu byłby opis dokonań w dziedzinie szeroko rozumianych zagadnień radiowych telekomunikacji, związanych w szczególności z radiotechniką, techniką mikrofalową i telewizją. Z dziedziną tą związana jest — od początku lat siedemdziesiątych — działalność zespołów badawczych Instytutu Radioelektroniki, rozwijających bogaty dorobek katedr (sięgający czasów przedwojennych), z których utworzono ten instytut. Opisanie, w sposób kompetentny i usystematyzowany historycznie, bogatego dorobku tych zespołów i wybitnych profesorów, którzy kierowali nimi, przekraczał możliwości autora niniejszego tekstu.

Poniższy opis osiągnięć Instytutu Telekomunikacji dotyczy głównie ostatniego ćwierćwiecza, z odniesieniami jednak do lat sześćdziesiątych i początku lat siedemdziesiątych. Wcześniejszy okres — od czasów przedwojennych — został już po części opisany, chociaż niewątpliwie wiele ważnych i ciekawych faktów pozostało do odnotowania. Autor niniejszego opisu nie byłby w stanie wnieść niczego istotnego; miejmy nadzieję, że znajdą się bardziej kompetentni kronikarze tego okresu.

Zgodnie z przyjętą konwencją tego jubileuszowego tomu, tekst niniejszy ma charakter wypowiedzi autorskiej, eseju. Zapewne nie udało się autorowi spisać wszystkich ważnych wydarzeń i osiągnięć, czy też właściwie uchwycić ich istoty. Próbując wesprzeć swoją pamięć, autor opierał się na materiałach dostarczonych przez wiele osób, za co niniejszym dzie-

kuje¹, jednakże cała wina za ewentualne przeoczenia i przeinaczenia spada na niego. W opisach autor pominął stopnie i tytuły naukowe wymienianych osób, mając nadzieję, że zostanie to przyjęte ze zrozumieniem, a jeśli nie — to kiedyś wybaczone.

Lata sześćdziesiąte i początek lat siedemdziesiątych obfitowały w wiele przełomowych wydarzeń, które w znacznym stopniu zdeterminowały kierunki ewolucji systemów i sieci telekomunikacyjnych w następnych dziesięcioleciach. Poniżej zestawiono niektóre z nich jako tło dla dalszych opisów.

- 1961** — pierwsza rozległa sieć transmisji danych (Sabre, linie lotnicze AA); pierwsze modemy.
- 1962** — pierwsze praktyczne zastosowanie systemu transmisyjnego opartego na modulacji kodowo-impulsowej i multipleksacji w dziedzinie czasu (system PCM 24, USA). Wydarzenie to zapoczątkowało szybkie upowszechnienie transmisji cyfrowej w publicznych sieciach telekomunikacyjnych. Warto wspomnieć, że idea modulacji kodowo-impulsowej PCM pochodzi z roku 1938 (A. Reeves), zaś ideę multipleksacji w dziedzinie czasu praktycznie zrealizował już w roku 1874 J. Baudot w zastosowaniu do telegrafii. Przy okazji: pierwsze zastosowanie elektroniki w systemach transmisyjnych — wzmacniacz lampowy — datuje się na rok 1910.
- 1962** — początek komunikacji satelitarnej (Telstar, USA).
- 1969** — sieć transmisji danych z komutacją pakietów ARPAnet (Advanced Projects Agency, USA), protoplasta Internetu.
- 1970** — pierwsza elektroniczna centrala telefoniczna (E10, Francja). Sterowanie programowe zaczęto stosować już na początku lat sześćdziesiątych; skuteczną elektroniczną organów komutacyjnych udało się jednak uzyskać dopiero, gdy dojrzała technika półprzewodnikowych układów zintegrowanych.
- 1972** — decyzje ITU (CCITT) ukierunkowujące prace nad sieciami integrującymi telefonię z transmisją danych (*Integrated Services Digital Network* — ISDN), systemami i sieciami sygnalizacji opartymi na komutacji pakietów (*Signalling System No. 7* — SS7), metodologią budowy protokołów komunikacyjnych opartych na modelu komunikacji systemów otwartych (*Open Systems Interconnection Reference Model* — OSI RM), opracowaniem języków specyfikacji (*Specification and Description Language* — SDL), programowania (*CCITT High Level Language for programming SPC systems* — CHILL) i eksploatacji (Man-Machine Language — MML) na potrzeby telekomunikacyjne. Decyzje te dały silny impuls do integracji technik i usług telekomunikacyjnych z informatycznymi.
- 1976** — powstają pierwsze wersje specyfikacji SDL, CHILL, MML. W tym kontekście warto przypomnieć, że pierwszą wersję systemu operacyjnego UNIX opracowano w roku 1969, w roku 1971 powstał język Pascal, na początku lat siedemdziesiątych język C, a w połowie lat siedemdziesiątych znany język wysokiego poziomu Ada — język podobnego poziomu jak CHILL. Impulsem do tworzenia specjalizowanych języków wysokiego poziomu dla potrzeb telekomunikacji był szybki wzrost złożoności protokołów komunikacyjnych i programowego sterowania węzłów komutacyjnych (do końca lat sześćdziesiątych oprogramowanie oparte było na assemblerach i makroinstrukcjach; język C, powstały zresztą na potrzeby telekomunikacji, miał z założenia być: *...as close as possible to the hardware capabilities of real machines*).
- 1977** — pierwsze eksperymentalne światłowodowe systemy teletransmisyjne. Idea wykorzystania włókien optycznych wykonanych ze szkła pochodzi z roku 1966. Systemy SDH — połowa lat osiemdziesiątych, systemy DWDM — połowa lat dziewięćdziesiątych.
- 1978** — pierwsze eksperymentalne realizacje telefonii komórkowej (analogowej). Idea telefonii komórkowej pochodzi z roku 1947; prace nad systemem cyfrowym GSM rozpoczęto w roku 1982, zaś pierwsza jego implementacja pochodzi z roku 1992; od 1992 r. prowadzone są prace nad systemem IMT 2000 (wersja europejska — UMTS).

¹ Osobne podziękowania należą się Panu Docentowi Zenonowi Baranowi, który wsparł autora swą wiedzą dotyczącą istotnych wydarzeń z lat sześćdziesiątych i początku lat siedemdziesiątych.

Jak widać z tego zestawienia, mniej więcej do połowy lat siedemdziesiątych ustaliły się już podstawowe trendy rozwoju telekomunikacji, które były kontynuowane przez następne lata: cyfryzacja transmisji, multipleksacji i komutacji, sterowanie programowe, sieci teleinformatyczne, sieci zintegrowane usługowo, komunikacja satelitarna, komórkowe systemy komunikacji ruchomej, optyczne systemy transmisyjne.

Zespoły badawcze Wydziału bardzo wcześnie aktywnie włączyły się w te trendy: już w roku 1962 zorganizowano w Warszawie, z inicjatywy kierownika Katedry Telegrafii Wiesława Fijałkowskiego, pierwszą w tej części Europy konferencję naukową poświęconą transmisji danych (zwanej wówczas „teledacją”; termin ten nie przyjął się, żartem kontrastowano go z hipotetyczną „telebracją”). Rychło rozpoczęto też intensywne prace badawcze i konstrukcyjne w Katedrze Telegrafii, a następnie w Katedrze Urządzeń Teletransmisyjnych i Telegraficznych (powstałej z połączenia Katedry Telegrafii i Katedry Urządzeń Techniki Przenoszenia Przewodowego), kierowanej w pierwszym okresie przez Feliksa Błockiego, a następnie przez Juliusza Grabowskiego, oraz w Katedrze Teletransmisji Przewodowej, kierowanej przez Witolda Nowickiego. Już w roku 1965 opracowano pierwsze modele użytkowe systemu transmisji danych średniej szybkości („Szarotka”), a pod koniec lat sześćdziesiątych system UTD 1200 („Kaczeniec”), który został wdrożony do produkcji i był przez kilkanaście lat szeroko stosowany (m.in. w siłach zbrojnych, administracji państwowej, energetyce i kolejnictwie). Był to w owym czasie pierwszy i jedyny tego rodzaju system w krajach za żelazną kurtyną, udostępniony przez wojsko do celów cywilnych. Głównymi twórcami koncepcji i konstrukcji systemu byli: Andrzej Karczmarewicz, Zenon Baran, Jerzy Dróżdź, Marian Dąbrowski, Walentyna Pawłowska i Jerzy Szurowski, pod ogólnym kierownictwem Juliusza Grabowskiego. Równocześnie opracowano i wdrożono do produkcji liczne i różnorodne urządzenia pomiarowe, zarówno dla potrzeb transmisji danych, jak i dla cyfrowych systemów teletransmisyjnych, zwłaszcza impulsowo-kodowych PCM. W zakresie tym, poza wymienionymi już osobami, duże zasługi miał zespół badawczy Katedry Teletransmisji Przewodowej, kierowany przez Władysława Majewskiego, w którego skład wchodził m.in. Aleksander Albicki, Andrzej Kostka i Tadeusz Kurek.

Te i inne osiągnięcia dawnych katedr telekomunikacyjnych Wydziału (por. też dalsze uwagi) zapoczątkowały intensywny rozwój działalności dzisiejszego Instytutu Telekomunikacji w wielu dziedzinach telekomunikacji cyfrowej oraz bardzo znaczny przyrost i rozwój jego kadry badawczej w latach siedemdziesiątych. Tradycja silnych związków działalności badawczej tych katedr z działalnością inżynierską wieńczoną wdrożeniami, choć w zmieniających się formach, podtrzymywana jest do dnia dzisiejszego.

Instytut Telekomunikacji (do roku 1975 noszący nazwę Instytutu Teleelektroniki) utworzono w roku 1970 przez połączenie czterech katedr telekomunikacyjnych PW. Poza wyżej wymienionymi były to Katedra Telekomutacji, kierowana przez wiele lat przez Stanisława Kuhna, i Katedra Teletechniki Komunikacyjnej. W roku 1975 z Instytutu Radioelektroniki do Instytutu Telekomunikacji przeniesiono Zakład Radiolokacji. Był on spadkobiercą Katedry Radiolokacji, którą przez wiele lat kierował Stanisław Sławiński. Przez pierwszych kilka lat działalność Instytutu Telekomunikacji oparta była na oddzielnych zespołach badawczych i dydaktycznych. W roku 1976 utworzono cztery zakłady dydaktyczno-naukowe, działające pod tymi samymi nazwami do dnia dzisiejszego:

- **Zakład Podstaw Telekomunikacji**, kierowany przez Aleksandra Albickiego w latach 1976–80, Mieczysława Rydla w latach 1980–84 oraz w latach 1987–90, Bogdana Zbierchowskiego w latach 1984–87, a od roku 1991 przez Tadeusza Łubę;
- **Zakład Systemów Teletransmisyjnych**, kierowany przez Piotra Bublewicza w latach 1976–78, Zenona Barana w latach 1978–91, a od roku 1991 przez Andrzeja Dąbrowskiego;
- **Zakład Systemów Mikrofalowych i Optoelektronicznych**, kierowany przez Krzysztofa Holejkę w latach 1976–93, Andrzeja Kowalskiego w latach 1994–99, a od roku 1999 przez Jerzego Siuzdaka;
- **Zakład Teleinformatyki i Telekomutacji**, kierowany przez Jerzego Dróżdza w latach 1976–78, Mariana Dąbrowskiego w latach 1978–87, a od roku 1987 przez Józefa Lubacza.

Do końca lat osiemdziesiątych Instytutowi podlegał organizacyjnie Zakład Opracowań Teletransmisyjnej Aparatury Pomiarowej ZOTAP, w którym opracowywano i wytwarzano małe serie aparatury pomiarowo-kontrolnej.

■ **Instytutem Telekomunikacji** kierowali: Witold Nowicki w latach 1970–73, Juliusz Grabowski w latach 1973–75, Marian Dąbrowski w latach 1975–82, Stanisław Sławiński w latach 1983–87, Zenon Baran w latach 1987–91, a od roku 1991 Władysław Majewski.

Zamieszczone poniżej charakterystyki głównych obszarów działalności badawczo-rozwojowej i osiągnięć pracowników poszczególnych zakładów opierają się na materiałach dostarczonych przez obecnych kierowników zakładów. Starając się oddać zawartość merytoryczną, autor pozostawił sobie jednak swobodę redakcyjną, w szczególności dokonał znacznych skrótów. Pełny opis dokonań, zawierający kompletną listę publikacji, projektów badawczych i aplikacyjnych, zajęłby wiele stron; w niniejszym tekście wymieniono jedynie monografie, w tym habilitacyjne. Z tychże względów nie odnotowano różnego rodzaju nagród i odznaczeń przyznanych pracownikom Instytutu za osiągnięcia naukowo-badawcze. Pełny opis niewątpliwie zasługuje na osobną publikację.

ZAKŁAD PODSTAW TELEKOMUNIKACJI (ZPT)

Źródłem profilu badawczego zakładu można się doszukiwać w pracach z drugiej połowy lat sześćdziesiątych i pierwszej połowy lat siedemdziesiątych związanych z miernictwem systemów transmisji impulsowo-kodowej PCM i transmisji danych. Liczne konstruowane w zakładzie urządzenia pomiarowe (wspomniane w dalszej części) wymagały silnej podbudowy teoretycznej z zakresu teorii automatów oraz metodyki projektowania i testowania układów cyfrowych. Zagadnienia te z czasem stały się główną specjalnością naukową Zakładu.

W działalności ZPT można wyróżnić dwa okresy. W pierwszym, przypadającym na lata 1976–90, działalność badawcza ZPT skupiona była wokół teorii automatów i projektowania układów cyfrowych, podstaw teletransmisji oraz miernictwa telekomunikacyjnego.

Teorią automatów i projektowaniem układów cyfrowych zajmował się zespół kierowany przez Aleksandra Albickiego, pod naukową opieką Władysława Majewskiego. W skład zespołu wchodził m.in. Andrzej Ignaczak, Krzysztof Jasiński, Tadeusz Łuba i Bogdan Zbierchowski. Prace zespołu, pionierskie w Polsce, dotyczyły przede wszystkim klasycznych zagadnień algebraicznej teorii automatów, tj. dekompozycji i minimalizacji liczby stanów automatów skończonych oraz metod projektowania układów logicznych wspomaganego komputerem. Ich uwieńczeniem były monografie: W. Majewskiego pt. *Układy logiczne* (WNT, 1976), W. Majewskiego i A. Albickiego pt. *Algebraiczna teoria automatów* (WNT, 1980), praca zbiorowa pod red. W. Majewskiego i A. Albickiego pt. *Projektowanie cyfrowych układów telekomunikacyjnych* (WKiŁ, 1977) oraz rozprawa habilitacyjna A. Albickiego pt. *Konstruktywne metody realizacji automatów* (1980).

Począwszy od roku 1986 w Zakładzie rozpoczęto prace badawcze w dziedzinie metod syntezy i testowania układów cyfrowych. Prace te — w swoim pierwszym okresie — koncentrowały się nad zagadnieniami syntezy logicznej układów cyfrowych w zastosowaniu do układów scalonych średniej skali integracji oraz zagadnieniami układów mikroprogramowanych. Niektóre ich wyniki zostały opublikowane w pracy zbiorowej pod redakcją W. Majewskiego i T. Łuby pt. *Cyfrowe układy telekomunikacyjne* (WKiŁ, 1986). W tym też okresie ukazały się pierwsze artykuły prezentujące oryginalne, dekompozycyjne podejście do syntezy logicznej. Podsumowaniem owych prac była rozprawa habilitacyjna T. Łuby pt. *Synteza wielopoziomowych układów logicznych* (1988). Prace te doprowadziły do stworzenia zaawansowanych systemów syntezy logicznej (DEMAIN).

W tym samym okresie, zespół kierowany przez Andrzeja Kraśniewskiego prowadził prace związane z różnymi aspektami projektowania układów i systemów cyfrowych o podwyższonej wiarygodności. Początkowo prace te dotyczyły metod projektowania systemów tolerujących uszkodzenia, a następnie projektowania łatwo testowalnych i samotestowalnych układów cyfrowych. Efektem tych prac była m.in. metoda pierścienia testującego (*Circular Self-Test Path*). Metoda ta, opracowana przez Andrzeja Kraśniewskiego i Sławomira Pilarskiego, została uznana przez czasopismo *IEEE Design & Test of Computers* za najważniejsze osiągnięcie w dziedzinie testowania systemów cyfrowych w latach 1987–1988. Elementem tych prac była także praca habilitacyjna A. Kraśniewskiego pt. *Projektowanie samotestowalnych układów cyfrowych wielkiej skali integracji* (1989).

Zagadnieniami dotyczącymi podstaw teletransmisji zajmował się zespół kierowany przez Mieczysława Rydla, w skład którego wchodził m.in. Jan Kunicki, Mirosław Słomiński i Marek Piekut. Prace zespołu, stanowiące kontynuację wcześniejszych prac Zenona Szpiglera, dotyczyły projektowania kodów transmisyjnych i kodów modulacyjnych oraz analizy sygnałów kodowych w teletransmisyjnych systemach cyfrowych, a w szczególności problemów kształtowania własności i analizy spektralnej sygnałów kodowych, metod detekcji błędów transmisji w traktach cyfrowych oraz sposobów synchronizacji bloków kodowych. Wynikami tych prac były m.in. prototypy urządzeń nadawczo-odbiorczych dla systemów światłowodowych o małych i średnich przepływnościach (1978–85) oraz rozprawa habilitacyjna M. Rydla pt. *Analiza sygnałów kodowych* (1979). Kontynuacja tych badań doprowadziła do opracowania szeregu oryginalnych metod analizy i optymalizacji kodów liniowych dla systemów transmisyjnych wykorzystujących różnego typu tory transmisyjne i pracujących z różnymi przepływnościami binarnymi.

Prace dotyczące miernictwa telekomunikacyjnego doprowadziły do skonstruowania (1976–89) wielu urządzeń do pomiaru parametrów transmisji danych, m.in. detektorów i analizatorów błędów transmisyjnych oraz zakłóceń impulsowych i przerw w transmisji. Urządzenia te były produkowane przez Państwowe Zakłady Teletransmisyjne. Opracowano także modele użytkowe aparatury pomiarowej do badania regeneratorów przelotowych i końcowych systemów transmisyjnych PCM-24, PCM-30/32 oraz TCC-120 — m.in. testery regeneratorów oraz mierniki zakłóceń zewnętrznych — które były przez wiele lat wykorzystywane w WZT Telkom-Teletra przy pomiarach produkcyjnych, a także w pracach badawczych związanych z wdrażaniem systemów PCM do eksploatacji. Doświadczenia zdobyte w tych pracach opisano m.in. w monografii pod redakcją Krystyna Plewki i Andrzeja Kostki pt. *Metody i przyrządy pomiarowe w teletransmisji cyfrowej* (WKiŁ, 1979). W latach 1982–89 opracowano także projekty urządzeń dostępu strumieni transmisji danych do szczelin kanałowych traktu PCM oraz elektronicznego koncentratora centrali elektronicznej E10, koncentratora transmisji danych dla eksperymentalnej sieci transmisji danych z komutacją kanałów SYNCOM, kodera/dekoderu kodu HDB3 w strukturach programowalnych. W wymienionych pracach konstrukcyjnych, pod kierunkiem Bogdana Zbierchowskiego, brali udział m.in. Piotr Kosewski, Krzysztof Jasiński, Józef Chmielewski i Sławomir Pilarski.

W latach dziewięćdziesiątych w Zakładzie szczególnie rozwinęły się badania związane z syntezą i projektowaniem układów cyfrowych, w szczególności układów PLD i FPGA oraz komputerowymi narzędziami do prototypowania i aplikacji przemysłowych. Znaczne uznanie na arenie międzynarodowej uzyskały prace w obszarze metod i algorytmów syntezy logicznej. Pracami w tym obszarze kieruje Tadeusz Łuba; uczestniczy w nich także zespół pod kierunkiem Andrzeja Kraśniewskiego. Zastosowanie nowatorskich metod dekompozycji funkcjonalnej doprowadziło do powstania systemu syntezy logicznej układów FPGA — DEMAIN, który wykazuje większą skuteczność niż podobne systemy automatycznej syntezy logicznej opracowane na świecie. Między innymi z wykorzystaniem tego systemu zaprojektowano i wykonano szereg układów w technice PLD i FPGA, w szczególności: specjalizowany procesor wraz ze sterownikiem do reflektometru światłowodowego, układ realizujący algorytm kryptograficzny DES w strukturze FLEX, procesor kryptograficzny IPES Cipher, moduł realizujący protokół warstwy fizycznej i warstwy łącza terminalu ISDN.

Prace prowadzone w ostatnich latach pod kierunkiem Andrzeja Kraśniewskiego dotyczyły zagadnień testowania uszkodzeń opóźnieniowych, metod syntezy logicznej układów łatwo testowalnych oraz projektowania układów samotestowalnych. W połowie lat dziewięćdziesiątych obszarem zainteresowania zespołu stało się testowanie złożonych układów reprogramowalnych typu FPGA i CPLD. Opracowana metoda testowania aplikacyjnego umożliwiła w szczególności — w odróżnieniu od innych proponowanych metod — uzyskanie pożądanej jakości wykrywania uszkodzeń opóźnieniowych. Inną tematyką badań rozwijaną w zespole jest projektowanie nadprzewodnikowych układów cyfrowych; badania w tej dziedzinie były realizowane we współpracy z University of Rochester, USA.

W Zakładzie rozpoczęto również prace badawcze związane z zastosowaniem procedur syntezy logicznej w zadaniach typowych dla systemów informacyjnych — koncentrując się głównie nad problemem reprezentacji i pozyskiwania danych, osiągając znaczące rezultaty, docenione już w skali międzynarodowej.

W związku z tematyką syntezy układów cyfrowych opublikowano szereg monografii, m.in.: T. Łuba, M. Markowski, B. Zbierchowski: *Komputerowe projektowanie układów cyfrowych w strukturach PLD* (WKŁ, 1993); T. Łuba, K. Jasiński, B. Zbierchowski: *Specjalizowane układy cyfrowe w strukturach PLD i FPGA* (WKiŁ, 1997); T. Łuba, B. Zbierchowski: *Komputerowe projektowanie układów cyfrowych* (WKiŁ, 2000).

Prace Zakładu nad systemami i sieciami transmisyjnymi koncentrowały się na zagadnieniach transferu asynchronicznego ATM, a w szczególności na mechanizmach rekonfiguracji sieci w przypadku awarii zasobów i przeciążeń ruchowych. Prace te, kierowane przez Mirosława Słomińskiego, były wykonywane w latach dziewięćdziesiątych we współpracy z takimi firmami, jak: NEC, Bellcore i Information and Mathematical Science Labs. Inc. (Japonia), głównie w czasie licznych pobytów M. Słomińskiego w tych firmach. Jednym z osiągnięć jest opracowanie systemu PARES, wspomagającego projektowanie szerokopasmowych sieci ATM. Z tematyką ruchu ATM związane są też prace Mieczysława Rydla z ostatnich lat, poświęcone analizie procesów chaotycznych przy użyciu różnorodnych funkcji generujących.

Działalność Zakładu w zakresie kryptologii i ochrony informacji zapoczątkowana została w pierwszej połowie lat dziewięćdziesiątych pracami Krzysztofa Gaja związanymi z hybrydowym wykorzystaniem blokowych symetrycznych systemów szyfrowych z kluczem publicznym. Prace z ostatnich lat, prowadzone m.in. przez Krzysztofa Gaja, Karola Górskiego i Andrzeja Paszkiewicza, dotyczą szyfrów z kluczem publicznym, metod podpisu cyfrowego, teorii chaosu oraz programowo-sprzętowych implementacji szyfrów dla zastosowań telekomunikacyjnych i informatycznych. Do ważniejszych osiągnięć należy zaliczyć: opracowanie projektu sita sprzętowego do wykonywania obliczeń z teorii liczb, projektu rejestru nieliniowego ze sprzężeniem zwrotnym do zastosowań w dziedzinie szyfrów strumieniowych, prace nad implementacją sprzętową eliptycznych systemów szyfrowych z kluczem publicznym, implementacje sprzętowe szyfrów DES, 3DES, IDEA i RIJNDAEL, badania chronometrażowe szyfrów dla różnych platform sprzętowych z uwzględnieniem układów programalnych.

W Zakładzie od niedawna działa zespół kierowany przez Andrzeja Kostkę, zajmujący się zagadnieniami zarządzania w telekomunikacji. Prace tego zespołu mają dotychczas głównie charakter studialny, wspierający proces edukacyjny.

ZAKŁAD SYSTEMÓW MIKROFALOWYCH I OPTOELEKTRONICZNYCH (ZSMiO)

Działalność Zakładu wywodzi się z działalności Katedry Radiolokacji, która została powołana w roku 1949 pod kierunkiem Pawła Szulkina. Katedra ta została przemianowana w 1954 roku na Katedrę Techniki Fal Ultrakrótkich, aby w roku 1962 powrócić do swej pierwotnej nazwy. W latach 1956–70 kierownikiem Katedry był Stanisław Sławiński. W roku 1970 katedra została włączona do tworzącego się Instytutu Radioelektroniki, gdzie przekształciła się w Zakład Radiolokacji. W roku 1975 Zakład ten został przeniesiony do Instytutu Teleelektroniki, gdzie przyjął obecną nazwę.

W latach pięćdziesiątych prace badawcze dotyczyły głównie zagadnień teoretycznych z zakresu techniki mikrofalowej, wykrywania sygnałów, sterowania i śledzenia rakiet. Wykonano wtedy również wiele podzespołów mikrofalowych na pasmo X. Lata sześćdziesiąte przyniosły kontynuację badań o charakterze podstawowym, nastąpiła jednakże koncentracja prac nad precyzyjnymi mikrofalowymi pomiarami odległości do celów geodezyjnych oraz dopplerowskimi pomiarami prędkości. W roku 1962 w Katedrze powstał pierwszy polski — i jeden z pierwszych w świecie — lampowy dalmierz geodezyjny z falą nośną o długości 3 cm. Następna wersja tego dalmierza, opracowana w pierwszej połowie lat siedemdziesiątych, powielana była małoseryjnie w Warszawskich Zakładach Radiowych T-1. W 1967 roku wykonano w Katedrze dokumentację kolejnego, tym razem już tranzystorowego, dalmierza Telemetr RG-10, który był następnie produkowany w WZR T-1. W latach 1970–71 powstała jego modyfikacja do celów hydrograficznych, umożliwiająca uzyskanie — oprócz rysunku głębokości dna — również odległości od punktu bazowego na brzegu. Autorami tych opracowań byli Krzysztof Holejko, Andrzej Michalik i Mieczysław Demczuk.

W 1961 r. w Katedrze został zbudowany pierwszy polski (lampowy) miernik prędkości pojazdów. Kolejne, już tranzystorowe, wersje tego miernika powstały w 1964 i 1968 r. W 1972 r. opracowano miernik ze skośną obserwacją do pomiarów prędkości w warunkach dużego natężenia ruchu. Kolejna wersja miernika, MIRADO 741, wyróżniająca kierunek ruchu pojazdów, została przekazana do produkcji w WZR RAWAR w 1977 r. Autorami opracowań byli Andrzej Lizoń, Jerzy Raciborski i Tomasz Zębalski. Na podstawie radarów dopplerowskich skonstruowano inne typy przyrządów do pomiarów prędkości: radar kolejowy do pomiarów na górcie rozrządowej, radar balistyczny do pomiarów prędkości wahadła balistycznego oraz radar morski do pomiarów prędkości statków na tzw. mili morskiej.

W latach siedemdziesiątych zainteresowania badawcze Zakładu zaczynają się kierować w stronę zastosowań optoelektroniki i techniki światłowodowej. Powstają pierwsze polskie optoelektroniczne dalmierze geodezyjne do pomiaru małych odległości z błędem mniejszym niż 1 cm. Ostatni z nich (Telemetr DLS — 1975 r.), opracowany przez Krzysztofa Holejkę, Andrzeja Michalika, Michała Rezulskiego, Romana Nowaka i Andrzeja Klimka, był produkowany w Polskich Zakładach Optycznych.

W związku z pracami badawczymi dotyczącymi dalmierzy optoelektronicznych powstała rozprawa habilitacyjna Krzysztofa Holejki pt. *Problemy zasięgu w projektowaniu dalmierzy optoelektronicznych* (1974) oraz monografia tegoż autora pt. *Precyzyjne elektroniczne pomiary odległości i kąta* (WNT, 1981).

Od roku 1977 rozpoczęto prace badawcze — Andrzej Kowalski, Marcin Buthner-Zawadzki, Romuald Car — związane z opracowaniem technologii wytwarzania i metodyką pomiarów światłowodów telekomunikacyjnych. W tym celu nawiązana została współpraca z UMCS w Lublinie, gdzie rozpoczęto budowę doświadczalnej linii produkcyjnej. Pierwszy wyprodukowany w Polsce światłowod został przebadany w ZSMiO, a kolejne wyniki badań umożliwiły wykonanie światłowodu, a potem kabla o tłumienności około 4 dB/km. Tak dobry wynik uzyskany w 1978 r. stał się podstawą do podjęcia decyzji o budowie pierwszej doświadczalnej linii światłowodowej o długości 2 km w Lublinie (była to jedna z pierwszych instalacji polowych w Europie Wschodniej). Kabel został wykonany w UMCS, ułożony przez pracowników TP SA, połączony przez ZSMiO, a urządzenia transmisyjne 2 Mbit/s wykonane były w ZSMiO. Następne prace ZSMiO związane z tą tematyką to współudział w projektowaniu linii oraz opracowanie i wykonanie urządzeń transmisyjnych 8 Mbit/s dla następnej doświadczalnej linii światłowodowej w Łodzi.

Równolegle w ZSMiO trwały prace nad opracowaniem przyrządów pomiarowych na pilne potrzeby rozwijającej się w kraju techniki światłowodowej, szczególnie w zakresie pomiarów elementów optoelektronicznych oraz włókien i kabli światłowodowych. Między innymi opracowano następujące przyrządy: monitor luminancji, charakterograf laserów, miernik częstotliwości granicznych, monitor dalekiego pola promieniowania, reflektometr światłowodowy oraz miernik tłumienia. W opracowaniach tych brali udział: Krzysztof Holejko, Andrzej Kowalski, Roman Nowak, Tadeusz Reczyński, Jerzy Siuzdak, Marcin Zawadzki, Andrzej Klimek, Andrzej Tadeusiak i Mirosław Kucharski.

W latach dziewięćdziesiątych Zakład stara się nadążać za najnowszymi tendencjami światowymi w telekomunikacji optycznej, nie zaniedbując konstrukcji aparatury pomiarowej. Owoce to realizacją koherentnego systemu transmisji światłowodowej z wykorzystaniem modulacji FM (Jerzy Siuzdak, rok 1994), systemu transmisji światłowodowej ze zwielokrotnieniem falowym WDM (Andrzej Kowalski, Jerzy Siuzdak, Krzysztof Perlicki, Bartłomiej Ociosa, Jan Puchała, rok 1997), systemu transmisji optycznej ze zwielokrotnieniem i wielodostępem kodowym CDM (Krzysztof Holejko, Jerzy Siuzdak, Roman Nowak, rok 1998). Pod koniec lat osiemdziesiątych i w latach dziewięćdziesiątych powstały także liczne, publikowane w czasopiśmie światowych, prace teoretyczne związane ze światłowodową transmisją koherentną (Jerzy Siuzdak), propagacją światła w światłowodzie (A. Kowalski) oraz transmisją światłowodową wspomaganą dyspersją (K. Perlicki, J. Siuzdak). Kontynuowano także, głównie w pracach Andrzeja Jakubiaka i Witolda Czarneckiego, badania związane z podstawami teoretycznymi radiolokacji, w tym klasyfikacji sygnałów i generacji zakłóceń.

Działalność konstrukcyjna zaowocowała stworzeniem systemu Optolokator służącego do określenia w czasie rzeczywistym pozycji modelu statku z kilkucentymetrowym błędem podstawowym i zasięgiem około 200 m (Krzysztof Holejko, Jerzy Siuzdak, Roman Nowak, rok

1988). Opracowano skomputeryzowaną wersję reflektometru światłowodowego (Andrzej Kowalski, Sławomir Kukliński, Andrzej Zakrzewski, rok 1994) wdrożonego do produkcji w firmie Fibreko w Lublinie. Wreszcie w ostatnich latach została zaprojektowana i skonstruowana cała rodzina przyrządów służących do pomiarów widoczności wzrokowej i wysokości podstawy chmur (Krzysztof Holejko, Roman Nowak, Tomasz Czarnecki). W związku z tymi pracami powstały monografie habilitacyjne Jerzego Siuzdaka pt. *Analiza wpływu szumów i zakłóceń na pomiary fazy sygnałów sinusoidalnych* (1991), Andrzeja Kowalskiego pt. *Zastosowanie wielomianów Czebyszewa do analizy światłowodów cylindrycznych* (1992) oraz Andrzeja Jakubiaka pt. *Metody klasyfikacji radiolokacyjnych zakłóceń biernych* (2000). Opublikowano także następujące monografie: K. Holejki pt. *Podstawy telekomunikacji światłowodowej* (Wyd. EFP, 1995), J. Siuzdaka pt. *Wstęp do współczesnej telekomunikacji światłowodowej* (WKiŁ, 1997) oraz A. Kowalskiego pt. *Podstawy optotelekomunikacji* (OWPW, 1998).

Aktualnie prowadzone prace dotyczą pomiarów charakterystyk widmowych źródeł światła oraz zastosowania ekranów ciekłokrystalicznych we wskaźnikach pomiarowych.

ZAKŁAD SYSTEMÓW TELETRANSMISYJNYCH (ZST)

Działalność badawczo-rozwojowa Zakładu jest obecnie skoncentrowana wokół czterech grup tematycznych: systemy transmisyjne, metody przetwarzania sygnałów, systemy z rozproszonym widmem, systemy multimedialne. Obecny profil badawczy kształtował się w wyniku wcześniejszych prac związanych z transmisją danych i z analogowymi, a później cyfrowymi systemami transmisyjnymi dla telefonii (por. wzmianki z początku rozdziału).

Z dawnych katedr telekomunikacyjnych wyłonił się Zespół Modemów Transmisji Danych kierowany przez Zenona Barana. W latach 1972–75 zespół opracował modem o przepływności 600/1200 bit/s z binarną modulacją częstotliwości oraz modem o przepływności 1200/2400 bit/s z binarną i czterowartościową różnicową modulacją fazy, obydwa przystosowane do pracy na stałych i komutowanych łączach typu telefonicznego. Oba te urządzenia zostały wdrożone w WZT „Teletra”, gdzie produkowano je seryjnie po kilka tysięcy sztuk rocznie, w większości na eksport do b. ZSRR i innych krajów b. RWPG. W latach 1976–81 opracowano modemy o przepływności 48, 56, 65 i 72 kbit/s typu MPG 72 do zastosowań w paśmie pierwotnej grupy telefonicznej od 64 do 108 kHz. W latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych powstawały kolejne warianty tych urządzeń, m.in. o przepływności 128 kbit/s, wyposażonych w multiplekser umożliwiający tworzenie kanałów cyfrowych o różnych przepływnościach binarnych, dla transmisji danych lub mowy zakodowanej w systemie modulacji delta lub zmodyfikowanej metodami wokoderwowymi. W pracach zespołu brali udział: Walentyna Pawłowska, Andrzej Dąbrowski, Cezary Dreger, Janusz Górecki, Jerzy Góralski, Witold Koczyński, Ewa Obarska, Bogdan Rawicz, Krzysztof Włostowski i Piotr Zwierko.

Na uwagę zasługują również prace nad metodami i modemami do transmisji danych w kanałach radioliniowych (1980–1988), których głównym twórcą był Cezary Dreger, modemy z multiplekserem telegraficznym do zastosowań w paśmie nadrozmównym analogowych kanałów telefonicznych, tworzonych na liniach energetycznych (opracowanie wspólne ZST i ZPT, 1985), modemy z kompensatorami echa (Janusz Górecki, Andrzej Dąbrowski, Krzysztof Włostowski, 1987–1989).

Wyrazem osiągnięć tego zespołu były liczne patenty (zwłaszcza Janusza Góreckiego i Cezarego Dregera) i dwie monografie pod kierunkiem i przy współautorstwie Zenona Barana: *Problemy transmisji danych* (WKiŁ, 1979) i *Podstawy transmisji danych* (WKiŁ, 1982).

Równolegle, jeszcze w latach 1964–1975, pod kierunkiem Juliusza Grabowskiego oraz Piotra Bublewicza, zrealizowano szereg prac z zakresu wielokrotnych (60-, 300-, 900- i 2700-krotnych) telefonicznych systemów analogowych, które były produkowane przez Państwowe Zakłady Teletransmisyjne. Ich jakość zależała przede wszystkim od jakości odpowiednich filtrów, zwrotnic i korektorów zaprojektowanych przez Olgierda Przesmyckiego z zespołem, a także od jakości wzmacniaczy szerokopasmowych z silnym ujemnym sprzężeniem zwrotnym, których stabilność i poziom szumów zależały w znacznej mierze od rozwiązań i technologii wykonania transformatorów szerokopasmowych; w tych ostatnich zagadnieniach spe-

cializował się Jędrzej Brożyna. Oprócz wymienionych osób istotny udział w pracach mieli: Jan Kochman, Andrzej Romanowski, Janusz Filipczak i Ryszard Górajec.

Do metod transmisji danych w obecności silnych zakłóceń, które badał teoretycznie i eksperymentalnie Andrzej Dąbrowski, należy transmisja o rozproszonym widmie (*spread spectrum*). W latach 1978–1986 prowadzono prace studialne, projektowe i konstrukcyjne — z udziałem Wojciecha Polatyńskiego — pod ogólnym kierunkiem Zenona Barana, których wynikiem były unikatowe modele modemów *spread spectrum* oraz monografia habilitacyjna Andrzeja Dąbrowskiego pt. *Problemy synchronizacji w systemach szerokopasmowych z celowym rozpraszaniem widma* (1989). Obecnie systemy tego typu znajdują coraz szersze zastosowanie w związku z rozwojem systemów komunikacji ruchomej, a w szczególności systemów komórkowych trzeciej generacji (UMTS) oraz bezprzewodowych sieci lokalnych. Systemy te są przedmiotem prowadzonych obecnie prac.

Osobny obszar prac Zakładu związany był z kodowaniem mowy dla sieci telefonicznych. Ich historia sięga początków lat pięćdziesiątych. Pod koniec lat sześćdziesiątych podjęto, a następnie kontynuowano w latach siedemdziesiątych i następnym, różnorodne prace studialne, projektowe, konstrukcyjne i wdrożeniowe w zakresie telefonicznych systemów cyfrowych opartych na modulacji delta. Z tych prac, w miarę ich postępu w kierunku zmniejszania niezbędnej binarnej szybkości w kanale rozmównym, wyodrębniła się pod koniec lat siedemdziesiątych tematyka wokoderowa, intensywnie uprawiana w latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych przez Przemysława Dymarskiego, Sławomira Kulę, Andrzeja Drobnika, Andrzeja Kalinowskiego i Mieszka Cieplińskiego. Zrealizowano szereg urządzeń, głównie do zastosowań wojskowych.

W latach dziewięćdziesiątych zaczęły się upowszechniać bardziej zaawansowane systemy przetwarzania mowy: syntezatory mowy z tekstu i urządzenia rozpoznające mowę. W połowie lat dziewięćdziesiątych Sławomir Kula i Przemysław Dymarski zrealizowali syntezator mowy polskiej z tekstu. Obecnie, we współpracy z firmą ELAN Informatique z Tuluzy, zrealizowano profesjonalny system TTS (*Text-To-Speech*) dla języka polskiego. Prowadzone są również prace nad rozpoznawaniem mowy i sterowanymi głosem bazami danych (S. Kula). W wyniku wieloletniej współpracy Z. Dymarskiego z N. Moreau (ENST w Paryżu) zrealizowano kodery sygnału akustycznego o poszerzonym paśmie (16 kHz), które dzięki zmiennej szybkości transmisji (32–64 kbit/s) nadają się do zastosowań multimedialnych. Do osiągnięć z ostatnich lat w dziedzinie cyfrowego przetwarzania sygnałów należą też prace Jarosława Domaszewicza dotyczące fraktalnego kodowania obrazu oraz realizacji różnych elementów multimedialnych systemów telekonferencyjnych dla sieci pakietowych (Internet) i tak zwanych sieci nowej generacji, integrujących Internet z sieciami zintegrowanymi ISDN i B-ISDN.

Najnowsze prace Zakładu w dziedzinie teletransmisji związane są z systemami cyfrowymi hierarchii synchronicznej SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) i systemami zwielokrotnienia optycznego DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*). W latach dziewięćdziesiątych wykonano kilkadziesiąt pionierskich prac projektowych związanych z wdrażaniem tych systemów w Polsce, w szczególności dla Telekomunikacji Polskiej SA. Opracowano także oryginalne oprogramowanie wspomagające projektowanie wielopięściennych sieci SDH. Pionierskie były także prace związane z wdrażaniem nowoczesnych systemów dostępowych, w szczególności typu FITL i xDSL, oraz z systemami zarządzania sieciami SDH. W pracach tych brali udział Andrzej Dąbrowski, Jędrzej Brożyna, Andrzej Drobnik i Sławomir Kula.

Oprócz wielu publikacji, zagadnieniom cyfrowych sieci transmisyjnych poświęcono monografię pod redakcją A. Dąbrowskiego i S. Kuli pt. *Systemy i sieci SDH* (WKiŁ, 1996) oraz A. Dąbrowskiego i P. Dymarskiego pt. *Problemy transmisji cyfrowej* (OWPW, 1999).

ZAKŁAD TELEINFORMATYKI I TELEKOMUTACJI (ZTiT)

Zakład powstał z zespołów badawczych Katedry Telekomutacji oraz z Zespołu Systemów i Sieci Transmisji Danych, którym kierował Marian Dąbrowski. Zespół ten wywodził się z katedr, które zainicjowały badania w dziedzinie transmisji danych — o badaniach tych wspomniano już wcześniej. W początkowym okresie zespół ten ściśle współpracował z Zespołem Modemów Transmisji Danych, którym kierował Zenon Baran (por. opis ZST).

W związku z zagadnieniami komutacyjnymi, do początku lat osiemdziesiątych, były prowadzone prace nad metodyką pomiaru ruchu telekomunikacyjnego oraz konstrukcją stosowanych w eksploatacji mierników ruchu (AMR). Pracami tymi kierował Jerzy Szczepański, a ich współautorami byli m.in. W. Perkowski, M. Marczewski i A. Cyran. W latach osiemdziesiątych, również pod kierunkiem J. Szczepańskiego, prowadzono prace nad wprowadzeniem sterowania programowego do central typu Pentaconta produkowanych w ZWUT. W pracach brali udział m.in. Zbigniew Mayer, Ireneusz Pluta, Janusz Płochocki, Grzegorz Poręcki i Bernard Wielgo. W związku z pracami nad węzłami komutacyjnymi opatentowano kilkadziesiąt rozwiązań technicznych (głównie J. Szczepański), powstała monografia Jerzego Szczepańskiego i Jerzego Miernika pt. *Pentaconta — zagadnienia systemowe* (WKiŁ, 1978), a także monografia J. Miernika pt. *Programowane sterowanie central telefonicznych* (WKiŁ, 1980).

Pod kierunkiem Mariana Dąbrowskiego, w latach 1978–84, opracowano koncepcję i projekt nowoczesnej sieci zintegrowanej (telefonii i teleinformatyka) o rozproszonej strukturze i ruchomych użytkownikach, do zastosowań wojskowych (Storczyk E. i U.). Realizacja tej pracy wymagała rozwiązania wielu złożonych zagadnień systemowych i sieciowych związanych z rodzącą się ówczesznie dziedziną komunikacji systemów otwartych i procesów rozproszonych. W pracach brał udział liczny zespół, a szczególny wkład wnieśli m.in. Piotr Ostrowski i Michał Jarociński. Zagadnieniom teleinformatycznym rozważanym w owym okresie poświęcona została monografia P. Ostrowskiego i M. Dąbrowskiego pt. *Systemy i sieci teleinformatyczne* (WKiŁ, 1979), a zagadnieniom systemów i sieci zintegrowanych monografia pod redakcją M. Dąbrowskiego pt. *Sterowanie i oprogramowanie w telekomunikacyjnych sieciach zintegrowanych* (WKiŁ, 1990).

W latach 1978–91, również pod kierunkiem Mariana Dąbrowskiego, opracowano koncepcję i model użytkowy pierwszego w Polsce w pełni cyfrowego systemu komutacyjnego średniej pojemności (U10). System był oparty na w pełni oryginalnych, nowatorskich rozwiązaniach sprzętowych, jak i odnoszących się do sterowania programowego. Opracowany system został wdrożony do produkcji w zakładach Telkom-Telfa. W pracach koncepcyjnych i projektowych brał udział liczny zespół z ZTiT, m.in. Michał Jarociński, Jerzy Szurowski, Jacek Jakubicki, Andrzej Tarabuła, Jerzy Walacik i Michał Mergiel, oraz zespół pracowników Telfy.

Badania dotyczące cyfrowych systemów komutacyjnych i sieci zintegrowanych zainicjowały prace związane z metodologią specyfikacji, projektowania i oprogramowania systemów i sieci telekomunikacyjnych. W latach 1982–89 powstało wiele prac teoretycznych i aplikacyjnych, w szczególności związanych z językiem specyfikacji SDL i językiem programowania CHILL (por. wzmianki na początku rozdziału). Opracowano pionierskie w skali światowej systemy projektanckie wspomagające specyfikację/projektowanie w języku SDL (system SPRITE) i tworzenie oprogramowania w języku CHILL (system CHILLIT), które były stosowane w zakładach telekomunikacyjnych w Polsce (ZWUT, Telkom-Telfa) i w innych krajach naszego regionu. W pracach tych udział brali m.in. Krzysztof Brzeziński, Michał Jarociński, Jacek Jakubicki, Krzysztof Kimbler, Józef Lubacz, Piotr Ostrowski i Marek Średniawa. W związku z problematyką oprogramowania powstała monografia M. Jarocińskiego i M. Średniawy pt. *Wprowadzenie do języka CHILL* (WKiŁ, 1988).

Na początku lat dziewięćdziesiątych rozwinięto prace nad problemem weryfikacji poprawności logicznej implementacji protokołów telekomunikacyjnych. Prace teoretyczne i aplikacyjne Krzysztofa Brzezińskiego z zespołem doprowadziły do opracowania nowej metodyki formułowania wymagań operatorskich (system wspomagający ORB), koncepcji i prototypu modularnego systemu monitorująco-testowego (język opisu JOSP-2, monitory sygnalizacji MONDIS) oraz do rozwinięcia teorii testowania arbitrażowego. Rezultaty tych prac były i są wykorzystywane w procesie projektowania i budowy sieci publicznej ISDN. K. Brzeziński jest autorem dwóch monografii: *Sieci lokalne* (OWPW, 1995) oraz *Istota sieci ISDN* (OWPW, 1999).

W latach siedemdziesiątych zespoły Zakładu brały udział w pracach koncepcyjnych i projektowych związanych z budową urządzeń do krajowej sieci transmisji danych (SYNCOM) z komutacją kanałów. Opracowano m.in. projekty koncepcyjne multipleksa i koncentratora danych oraz ich analizy ruchowe (pod kierunkiem Józefa Lubacza).

Pod koniec lat siedemdziesiątych Józef Lubacz utworzył zespół, który rozpoczął intensywne badania naukowe w dziedzinie teorii ruchu telekomunikacyjnego i metodologii projektowania sieci. W początkowym okresie w skład zespołu wchodził Wojciech Burakowski, Zbigniew Dziong i Michał Pióro. Prace tego zespołu zaowocowały licznymi osiągnięciami docenionymi w skali międzynarodowej, a w szczególności monografiami habilitacyjnymi: J. Lubacza pt. *Problemy ruchowe cyfrowych sieci telekomunikacyjnych z komutacją łączy* (WPW, 1985), M. Pióro pt. *Design Methods for Non-hierarchical Circuit Switched Networks with Advanced Routing* (WPW, 1989), W. Burakowskiego pt. *Metody analizy ruchowej zespołów sterujących central ze sterowaniem programowym* (WPW, 1991), Z. Dzionga pt. *ATM Network Resource Management* (McGraw-Hill, 1997). Z biegiem czasu poszczególni członkowie zespołu ukształtowali własny profil badań i grono współpracowników; Z. Dziong prowadzi badania za granicą od 1988 r. (w ostatnich latach w laboratoriach Bella w USA).

W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych Józef Lubacz prowadził badania nad zagadnieniami teorii ruchu, koncentracji ruchu w sieciach teleinformatycznych, a następnie analizy i projektowania sieci zintegrowanych usługowo, m.in. we współpracy z ośrodkami zagranicznymi we Francji (Ecole Nationale Supérieure des Telecommunications, Centre National d'Études des Telecommunications) oraz w Szwecji (Lund Institute of Technology). W latach dziewięćdziesiątych zajmował się głównie zagadnieniami metodologicznymi, a w szczególności opracował (we współpracy z Michałem Pióro, Arturem Tomaszewskim i Piotrem Ostrowskim) szereg nowatorskich modeli odniesienia dla złożonych sieci telekomunikacyjnych, które znalazły zastosowanie w ich analizie i projektowaniu. Równolegle z zagadnieniami sieciowymi, od połowy lat osiemdziesiątych, zajmował się metodologią analizy i projektowania systemów rozproszonych, m.in. w kontekście wspomnianych wyżej prac związanych z SDL, a także w ogólniejszym kontekście specyfikacji oprogramowania (m.in. w trakcie pobytu w Institut National de la Recherche Scientifique w Kanadzie, 1986–87). Od połowy lat dziewięćdziesiątych J. Lubacz rozwija też działalność w zakresie pozatechnicznych aspektów rozwoju globalnej infrastruktury informacyjnej. W związku z tymi zagadnieniami powstała monografia pod jego redakcją pt. *W drodze do społeczeństwa informacyjnego* (OWPW, 1999).

Przedmiotem badań Wojciecha Burakowskiego były modele ruchowe koncentratorów teleinformatycznych (1978–82), analiza ruchowa sterowania węzłów komutacyjnych (1982–89) oraz modelowanie algorytmów sterowania ruchem w sieciach ATM (od 1989 r.) i w Internecie (od połowy lat dziewięćdziesiątych). Utworzony i kierowany przez W. Burakowskiego zespół badawczy (m.in. Andrzej Bąk, Andrzej Bęben, Zbigniew Kopertowski i Halina Tarasiuk) w latach dziewięćdziesiątych aktywnie uczestniczył w międzynarodowych projektach badawczych serii COST (224, 242, 257), w projekcie Copernicus oraz, od 2000 r., w projekcie AQUILA w ramach V Programu Ramowego badań Unii Europejskiej. Prace te zaowocowały licznymi publikacjami i międzynarodowymi raportami technicznymi. W. Burakowski kieruje także pracami badawczymi i projektowymi związanymi z wojskowymi sieciami łączności (w Wojskowym Instytucie Łączności).

Michał Pióro zajmuje się głównie zastosowaniami teorii ruchu i optymalizacji do projektowania sieci telekomunikacyjnych. Badania w tej dziedzinie prowadzi od wielu lat w kraju i za granicą, m.in. we współpracy z Lund Institute of Technology, Technical University of Denmark, University of Missouri, Institut National de la Recherche Scientifique, Ericsson Traffic Laboratory, ITU oraz Ericsson i Alcatel. M. Pióro rozwija zaawansowane modele i metody optymalizacji sieci telekomunikacyjnych — telefonicznych, a w ostatnich latach sieci opartych na technikach ATM, SDH, WDM i IP — we współpracy z kolegami z Zakładu (m.in. z Arturem Tomaszewskim, Dariuszem Bursztynowskim i Piotrem Gajowniczkim) oraz ze specjalistami z ośrodków zagranicznych. M. Pióro jest autorem licznych prac nt. projektowania sieci telekomunikacyjnych, w tym monografii *Podstawy projektowania cyfrowych sieci telekomunikacyjnych* (Wyd. EFP, 1995).

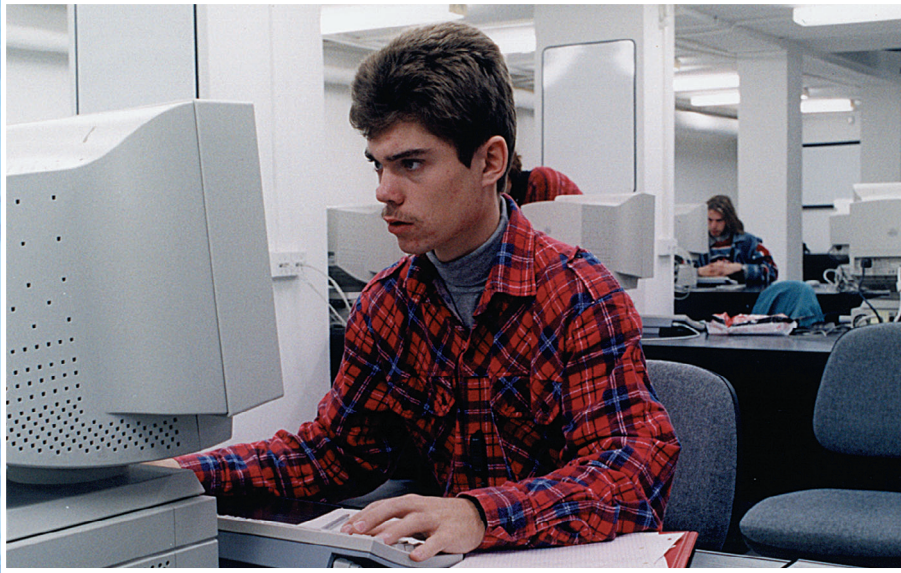
W związku z badaniami nad analizą i projektowaniem sieci opracowano profesjonalne systemy projektanckie: na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych system Tool-Net (Michał Pióro i Artur Tomaszewski), a w latach dziewięćdziesiątych system SPPS (Artur Tomaszewski, Dariusz Bursztynowski, Michał Jarociński, Józef Lubacz, Mariusz Mycek). Drugi z systemów jest wdrażany w TP SA jako podstawowe narzędzie planowania rozwoju i projektowania sieci.

W połowie lat dziewięćdziesiątych prace związane z planowaniem i projektowaniem sieci rozszerzono na zagadnienia zarządzania sieciami i usługami telekomunikacyjnymi. Opracowano w szczególności profesjonalną informatyczną platformę zarządzania PLAZA (A. Tomaszewski, D. Bursztynowski, M. Jarociński, J. Lubacz, M. Mycek), wokół której są realizowane systemy zarządzania m.in. dla telekomunikacji, energetyki i bankowości. W związku z pracami dotyczącymi systemów zarządzania powstała monografia autorstwa P. Czarnackiego, A. Jajszczyka i J. Lubacza pt. *Standardy zarządzania sieciami* (Wyd. EFP, 1996).

Od połowy lat osiemdziesiątych, z inicjatywy Ryszarda Kossowskiego, rozwijane są badania dotyczące ochrony informacji w publicznych zastosowaniach teleinformatycznych, m.in. w zakresie polityki bezpieczeństwa, systemów i platform klucza publicznego, podpisu cyfrowego i technik uwierzytelniania. W zakresie tych zagadnień zespół ZTiT, m.in. Ryszard Kossowski, Krzysztof Szczypiorski, Piotr Kijewski i Krzysztof Wrona, współpracuje z zespołem ZPT (por. opis) oraz podmiotami administracji państwowej i międzynarodowymi instytucjami normalizacyjnymi. W związku z zagadnieniami kryptograficznymi powstała monografia Krzysztofa Gaja pt. *Szyfr Enigmy. Metody złamania* (WKiŁ, 1989).

Od początku lat dziewięćdziesiątych pracownicy Zakładu intensywnie włączyli się w rozwój polskiej sieci telekomunikacyjnej. Zrealizowano kilkadziesiąt projektów rozwoju technicznego i usługowego sieci na zlecenie m.in. Ministerstwa Łączności, Ministerstwa Finansów, Ministerstwa Gospodarki i USA TDP, a także licznych firm: TP SA, PTC Era GSM, Polcomtel Plus GSM, Netia, PSE, PKP, Tel-Energo, Telefonnia Lokalna, Telefon 2000, Sofrecom, Price Waterhouse, Alcatel, Ericsson, Hewlett-Packard. Opracowano projekty koncepcyjne i realizacyjne cyfryzacji sieci, sieci ISDN, systemu i sieci sygnalizacji SS7, systemu sygnalizacji abonenckiej DSS1, systemów usług wzbogaconych, sieci transmisyjnych SDH i DWDM (we współpracy z ZST), sieci inteligentnych IN, sieci opartych na technice ATM i IP, sieci komunikacji ruchomej (GSM, GPRS, WAP), systemów ochrony informacji, systemów zarządzania TMN. W pracach tych brali czynny udział praktycznie wszyscy pracownicy Zakładu, w zespołach tworzonych w zależności od potrzeb projektów. Bez przesady można stwierdzić, że pracownicy Zakładu wnieśli istotny i wielostronny wkład w ukształtowanie dzisiejszej infrastruktury technicznej telekomunikacji w Polsce. Na osobną wzmiankę zasługuje działalność Mariana Dąbrowskiego w przełomowych czasach dla polskiego sektora telekomunikacyjnego, m.in. jako doradcy Ministra Łączności, a w szczególności jego zasługi w ukształtowaniu rynku sieci komórkowych.

Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych ma niewątpliwie poważny i wszechstronny dorobek badawczy w dziedzinie telekomunikacji. Ważnych i zajmujących problemów badawczych związanych z rozwojem telekomunikacji — immanentnego elementu Globalnej Infrastruktury Informatycznej — w dającej się przewidzieć przyszłości zapewne nie zabraknie. Zatem zarówno przeszłe dokonania badawcze Wydziału, jak i potencjalne możliwości rozwoju prac, pozwalają patrzeć w przyszłość z ufnością. Zachodzące współcześnie przemiany społeczne, gospodarcze i kulturowe wiążą się jednak ze stopniową ewolucją roli i charakteru badań naukowych prowadzonych na uczelniach. Ale to już temat wymagający oddzielnego eseju...



informatyka

Bezpośrednim pretekstem do napisania tego eseju jest oczywiście 50. rocznica akademickiej instytucji: Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych. Taka „okrągła” okazja zawsze skłania do podsumowań, wspomnień i prób wyciągnięcia nauk na przyszłość. Sytuacja informatyki różni się jednak od innych dyscyplin uprawianych na Wydziale. Dla elektroniki, telekomunikacji czy radiotechniki data utworzenia pewnej akademickiej instytucji jest raczej jedynie umowną cezurą, ważną głównie dla obchodzącej ten jubileusz społeczności. Tymczasem w przypadku informatyki półwiecze to zawiera jednocześnie prawie całe jej dzieje, nie tylko jako dziedziny badań i nauczania na naszym Wydziale, ale w ogóle na świecie. Co więcej, fascynujący rozwój tej dziedziny — od pierwszych „maszyn matematycznych” w pracowniach uczonych do oplatającej cały świat Sieci — był jednym z najważniejszych zjawisk cywilizacyjnych minionego XX wieku. Nie jest żadną przesadą stwierdzenie, że osiągnięcia w dziedzinie informatyki i jej zastosowań przekształciły nie tylko praktycznie wszystkie dziedziny nauki i techniki, lecz także zmieniły ludzkie obyczaje i sposoby społecznego funkcjonowania, a nawet polityczny układ świata.

Na rozwój tej dziedziny stale oddziaływała historia i polityka, a zwłaszcza technologiczna i polityczna rywalizacja między Wschodem a Zachodem. To oddziaływanie miało zresztą charakter sprzężenia zwrotnego: informatyka była jednocześnie i podmiotem, i ważnym narzędziem rywalizacji. Nawet w skali Wydziału Elektroniki związki te są wyraźnie widoczne: wpływają na losy ludzi, tematykę badań, tendencje rozwojowe. Badania w dziedzinie informatyki na naszym Wydziale (a także dzieje samego Instytutu Informatyki) nie toczyły się przecież w akademickiej „wieży z kości słoniowej”, izolowanej od wydarzeń świata. Będziemy się to starali pokazać w tym eseju.

Na potrzeby naszych rozważań całe pięćdziesięciolecie podzielimy na kilka następujących po sobie, umownych okresów. Ułatwi nam to omawianie losów Instytutu Informatyki, który (zwłaszcza przez pierwsze trzydzieści lat) był tą jednostką Wydziału, w której przede wszystkim uprawiano informatykę. W samym tekście nie będziemy się jednak zbyt ściśle trzymać chronologii, czasami wybiegając w przód, kiedy indziej pozwalając sobie na dygresję, za główny cel mając tematyczną ciągłość opowiadania. Na koniec postaramy się odpowiedzieć na pytanie: dlaczego warto nadal zajmować się badaniami z zakresu informatyki? Cały ten burzliwy pięćdziesięcioletni okres — to przecież dopiero sam początek rozwoju dziedziny, którą uprawiamy.

OD NIEPAMIĘTNYCH CZASÓW DO KOŃCA LAT PIĘCDZIESIĄTYCH XX WIEKU, CZYLI SKĄD TO SIĘ WSZYSTKO WZIĘŁO

NARODZINY WSPÓŁCZESNEJ INFORMATYKI

Można powiedzieć, że narodziny i młodzieńczy, romantyczny okres współczesnej informatyki (choć sama nazwa pojawiła się znacznie później) przypadają na pierwsze dziesięć lat po zakończeniu II wojny światowej. Oczywiście, już znacznie wcześniej pojawiały się pomysły naukowe i rozwiązania techniczne, mające na celu automatyzację obliczeń, formułowanie podstaw teoretycznych procesów obliczeniowych itp., ale nie spowodowały one przełomu

Jerzy Mieścicki

dr inż.
Instytut Informatyki
Politechniki Warszawskiej
Gmach Elektroniki, p. 350
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa
tel. (48 22) 660-7650

i nie wyzwoliły lawiny inwencji, zainteresowania i żywiołowego rozwoju. Mechaniczny sumator (do dodawania i odejmowania) był znany od dawna: to dzieło francuskiego myśliciela, fizyka i wynalazcy Blaise Pascala (1623–1662). Rozbudowa jego funkcji o mnożenie i dzielenie była potem tylko sprawą udoskonalenia techniki wytwarzania elementów mechanicznych, kół zębatych itp. W latach trzydziestych XIX wieku Charles Babbage (1792–1871) podjął w Anglii próbę (niestety nieudaną) skonstruowania mechanicznej maszyny zdolnej do wykonywania nie pojedynczych operacji, lecz całych *sekwencji* (predefiniowanych przez człowieka, a więc *programowanych*) czterech działań arytmetycznych. Angielski matematyk George Boole (1815–1864) zaksjomatyzował znaną od czasów Arystotelesa logikę dwuwartościową, zapewne nie przypuszczając, że tak powstała *algebra Boole’a* będzie za sto lat jednym z podstawowych narzędzi pracy tysięcy inżynierów na całym świecie. W końcu lat osiemdziesiątych XIX wieku zespół amerykańskich inżynierów pod kierownictwem Hermana Holleritha skonstruował (na potrzeby spisu ludności w USA w 1890 r.) elektromechaniczną maszynę do wykonywania (wstępnie „ustawianych” przez człowieka) sekwencji działań arytmetycznych na masowych danych, wczytywanych z kart dziurkowanych. Takie *maszyny analityczno-liczące* były potem przez dobre 70 lat wykorzystywane na całym świecie w urzędach statystycznych i większych przedsiębiorstwach, np. przy masowym wystawianiu rachunków za telefon, elektryczność, rozliczaniu przewozów kolejowych. Równolegle matematycy opracowywali *metody numeryczne*, pozwalające na możliwie sprawne obliczanie różnorodnych funkcji, rozwiązywanie układów równań itp. Jest oczywiste, że towarzyszyła temu naukowa refleksja nad samym pojęciem funkcji, obliczenia, funkcji obliczalnej, algorytmu. Początek XX wieku — to również wynalazek lampy elektronowej i burzliwy rozwój elektroniki, zwłaszcza w dziedzinie telekomunikacji, radia, a potem telewizji. Na marginesie tych podstawowych zastosowań pojawiają się *układy impulsowe*, w tym w szczególności dziwny układ Eccless-Jordana, wprawdzie zupełnie nieprzydatny we wzmacniaczu czy radiodbiorniku, ale interesujący i wymagający wyjaśnienia, dlaczego ma tylko dwa stany stabilne.

Obecnie, z perspektywy lat, można odnieść wrażenie, że tuż przed II wojną światową wszystkie te rozproszone idee i rozwiązania techniczne zaczęły nagle zbiegać się ku sobie i razem gwałtownie dojrzeć, a wybuch wojny i potrzeby działań wojennych jeszcze przyspieszyły ten proces. W roku 1936 brytyjski matematyk Alan Turing formułuje genialny w swej przejrzystości model *wszelkich* obliczeń (a więc nie tylko numerycznych), które jest w stanie efektywnie wykonać zarówno maszyna, jak i człowiek. Wkrótce, w latach II wojny światowej, Turing będzie naukowym kierownikiem zespołu brytyjskich kryptologów z Bletchley Park, odczytujących szyfry nieprzyjaciela. Na podstawie — między innymi — jego pomysłów powstaną w Wielkiej Brytanii i w USA supertajne elektroniczne maszyny do złożonych operacji na symbolach, zdolne do wypróbowania milionów kombinacji w poszukiwaniu klucza szyfru.¹ W roku 1938 w USA Claude Shannon spostrzega, że algebra Boole’a stanowi gotowe, znakomite narzędzie do analizy i syntezy złożonych układów przekaźnikowych, stosowanych w telekomunikacji, przemyśle i transporcie. Niezależnie i równolegle w Niemczech inżynier Konrad Zuse buduje (w latach 1940–41) pierwszą binarną maszynę liczącą, opartą właśnie na zastosowaniu przekaźników. Maszyna działa, ale jest za mała i zbyt wolna; Zuse zamierza zastąpić elektromechaniczne przekaźniki elektronicznymi, lampowymi przerzutnikami Eccless-Jordana. Niestety — dla niego, a chyba na szczęście dla nas — władze niemieckie nie udzielają wsparcia tak dziwnaczemu pomysłowi i projekt Zusego zostaje zaniechany. Tymczasem w Stanach Zjednoczonych do automatyzacji obliczeń na potrzeby wysiłku wojennego przywiązuje się znacznie większą wagę. W 1943 roku rusza tajny projekt ENIAC, którego celem jest zbudowanie wielkiej lampowej maszyny do obliczeń — przede wszystkim — numerycznych (zaawansowane projekty wojskowe, w tym także atomowy projekt Manhattan). ENIAC jest z powodzeniem wykorzystywany w końcowym okresie wojny, a jego odtajnienie i pokazanie opinii publicznej w październiku 1946 roku budzi wielką sensację.

¹ Dziś wiemy, że polscy matematycy: Marcin Rejewski, Henryk Zygałski i Jerzy Różycki rozpracowali zasady konstrukcji niemieckiej maszyny szyfrującej ENIGMA już w 1932 r. Zespół Turinga najprawdopodobniej korzystał z ich osiągnięcia.

Istotnie, było to ogromne osiągnięcie techniczne i pierwsze urządzenie nazwane przez dziennikarzy „mózgiem elektronowym”. Jednak to nie ENIAC jest bezpośrednim przodkiem współczesnych komputerów. Wprawdzie ENIAC był znacznie większy i doskonalszy od ówczesnych maszyn analityczno-liczących, a układy lampowe (w przeciwieństwie do elektromechanicznych) zapewniały mu większą szybkość działania, lecz zasada *zewnętrznego programowania* pozostała: przygotowanie maszyny do wykonania pewnego obliczenia wymagało ręcznego ustawienia („na sztywno”) setek przełączników i pokręteł.

Rewolucyjną modyfikację zaproponowali w 1946 roku von Neumann, Burks i Goldstone z Institute of Advanced Study w Princeton, USA. Niech program — powiedzieli — będzie zapisywany w *pamięci maszyny*, podobnie, jak dane. Niech maszyna cyklicznie pobiera z pamięci — na zmianę — kolejną instrukcję i dane potrzebne do jej wykonania. Oczywiście, trzeba będzie wynaleźć układy pozwalające na pamiętanie większej ilości informacji, ale z tym współczesna elektronika powinna sobie poradzić. Układ sterowania będzie bardziej skomplikowany, ale to się też powinno dać przezwyciężyć dzięki prostocie systemu dwójkowego. Za to, program może być wcześniej przygotowany, na przykład na kartach dziurkowanych, i — gdy trzeba — błyskawicznie wprowadzony do maszyny, dokładnie tak, jak dane. Co więcej, program może modyfikować swój własny przebieg, gdyż do komórek pamięci zawierających instrukcje i adresy ma podobny dostęp, jak do komórek zawierających dane. Daje to niewiarygodne możliwości: przede wszystkim decydowanie na bieżąco o kolejności wykonywania instrukcji (rozkazy skoku), indeksowany dostęp do danych, tworzenie złożonych rozgałęzień i pętli itd. Ponadto, przy tworzeniu programów będzie można wykorzystać fragmenty innych programów, napisanych kiedyś do innych celów. Jeśli tak, to może warto takie *podprogramy* pisać od razu w sposób bardziej uniwersalny i rozmyślnie tworzyć *biblioteki* podprogramów i funkcji?

Ten genialny pomysł: dwójkowa maszyna licząca z pamiętanym programem (*stored-program computer*), zasada cyklu rozkazowego, użycie licznika instrukcji, zasady wyliczania adresu efektywnego itd. — jest przypisywany Johnowi von Neumannowi (1903–1957), jednemu z najwybitniejszych matematyków XX wieku. Warto podkreślić, że mimo niezwykle go postępu technologicznego i wielu późniejszych ulepszeń, praktycznie wszystkie współczesne komputery działają dokładnie tak, jak zaproponował von Neumann (i, dodajmy, robią dokładnie i tylko to, co abstrakcyjna maszyna Turinga). Z późniejszych wynalazków właściwie jedynie komputery sterowane przepływem danych (*data flow computers*) i sieci neuronowe wyłamują się z zasad architektury von Neumanna. Pierwsze z nich odegrały większej praktycznej roli, drugie — obiecujące i wciąż w początkowym okresie rozwoju — są obecnie z zasady symulowane przy użyciu komputerów o klasycznej, „von-Neumannowskiej” architekturze.

Tak ruszyła lawina. Koncepcję von Neumanna szybko ucieleśniono w postaci komputera Mark I (Uniwersytet Harvarda), podobne projekty są wkrótce realizowane w wielu ośrodkach badawczych i uniwersytetach, gdzie przyciągają najbardziej twórczych inżynierów i matematyków. Wybitni naukowcy są świadomi, że otworzyły się nowe możliwości, przysparzające doprawdy o zawrót głowy. Alan Turing, przekonany, że jego model obliczeń opisuje dokładnie wszelką intelektualną działalność człowieka, wprowadza pojęcie *sztucznej inteligencji* i przewiduje, że w ciągu kilku (no, może kilkunastu) lat maszyny będą samodzielnie rozumować, a człowiek nie będzie w stanie odgadnąć, czy rozmawia z komputerem, czy z innym człowiekiem. Sam Turing poświęca się badaniom nad nową dziedziną, którą nazwał *biologią matematyczną*. Norbert Wiener zauważa (w 1948 r.) głębokie podobieństwa procesów komunikowania się i sterowania w maszynach, organizmach żywych i w całych społeczeństwach, proponując, by badania nad nimi zintegrować w jedną dziedzinę nauki: *cybernetykę*. W tym samym 1948 r. wspomniany już wcześniej Claude Shannon formułuje (wspólnie z Warrenem Weaverem) podstawy współczesnej matematycznej *teorii informacji*. Prace McCullocha, Pittsa, Kleenego stwarzają podstawy matematycznej *teorii automatów*. Niedługo potem, Noam Chomsky publikuje matematyczny model gramatyki kombinatorycznej. Szybko okazuje się, że jego podejście, uzupełnione pojęciami z dziedziny teorii automatów, tworzy zręby *lingwistyki matematycznej*, umożliwiającej opis języków zarówno sztucznych, jak naturalnych, a w szczególności tworzenie sztucznych języków programowania. Tak więc, na przełomie czterdziestych i pięćdziesiątych lat XX wieku już było wiadomo,

że ludzkość dostała do ręki niezwykle sprawne i praktyczne narzędzie do obliczeń. Co więcej, badaczom wydaje się, że dzieli ich jedynie mały krok od inteligentnych robotów, cybernetycznych organizmów (*cyborgów*) i od pełnego zrozumienia mechanizmów działania ludzkiego mózgu.

ŻELAZNA KURTYNA

Te zdumiewające informacje o osiągnięciach docierają sporadycznie do opinii publicznej w sensacyjnych dziennikarskich doniesieniach o mózгах elektronowych i na kartach literatury fantastyczno-naukowej. Mimo wszystko są tylko ciekawostką i nie mają one jeszcze większego wpływu na życie codzienne poszczególnych ludzi ani na problemy całych społeczeństw. Są ważniejsze sprawy: świat zostaje rozcięty żelazną kurtyną, a dwa wrogie obozy polityczne grożą sobie wzajemnie szybko rosnącymi arsenałami broni masowej zagłady. Jednocześnie, mimo atomowego zagrożenia, społeczeństwa Zachodu korzystają z dobrodziejstw powojennego ożywienia gospodarczego i cieszą się wynalazkami, które odmieniają życie codzienne. Tworzywa sztuczne, nylonowe pończochy, penicylina, telewizja, rozwój motoryzacji, możliwość podróżowania. Po drugiej, naszej stronie żelaznej kurtyny — świat jest znacznie mniej barwny. Odbudowa zniszczeń wojennych, elektryfikacja, likwidacja analfabetyzmu, Nowa Huta i przemysł ciężki, i narastający absurd gospodarki planowej.

Oba główne światowe mocarstwa: USA i ZSRR, odgradzają się od siebie murem wrogości i podejrzliwości. U nas, i w innych krajach tzw. obozu socjalistycznego, wszelkie zachodnie nowinki są politycznie podejrzane. Kolorowe skarpetki i przydługie włosy oznaczają niedopuszczalny „amerykański styl życia”. Również żadnych „mózgów elektronowych” nie ma i być nie powinno. Z niewytłumaczalnych ideologicznych powodów, aż do „odwilży” po śmierci generalissimusa Stalina w 1953 r., cybernetyka jest uznawana za „burżuazyjną łże-naukę”. Z pewnością radzieccy naukowcy i inżynierowie (podobnie, jak ich polscy koledzy) po cichu interesują się zachodnimi osiągnięciami, kryjąc się za zasłoną matematyki czy elektroniki. Dopiero w połowie lat pięćdziesiątych zaczną na dobre odrabiać straty: powstaną instytuty cybernetyki i „elektronicznej techniki obliczeniowej”, będzie się wydawać w pospiesznych, masowych tłumaczeniach prace zachodnich autorów, powstaną własne projekty „maszyn matematycznych”.

Tymczasem na Zachodzie w pierwszej połowie lat pięćdziesiątych komputery wkraczają do gospodarki. Powstają FORTRAN i COBOL, do dnia dzisiejszego bodaj najbardziej rozpowszechnione w praktyce języki programowania. Wkrótce — w połowie lat pięćdziesiątych — lampy elektronowe zastępuje technika tranzystorowa, oznaczająca miniaturyzację i znaczne zmniejszenie poboru energii, ale przede wszystkim — zwiększenie niezawodności, a więc możliwość realizacji coraz większych i bardziej złożonych urządzeń.

BARIERA NIEZAWODNOŚCIOWA

Mało kto (z nie-elektroników) zdaje sobie sprawę z faktu, że podstawowym ograniczeniem rozwoju nowej techniki komputerowej nie był ani niedostatek ludzkiej wyobraźni, ani bariera kosztów, lecz *bariera niezawodności*. Spowodowane to było ogromną złożonością układu, nieporównanie większą niż w przypadku radioodbiornika, telewizora czy stacji radarowej. Początkowo urządzenia były niesłychanie zawodne. Główną przyczyną nieustannych awarii były nie tylko delikatne lampy próżniowe, lecz przede wszystkim setki tysięcy punktów połączeniowych: miejsca lutowania, a zwłaszcza mechaniczne styki — lamp z podstawkami, pakietów z gniazdami itd. Nagrzewanie się maszyny podczas pracy, drgania mechaniczne, przeciągi i trzaskanie drzwiami powodowały, że któryś z dziesiątków tysięcy styków rozłączał się, że ktośś z lutowań okazywało się niedokładne i cały system przestawał poprawnie działać. Międzyawaryjny czas maszyny bywał rzędu kilkunastu czy kilkudziesięciu minut, a nieprzerwane wielogodzinne obliczenia były ewenementem. W ten sposób bariera niezawodnościowa ograniczała skutecznie rozwój dziedziny, eliminując z góry lub każąc odłożyć na półkę pomysły wielu rozwiązań, wymagających zbyt złożonego sprzętu, zbyt wielkiej pamięci operacyjnej lub dłuższego czasu obliczeń, wielokrotnie przekraczającego czas międzyawaryjny maszyny.

ZACZĄTKI PÓŹNIEJSZEGO INSTYTUTU INFORMATYKI NA NASZYM WYDZIALE

Wróćmy do Politechniki Warszawskiej i nowo utworzonego Wydziału Łączności. W 1951 roku Kierownikiem Katedry Radiofonii na tym Wydziale zostaje Antoni Kiliński, czterdziestodwuletni wówczas magister inżynier radiotechnik, przed wojną asystent Mieczysława Pożaryskiego na Wydziale Elektrycznym PW i konstruktor w Państwowym Instytucie Telekomunikacyjnym. Po Powstaniu Warszawskim, pobycie w oflagu i powrocie do Polski — jako potrzebny nowej władzy inżynier — zostaje powołany do Ludowego Wojska Polskiego, pracuje w wojskowych instytucjach centralnych, potem trafia do powstającej właśnie Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie i wreszcie — do Politechniki Warszawskiej. Karierę wojskową kończy kilka lat później, z własnej woli, już w stopniu pułkownika, jako ceniony fachowiec i sprawdzony organizator, a do tego działacz ustosunkowany w kręgach władzy i wojska. Zapewne nie pozostało to bez wpływu na tematykę prac Katedry i dynamikę jej rozwoju. W 1953 r. kierowana przez Kilińskiego jednostka staje się Katedrą i Zakładem Konstrukcji Telekomunikacyjnych i Radiofonii. Początkowo grupuje ona niewielki zespół inżynierów elektroników i mechaników, ma własny personel techniczny oraz warsztat elektryczny i mechaniczny, ponieważ — zgodnie z nazwą — jest jednostką powołaną przede wszystkim do konstruowania specjalistycznej aparatury elektronicznej, przewidzianej do produkcji przemysłowej. Specjalnością Katedry szybko stają się jednak nie zwyczajne „konstrukcje telekomunikacyjne i radiofoniczne”, lecz zaawansowane urządzenia z kręgu (jak wtedy mówiono) „techniki impulsowej”, a w szczególności przeliczniki elektronowe, produkowane na potrzeby badań jądrowych. Do 1960 roku wyprodukowano 642 sztuki tych urządzeń (z czego ponad 40 na eksport), a ich dalszą produkcję przejął przemysł.

POCZĄTKI ZAINTERESOWANIA KOMPUTERAMI W POLSCE

Już wcześniej, w 1948 r., z inicjatywy Kazimierza Kuratowskiego (dyrektora Państwowego Instytutu Matematycznego i uczonego o światowej sławie) powstaje Grupa Aparatów Matematycznych (GAM), skupiająca matematyków i inżynierów (zwłaszcza elektroników) zafascynowanych możliwościami komputerów. Kierownikiem GAM zostaje Henryk Greniewski, pierwszymi pracownikami są: Romuald Marczyński, Krystyn Bochenek, Leon Łukaszewicz. Sami absolwenci Politechniki Warszawskiej. Dołączą do nich wkrótce: Zdzisław Pawlak, Antoni Mazurkiewicz, Józef Winkowski — dziś profesorowie, dobrze znani w środowisku informatyków — i wielu innych. Podejmują oni prace koncepcyjne nad techniką programowania, a wkrótce również próby skonstruowania polskiej cyfrowej „maszyny matematycznej”. Pierwsza eksperymentalna konstrukcja (GAM 1, Zdzisław Pawlak, 1950 r.) nigdy nie była praktycznie użyta do obliczeń. Również następna (EMAL, Romuald Marczyński, lata 1953–55) nie została w pełni ukończona, przede wszystkim ze wspomnianych wyżej powodów niezawodnościowych. Dopiero maszyna EMAL 2 (lata 1957–58) miała dostateczną niezawodność i była pierwszym, naprawdę używanym komputerem nowo powstałego Centrum Obliczeniowego PAN.²

POCZĄTEK PRAC NAD KOMPUTERAMI W KATEDRZE PROFESORA KILIŃSKIEGO

Prace nad „maszynami matematycznymi” budzą zainteresowanie w polskim środowisku naukowym i akademickim. Nie omija ono Katedry Konstrukcji Telekomunikacyjnych i Radiofonii. W 1956 r. Gerard Kudelski buduje tu Programowany Automat Rachunków Krakowianowych (PARK), a cały zespół doskonali się w sztuce konstruowania niezawodnych złożonych cyfrowych urządzeń elektronicznych. Zebrane doświadczenia powodują, że w drugiej połowie lat pięćdziesiątych Antoni Kiliński podejmuje ze swym zespołem zadanie zbudowania własnej

² Więcej o polskich projektach informatycznych z tamtych lat można dowiedzieć się z dwuczęściowego artykułu Jana Madeya i Macieja M. Sysła: *Początki informatyki w Polsce*, Informatyka, nr 9 i 10, 2000.

„maszyny matematycznej”, a więc prawdziwego, programowanego komputera. Powstaje najpierw model laboratoryjny EMC (po prostu: Elektroniczna Maszyna Cyfrowa) — a następnie prototyp (1960 r.) i pięć egzemplarzy maszyny UMC 1 (Uniwersalna Maszyna Cyfrowa)³. Część elektroniczną i konstrukcję mechaniczną wykonano również całkowicie samodzielnie (Zdzisław Braun, Jerzy Połoński, Kazimierz Terlecki i inni), a prototyp i seria próbna okazały się tak udane, że władze polskiego przemysłu podjęły decyzję o podjęciu produkcji tych maszyn we wrocławskich zakładach elektronicznych ELWRO. Wkrótce, w latach 1962–64, w ELWRO wyprodukowano serię (aż!) 25 sztuk maszyn UMC 1. Był to pierwszy komputer wytwarzany w Polsce na skalę przemysłową.⁴ W ten sposób zespół prof. Kilińskiego wszedł w lata sześćdziesiąte ze znaczącym sukcesem w swym konstrukcyjnym dorobku.

LATA SZEŚCZDZIESIĄTE

POCZĄTEK „SKOKU TECHNOLOGICZNEGO” W LATACH SZEŚCZDZIESIĄTYCH W USA

W październiku 1957 roku Związek Radziecki wprowadza na orbitę pierwszego sztucznego satelitę Ziemi — Sputnika, wkrótce potem drugiego, tego z suczką Łajką na pokładzie. To znak, że wschodni konkurent, który do tej pory tylko doganiał Zachód w dziedzinie nauki i techniki, zaczął wyprzedzać Stany Zjednoczone w nowoczesnej technologii kosmicznej i raketowej. Wprawdzie Amerykanie natychmiast podejmują wyścig i również umieszczają swe satelity w przestrzeni kosmicznej, ale to Rosjanie (w kwietniu 1961 roku) odnotowują kolejny sukces: okrążenie Ziemi przez pierwszego w historii kosmonautę, Jurija Gagarina. Ameryka musi podjąć wyzwanie i odzyskać inicjatywę, inaczej przegra rywalizację. W 1961 roku prezydent USA — John F. Kennedy — rzuca rozpalające wyobraźnię hasło: zrobimy wszystko, żeby do końca tej dekady Amerykanie wylądowali na Księżycu i bezpiecznie powrócili na Ziemię. Nakłady na badania naukowe i rozwój nowych technologii rosną znacząco, a dekada lat sześćdziesiątych XX wieku staje się okresem bardzo wyężonej pracy i ogromnego rozwoju, naukowego i technicznego.

Obecnie, z perspektywy czasu, wiemy, że to właśnie wtedy uruchomiono procesy, które ćwierć wieku później przyczyniły się do upadku systemu komunistycznego i gruntownej zmiany politycznego porządku świata. Wiemy też, że to ani udane lądowanie na Księżycu w lipcu 1969 roku, ani późniejsze sukcesy amerykańskiej astronautyki nie były tymi czynnikami, które zadecydowały o ostatecznym wyniku rywalizacji między mocarstwami. Rolę tę odegrały przede wszystkim techniki informacyjne, w tym — informatyka i jej zastosowania.

TWORZENIE ZESPOŁU INFORMATYKÓW NA WYDZIALE

Już w końcu lat pięćdziesiątych pracownicy Katedry i Zakładu prof. Kilińskiego zaczynają prowadzić dla studentów ówczesnego Wydziału Łączności wykłady i laboratoria z programowania, organizacji maszyn cyfrowych, arytmetyki dwójkowej (Jerzy Zieliński, Wojciech Jaworski, Wincenty Balasiński, Zdzisław Braun) czy projektowania układów logicznych (Kazimierz Bieńkowski). W 1962 roku zostaje utworzona specjalność Maszyny Matematyczne. W tymże roku dyplom o tej specjalności otrzymuje pierwszych pięciu magistrów inżynierów, rok później — następnych kilkanaście osób. Co roku spora grupa absolwentów pozostaje w Uczelni, bądź jako nauczyciele akademicy w Katedrze, bądź jako konstruktorzy i progra-

³ Warto wspomnieć, że projekt logicznej organizacji maszyny był dziełem Zdzisława Pawlaka, który przeszedł do Katedry z PAN. Niedługo potem jednak z Katedry odszedł, by później, w 1989 r., a więc po 30 latach, już jako profesor zwyczajny, powrócić na stanowisko dyrektora Instytutu Informatyki.

⁴ Argumentem, który przeważał na korzyść UMC 1, była właśnie jej niezawodność, wysoka w porównaniu z pierwszymi maszynami serii ODRA 1000, zaprojektowanymi i budowanymi wówczas w ELWRO.

miści w Zakładzie Doświadczalnym. Wkrótce pierwsi asystenci z KBMM uzyskają stopnie doktora (jako pierwszy Kazimierz Bieńkowski, 1962 r.) i doktora habilitowanego (Konrad Fiałkowski, Jacek Bańkowski, 1966 r.). Pracę podejmują osoby, które do dziś są znanymi nauczycielami akademickimi w obecnym Instytucie Informatyki: Jerzy Mieścicki, Jan Zambrodzki, Jan Bielecki, Andrzej Skorupski. W 1963 roku Katedra i Zakład KTR zostają przekształcone w — odpowiednio — Katedrę Budowy Maszyn Matematycznych i Zakład Doświadczalny BMM. Prof. Kiliński pozostaje kierownikiem obu.

Tematyka prac naukowych, które owocowały tymi doktoratami i habilitacjami, dotyczyła typowych problemów ówczesnej techniki komputerowej: arytmetyki dwójkowej, projektowania elektronicznych układów cyfrowych, a także sieci logicznych i układów sekwencyjnych. Sam Antoni Kiliński był specjalistą z dziedziny niezawodności i jakości, więc rozprawy te poruszały zazwyczaj niezawodnościowe aspekty problemu: projektowanie układów z uwzględnieniem rozrzutu parametrów, konstruowanie niezawodnych układów z zawodnych elementów, odporność układów logicznych na losowe błędy itp. Zaznaczyliśmy już wcześniej, że była to tematyka w tamtym okresie bardzo ważna.

Mimo, że Katedra Budowy Maszyn Matematycznych już w końcu lat sześćdziesiątych zaczyna przypominać swą strukturą personalną typową akademicką „piramidę” — z profesorem, docentami, adiunktami, asystentami, jej styl działania nie jest typowo akademicki. „Akademicka” jest z pewnością dbałość o poziom nauczania: merytoryczną treść zajęć, poziom laboratoriów, organizację zajęć, materiały do laboratoriów. Jednocześnie Kiliński wyznawał pogląd, że wszyscy pracownicy, niezależnie od stopnia i stanowiska (a także od tego, czy są zatrudnieni jako nauczyciele akademicy, czy jako pracownicy Zakładu Doświadczalnego), są przede wszystkim inżynierami i mają kształcić inżynierów. Dlatego wszyscy powinni brać udział we wspólnych projektach badawczych, które są podstawowym źródłem kompetencji i doświadczenia, a inżynierowie z Zakładu Doświadczalnego powinni prowadzić zajęcia dydaktyczne na równi z asystentami i adiunktami. Tak też się działo. Pozycja i osobowość kierownika Katedry narzucały przekonanie, że teoretyczna działalność naukowa, publikowanie wyników w czasopiśmie i na konferencjach naukowych, a nawet naturalne w akademickiej karierze prace doktorskie i habilitacyjne w istocie ustępują co do „prawdziwej” wartości sprawdzalnym, namacalnym osiągnięciom konstrukcyjnym i programistycznym.⁵ Również (zwłaszcza w początkowym okresie, gdy studenci nie byli tak liczni) zajęcia laboratoryjne odbywały się najczęściej w roboczych pomieszczeniach Zakładu Doświadczalnego.

PRACE BADAWCZE I KONSTRUKCYJNE W LATACH SZEŚCZDZIESIĄTYCH

Całe lata sześćdziesiąte były dla tego zespołu okresem poszukiwań i inwencji, zarówno w dziedzinie organizacji i architektury maszyn, jak metod programowania i technologii budowania komputerów. W początku dekady inwencji tej nie ograniczały jeszcze (prawie) żadne standardy dotyczące formatów danych, kompatybilności języków programowania i systemów operacyjnych, interfejsów urządzeń zewnętrznych itd. Jednak, jeśli komputer miał być rzeczywiście zbudowany i sprawdzony w praktyce (a takie były aspiracje zespołu), projektanci i programiści nieustannie musieli borykać się z małą pojemnością pamięci operacyjnej, prymitywnością urządzeń zewnętrznych, trudnościami z uzyskaniem elementów o odpowiednich parametrach, a także z problemami niezawodnościowymi, cieplnymi i energetycznymi, wynikającymi ze złożoności układu.

W takich warunkach, wykorzystując precyzyjnie wytoczone w warsztacie mechanicznym Zakładu metalowe walce, głowice magnetyczne własnej konstrukcji i pistolet natryskowy, wyprodukowano ponad 50 sztuk pamięci bębnowej (Wojciech Łągwiński), która wówczas była jeszcze używana jako pamięć operacyjna. Opanowano własną technologię montażu i testowania układów logicznych (lampowych, a potem tranzystorowych) i zestawiania ich w panele, jednostki, szafy. Tworzyło to techniczną bazę realizacji projektów. Oprócz wspo-

⁵ Należy jednak przypomnieć, że sam prof. Kiliński był promotorem ponad 30 doktoratów, w początkowym okresie głównie o tematyce niezawodnościowej, wykonanych w uczelniach i instytutach całej Polski.

mnianej maszyny UMC 1, na początku lat sześćdziesiątych zbudowano prototyp maszyny do przetwarzania danych administracyjnych AMC 1 (Wincenty Balasiński, Aleksandra Wierusz i inni) i równolegle ulepszoną, tranzystorową wersję UMC 1, nazwaną UMC 10 (lata 1964–65, już z pamięcią ferrytową). Prace nad prototypem AMC 1 zakończono w 1966 r., bez kontynuacji, natomiast UMC 10 wykonano jeszcze w trzech egzemplarzach, w tym dla Wydziału Geodezji i Kartografii PW oraz Państwowego Instytutu Hydrologiczno-Meteorologicznego.

Organizacja projektowanych i budowanych komputerów oparta była na oryginalnych rozwiązaniach: minus-dwójkowej reprezentacji liczb (Zdzisław Pawlak) i konsekwentnym zastosowaniu mikroprogramowania poziomego (UMC 1 i 10), oryginalnej zasadzie kodowania danych numerycznych i alfanumerycznych oraz znacznej autonomii układów wejścia-wyjścia (AMC 1). Również własnej produkcji były elementy *software'u*: np. język programowania W 20 dla maszyn UMC, program zarządzający AMC, zawierający elementy współczesnych systemów plików (dla pamięci taśmowej).

Bardzo istotną rolę w dziejach Katedry i Zakładu odegrały specjalizowane maszyny cyfrowe ANOPS (do inicjatorów należeli Konrad Fiałkowski i Jacek Bańkowski), które w kolejnych, stale ulepszanych wersjach były wytwarzane w Zakładzie Doświadczalnym przez dwadzieścia lat. Ich zadaniem była rejestracja i cyfrowa obróbka sygnałów elektrycznych wytwarzanych przez organizm człowieka w toku eksperymentów naukowych i medycznej praktyki diagnostycznej. Prace nad maszynami ANOPS rozpoczęto w 1965 r., wspólnie z lekarzami i naukowcami z warszawskiej Akademii Medycznej (Klinika Neurologiczna Ireny Hausmanowej-Petrusewicz). W ich rezultacie w latach 1967–70 zbudowano 15 sztuk urządzeń ANOPS 1 (jeszcze w technice lampowej), a potem (w latach 1970–75) 13 egzemplarzy (tranzystorowych) maszyn ANOPS 10. Stały się one wyposażeniem diagnostycznym klinik i oddziałów neurologicznych większych szpitali w Polsce. Od 1972 r. wytwarzano te komputery z coraz większym udziałem układów scalonych średniej skali integracji i o coraz bogatszych funkcjach (ANOPS 100 i 101). Cieszyły się one dobrą opinią i zasłużonym zainteresowaniem świata medycznego. Dość powiedzieć, że do początku lat osiemdziesiątych w Zakładzie Doświadczalnym Instytutu wyprodukowano 84 egzemplarze ANOPS 101, z tego wiele na eksport: do ZSRR, Czechosłowacji, NRD, ale także do USA (4 sztuki), Kanady i RFN.

Zespół inżynierów Instytutu (Michał Wołyński, Michał Rawski i inni) znakomicie rozumiał się z klinicystami i lekarzami, ci z kolei coraz lepiej poznawali możliwości współczesnej techniki komputerowej i korzyści, jakie wynikają z jej stosowania w badaniach i w praktyce medycznej. Gdy potem — w latach 1981–82 — w klinice profesor Hausmanowej opracowano nową metodę analizy czynności biologicznej mięśni, znalazła ona szybko odbicie w nowej wersji maszyny ANOPS 105, której znów wyprodukowano ponad 30 sztuk. W drugiej połowie lat siedemdziesiątych doświadczenia te wykorzystano również w innej ważnej gałęzi medycyny, a mianowicie kardiologii. W szczególności zaprojektowano i wykonano w krótkich seriach urządzenia KARDIO 78 i KARDIO 80 do nieinwazyjnego badania układu przewodzącego serca. Potem, już w latach 1981–85, kolejne wersje wspomnianych urządzeń realizowano w technice mikroprocesorowej, opierając się na Modułowym Systemie Mikroprocesorowym (MSM), opracowanym pod kierownictwem Andrzeja Skorupskiego. Tak został wykonany ANOPS 205 (Aleksander Wigura, Witold Żaba), a potem wreszcie ANOPS-KARDIO 85. W sumie, przez wspomniane dwudziestolecie, wyprodukowano ponad 150 sztuk różnych urządzeń typu ANOPS, z czego ponad 80 sztuk na eksport. Kres tej działalności położyła w istocie dopiero zapaść ekonomiczna naszego kraju w drugiej połowie lat osiemdziesiątych. Ale to już inna, późniejsza historia.

Drugą dziedziną, ważną dla praktycznej działalności konstruktorskiej i programistycznej zespołu, była geodezja i kartografia. Jej potrzeby obliczeniowe spowodowały, że już w pierwszej połowie lat sześćdziesiątych nawiązano współpracę z Katedrą Geodezji PW (prof. Jerzy Gaździcki). Wspólnie opracowane oprogramowanie numeryczne dla UMC 1 i UMC 10 zaowocowało projektem oryginalnego specjalizowanego urządzenia GEO 1 (Zbigniew Dudek). Choć „w środku” był to prawdziwy programowany komputer — z punktu widzenia użytkownika był to prosty automat obliczeniowy, wyposażony w zestaw typowych procedur numerycznych, najbardziej przydatnych w praktyce geodezyjnej (Zbigniew Zorski). Pracownik w przedsiębiorstwie geodezyjnym nie musiał więc znać się na komputerach czy programowa-

niu: uruchamiał owe programy za pomocą przejrzystego układu przycisków, zgodnie z instrukcjami udzielanymi mu za pośrednictwem swego rodzaju podświetlanego menu. W latach 1968–70 wykonano 11 sztuk maszyn GEO 1, potem wytwarzano ich ulepszoną wersję GEO 2. Współpraca z geodezją miała również swą dalszą historię: system GEO 20 oraz GEO 3. Powiemy o tym dalej.

Równocześnie były opracowywane i wykonywane inne unikatowe urządzenia, jak na przykład miernik ładunku bazy tranzystora (Marian Łakomy) czy tester układów scalonych TTL (Jan Zabrodzki, Andrzej Skorupski, Janusz Sosnowski).

OWOCE „SKOKU TECHNOLOGICZNEGO” LAT SZEŚĆDZIESIĄTYCH W USA

W Stanach Zjednoczonych dekada intensywnej pracy badawczej, ogromne nakłady na badania, prace rozwojowe i nowe technologie przyniosły znaczące efekty. W wielu dziedzinach techniki dokonała się prawdziwa rewolucja. Dotyczy to także (a może przede wszystkim) informatyki. Najbardziej widocznym sukcesem tamtych lat było opanowanie technologii układów scalonych, najpierw małej, a potem średniej skali integracji (SSI, MSI). Dzięki nim komputery stały się nie tylko mniejsze i zużywały mniej energii, ale przede wszystkim były znacznie bardziej niezawodne. Umożliwiło to realizację bardziej złożonych pomysłów, w szczególności — na bezawaryjne i bezpieczne kontrolowanie przebiegu wielodniowej misji statku załogowego Apollo. To był jednak tylko spektakularny wyczyn, pobudzający wyobraźnię społeczną. Ważniejsze, długofalowe konsekwencje owego skoku technologicznego odczuliśmy tu, na Ziemi.

W połowie lat sześćdziesiątych w światowej informatyce wyraźnie krystalizują się tendencje rozwojowe, które w istotny sposób zaważą na losach tej dziedziny. Duże systemy komputerowe (*mainframes*) przechodzą znamiennej ewolucję, której dobrą ilustracją jest IBM System/360. Oto System/360 nie jest już jednym komputerem: jest zbiorem pasujących do siebie modułów, cegiełek, z których użytkownik zamawia i konstruuje odpowiadającą mu *konfigurację*. Pasują one do siebie, gdyż — po pierwsze — są podporządkowane wspólnemu schematowi organizacji i mają standardowe interfejsy, po drugie — są zarządzane przez wspólny, również modularnie rozbudowywany system operacyjny OS/360.

Sukces koncepcji S/360 sprawił, że w krajach RWPG podjęto (w 1968 r.) zamiar skopionowania rodziny maszyn IBM S/360 przy zastosowaniu technologii dostępnej w krajach obozu socjalistycznego w taki sposób, aby były one zgodne z pierwowzorem na poziomie listy rozkazów języka maszynowego. Miało to umożliwić zastosowanie zarówno systemu operacyjnego OS/360, jak i całego oprogramowania opracowanego przez IBM (od razu gotowego) w praktyce po naszej stronie „żelaznej kurtyny”. Nie trzeba dodawać, że nikt nie pytał IBM o zgodę, nikt nie otrzymał (przynajmniej legalną drogą) żadnej dokumentacji sprzętu ani kodu źródłowego oprogramowania. Prace nad tym systemem (zwanym Jednolitym Systemem Elektronicznych Maszyn Cyfrowych — „Riad”), „rozpisane” na wszystkie kraje RWPG, na wiele lat obciążały potencjał projektowy i technologiczny tych krajów pracą żmudną, intelektualnie wtórną, spóźnioną i o małym prawdopodobieństwie sukcesu. Istotnie, przedsięwzięcie nie zakończyło się sukcesem i nie zrewolucjonizowało gospodarki ani zarządzania w krajach RWPG.

Bardzo ważną nowością jest również pojawienie się *minikomputerów*: maszyn z założenia małych i tanich, służących nie do obliczeń numerycznych i przetwarzania danych administracyjnych, lecz raczej do sterowania urządzeniami pomiarowymi, produkcyjnymi, telekomunikacyjnymi itp. oraz do pełnienia pomocniczych funkcji (np. wstępnej edycji danych wejściowych) w większych systemach komputerowych.⁶ Pod bokiem znanych komputerowych firm, takich jak: IBM, UNIVAC czy CDC, wyrastają liczne firmy produkujące gotowe systemy minikomputerowe, ale również oddzielne („luzem”) procesory, pamięci, dyski, urządzenia zewnętrzne, czujniki i elementy wykonawcze przystosowane do współpracy z minikomputerami. Pojawia się nowy typ producentów, tzw. OEM — *Original Equipment Manufacturers*, którzy kupują te elementy *hardware’u* komputerowego (być może u różnych

⁶ Za minikomputer uważano wtedy maszynę, która kosztuje mniej niż 10 000 (ówczesnych!) dolarów.

wytwórców), oprogramowują je i integrują w jeden „oryginalny” system: pomiarowy, laboratoryjny, telekomunikacyjny itd. Minikomputery zrewolucjonizowały całą zachodnią gospodarkę. Dzięki nim technika komputerowa wydostała się z ośrodków obliczeniowych, centrów badawczych i uniwersyteckich, najbogatszych przedsiębiorstw i banków — i trafiła do hal produkcyjnych, biur, laboratoriów, telekomunikacji, mediów, usług.

Oba naszkicowane wyżej zjawiska pozostają w ścisłym związku z postępami w dziedzinie technologii układów scalonych, najpierw małej, a potem średniej skali integracji. Bez nich nie opanowano by masowej, różnorodnej produkcji systemów i ich podzespołów. Jednak trzecim ważnym zjawiskiem drugiej połowy lat sześćdziesiątych jest wyraźny postęp w dziedzinie koncepcji, metod i narzędzi do tworzenia oprogramowania. Obok „zdroworozsądkowego” FORTRAN-u i COBOL-u (które powstały jeszcze w latach pięćdziesiątych) krystalizuje się paradygmat programowania strukturalnego, ucieleśniany przez ALGOL 68, potem Pascal. Znacznie rozwijają się metody kompilacji, pojawia się wiele nowych języków programowania, opartych na nowych koncepcjach, które po latach ewolucji stworzą podwaliny pod tak dziś powszechne programowanie obiektowe. Wiele uwagi poświęca się mechanizmom zarządzania zasobami systemu (np. mechanizm semafora, Edsger Dijkstra, 1968 r.), które mają zasadnicze znaczenie dla programowania współbieżnego i dla tworzenia nowoczesnych systemów operacyjnych. Wreszcie, w tymże 1968 r., w Bell Laboratories zostaje opracowany język C (Brian Kerningham, Dennis Ritchie), stanowiący do dziś (z późniejszymi modyfikacjami: C+, C++, również w znacznym stopniu Java) najbardziej powszechnie używane narzędzie programistyczne. Zespół w Bell Labs opracuje wkrótce i uruchomi system operacyjny UNIX (Ken Thompson), który do chwili obecnej jest źródłem inspiracji dla twórców systemów operacyjnych.

W 1969 roku miało miejsce jeszcze jedno wydarzenie, którego znaczenia w przyszłości dla całej naszej cywilizacji nie przewidywał wtedy nikt. Oto w Stanach Zjednoczonych uruchomiono pierwsze cztery węzły sieci komputerowej ARPA. Łączyła ona początkowo instytucje uczestniczące w wojskowych projektach zarządzanych przez Agencję Zaawansowanych Projektów Badawczych Departamentu Obrony USA. ARPA była od początku projektowana jako sieć zdolna do rozrastania się i istotnie — zaczęła się rozrastać bardzo szybko. Niebawem zaobserwowano (z zaskoczeniem i początkowo z wyraźną dezaprobatą), że znaczną część ruchu w sieci generują nie te duże komputery, dla których współpracy sieć zaprojektowano, lecz ich operatorzy i programiści, którzy wymieniają między sobą pozdrowienia, plotki i wiadomości o pogodzie, przesyłają pliki z dokumentacją i dzielą się pomysłami. Taki był początek usług pocztowych w sieci. Dziś wiemy, do czego to — po dwudziestu pięciu latach rozwoju — doprowadziło: do World Wide Web, pajęczyny oplatającej cały świat, uważanej za najważniejsze zjawisko cywilizacyjne przełomu XX i XXI wieku.

I, dodajmy, 20 lipca 1969 roku Neil Armstrong rzeczywiście dotknął stopą Księżycą, po czym wraz z resztą załogi Apollo 11 bezpiecznie powrócił na Ziemię. Szkoda, że prezydent John Fitzgerald Kennedy nie dożył chwili, gdy jego wizja zrealizowała się — wiemy, że w listopadzie 1963 roku zginął w Dallas od kuli zamachowca.

LATA SIEDEMDZIESIĄTE

ZMIANY ORGANIZACYJNE. UTWORZENIE INSTYTUTU INFORMATYKI

Początek lat siedemdziesiątych stoi pod znakiem zmian organizacyjnych w całym szkolnictwie wyższym. Wraz z wprowadzeniem w Uczelni struktury instytutowej Katedra Budowy Maszyn Matematycznych oraz Katedra Technologii Sprzętu Elektronicznego (prof. Stefan Okoniewski) zostają przekształcone w Instytut Budowy Maszyn Matematycznych. Potem, w roku 1975, nastąpi kolejna zmiana: prof. Okoniewski z zespołem swej dawnej Katedry przejdzie do Instytutu Technologii Elektronowej (obecny IMiO), natomiast Instytut Budowy

Maszyn Matematycznych zostanie przekształcony w Instytut Informatyki.⁷ Pod tą nazwą trwa do dziś. Nowy instytut przejmie także ośrodek obliczeniowy w Gmachu Głównym Politechniki (obecny COI: Centralny Ośrodek Informatyki). W toku tej reorganizacji z Instytutu odchodzą dwaj młodzi, samodzielni pracownicy: Konrad Fiałkowski i Jacek Bańkowski⁸, wraz z kilkoma współpracownikami i doktorantami. Utrzymują potem pewne kontakty naukowe z pracownikami Instytutu, są promotorami kilku rozpraw doktorskich (np. takich osób, jak: Jan Bielecki, Henryk Stelmasik, Włodzimierz Zuberek), zaś ich dwaj ówczesni asystenci: Henryk Rybiński i Mieczysław Muraszkiwicz, powrócą w latach pięćdziesiątych, sami już jako profesorowie, do Instytutu Informatyki.

Ważnym wydarzeniem było uruchomienie w 1975 roku studiów na kierunku Informatyka na Wydziale Elektroniki PW. Znaczną zasługę w organizacyjnym przeprowadzeniu tego złożonego przedsięwzięcia należy przypisać samemu Antoniemu Kilińskiemu, a także Janowi Zabrodzkiemu, który był autorem generalnego programu studiów dla tego kierunku. Niemniej, dla całego zespołu było to zadanie bardzo ambitne i trudne. Siłami jednego tylko instytutu (i to niezbyt dużego) o stosunkowo młodej i niezbyt „utytułowanej” kadrze trzeba było zapewnić wykłady, laboratoria, pomoce dydaktyczne itd. o tematyce obejmującej tak przecież nową i dynamicznie zmieniającą się dziedzinę. Na etapie organizowania nauczania na nowym kierunku ważną, porządkującą rolę odegrało powołanie w Instytucie (w 1976 r.) trzech zakładów dydaktycznych. Kierownictwo Zakładu Podstaw Informatyki objął Antoni Kiliński (do odejścia na emeryturę w 1978 r., potem Krzysztof Sapiecha). Zakład Budowy Sprzętu Informatyki poprowadził Stanisław Budkowski, zaś Zakład Organizacji i Oprogramowania — Jan Bielecki (do 1978 r., potem w latach 1978–80 Włodzimierz Zuberek i w 1981 r. — Jerzy Mieścicki).

Od strony liczby nauczycieli akademickich czy ilości zajęć dydaktycznych nowo powstały Instytut Informatyki jest wówczas jednostką o średnich rozmiarach, jednak wyróżnia się dużą liczbą pracowników inżynierskich i technicznych⁹ oraz obciążeniem zadaniami „poza-dydaktycznymi”. Zakład Doświadczalny Instytutu nadal prowadzi własną, małoseryjną produkcję stale udoskonalanych, specjalizowanych komputerów ANOPS i GEO. Nadal wspólnymi siłami zespołu nauczycieli akademickich i pracowników Zakładu Doświadczalnego realizowane są ambitne projekty informatyczne — będzie jeszcze o nich mowa poniżej. Jednocześnie, wraz z przejściem Ośrodka Obliczeniowego (z komputerem ODRA 1304) w Gmachu Głównym, na Instytut spadają obowiązki komputerowej obsługi „centrali” Uczelni: wprowadzanie oprogramowania do celów zarządzania Uczelnią (system kadrowy, finansowo-księgowy itd.), organizacja użytkowania uczelnianego terminalu systemu CYBER 73 (zdalna współpraca z dużą maszyną CDC 6400 zlokalizowaną w Instytucie Badań Jądrowych w Świerku pod Warszawą), doradztwo w sprawach polityki zakupów komputerów i organizacji ośrodków obliczeniowych, a także coroczna obsługa egzaminów wstępnych i procesu rekrutacji na studia. Znaczna część oprogramowania (dla komputera ODRA 1304) jest projektowana i eksploatowana siłami pracowników Instytutu, a system do obsługi rekrutacji na studia (Henryk Stelmasik, Włodzimierz Zuberek) wkrótce będzie wykorzystywany w innych polskich uczelniach (np. AGH w Krakowie).

TEMATYKA BADAŃ NAUKOWYCH W INSTYTUCIE

Znamienną ewolucję przechodzi tematyka prowadzonych w Instytucie badań. Nadal — jak w poprzednich latach — analizowane są niezawodnościowe aspekty systemów cyfrowych, jednak w ślad za tendencjami rozwojowymi w światowej informatyce w publikacjach i dok-

⁷ Warto dodać, że sam termin „informatyka” zaczął z wolna wchodzić w użycie w Polsce od 1968 roku z inicjatywy Romualda Marczyńskiego, który zgłosił taką propozycję na ogólnopolskiej konferencji w Zakopanem. Wcześniej mówiono raczej o „elektronicznej technice obliczeniowej”, „maszynach matematycznych”, „elektronicznych maszynach cyfrowych”, „cybernetyce technicznej” itp. Samo słowo „komputer” zadomowiło się zresztą na dobre w polskim języku jeszcze znacznie później. Trudno podać jakąś konkretną datę, lecz w każdym razie „minikomputer” (u nas — lata siedemdziesiąte) był wcześniejszy.

⁸ Jacek Bańkowski i Konrad Fiałkowski byli pierwszymi absolwentami specjalności „Maszyny Matematyczne”, którzy habilitowali się na Wydziale (1966), a potem — uzyskali tytuł profesora nadzwyczajnego (1973).

⁹ W 1976 r. Instytut Informatyki liczył łącznie 145 pracowników, w tym 30 nauczycieli akademickich.

toratach pracowników coraz wyraźniej pojawiają się nowe zagadnienia: teoria i metody projektowania systemów operacyjnych, modelowanie współbieżności i ocena wydajności systemów, a także projektowanie i weryfikacja układów mikroprogramowanych.

W tradycyjnej dla Instytutu tematyce niezawodnościowej ośrodek zainteresowań przesuwa się w kierunku metod testowania i diagnostyki układów, a także układów i systemów tolerujących uszkodzenia. Jan Zabrodzki uzyskuje (w 1978 r.) habilitację za rozprawę na temat projektowania układów elektronicznych z uwzględnieniem rozrzutu parametrów, a równolegle opracowuje metodykę testowania mikroprocesora 8080, przekazaną (w 1978 r.) do praktycznego zastosowania w produkcji układów scalonych w warszawskim CEMI. W tymże samym roku — 1978 — habilituje się Krzysztof Sapiecha (teorie i metody wyznaczania testów diagnostycznych dla układów asynchronicznych oraz projektowanie układów łatwo testowalnych). Stanisław Budkowski jest od 1975 r. regularnym członkiem komitetu programowego dorocznych międzynarodowych konferencji FTC (*Fault Tolerant Computing*) oraz FTSD (*Fault Tolerant Systems and Diagnostics*). Jest także — wspólnie z Przemysławem Prusinkiewiczem (doktorat w 1978 r.) — autorem kilku prac na temat kodów korekcyjnych. Zagadnień układów asynchronicznych o podwyższonej niezawodności dotyczy rozprawa doktorska Janusza Sosnowskiego (1976 r.), który będzie potem nadal pracował nad metodami testowania układów i systemami odpornymi na błędy, uzyska habilitację (1993 r.) i będzie kontynuował te badania do dnia dzisiejszego. Wszystko to sprawia, że tematyka niezawodności, diagnostyki i testowania, odporności na uszkodzenia itp. — a więc wiarygodności systemów — pozostaje niejako tradycyjną dziedziną badań w Instytucie.

Metodami opisu i projektowania systemów operacyjnych dla specjalizowanych maszyn cyfrowych zajęli się natomiast Wacław Iszkowski i Marek Maniecki. Rezultatami ich badań była nie tylko ich wspólna rozprawa doktorska (1977 r.), lecz również wykład i laboratorium wykorzystujące do celów dydaktycznych opracowane przez nich środowisko programowe i język JOS. Tematykę tę rozszerzą wkrótce o zagadnienia programowania współbieżnego, napiszą znany podręcznik (*Programowanie współbieżne*, 1981 r.) i będą kontynuowali te prace aż do odejścia z Uczelni na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych.

Teoria i modele systemów współbieżnych stanowią w ogóle „gorący” temat w informatyce lat siedemdziesiątych. Szczególnego impulsu w ich rozwoju dostarczyło ponowne „odkrycie” w 1974 r. modelu formalnego, który już kilka lat wcześniej sformułował niemiecki teoretyk Carl Adam Petri. Chodziło o tzw. sieci Petriego, bliski intuicji i jednocześnie formalny model umożliwiający opisanie zachowań współbieżnych i koordynujących się procesów, konkurujących o wspólne zasoby. W Instytucie tematykę tę podjął Włodzimierz Zuberek, który w swej rozprawie doktorskiej (1978 r.) i w szeregu publikacji sformułował jeden z pierwszych, często potem cytowany w świecie, model *sieci Petriego z czasem*.

Problematyka ta wiąże się ściśle z *analizą wydajności*, to znaczy próbą formułowania odpowiedzi na *ilościowe* pytania dotyczące zachowania systemu: jaki jest czas odpowiedzi systemu, ile zadań jest on w stanie obsłużyć w jednostce czasu itd. Pytania tego typu zaczęto stawiać w informatyce już w latach sześćdziesiątych, wraz z pojawieniem się techniki podziału czasu (*time sharing*), wieloprogramowania (*multiprogramming*) i pamięci wirtualnej w dużych systemach komputerowych. W Instytucie Informatyki tematykę tę podjął w 1976 r. Jerzy Mieścicki ze współpracownikami, co w przeciągu kilku lat zaowocowało szeregiem doktoratów na temat analitycznych i symulacyjnych wydajnościowych modeli systemów współbieżnych (Andrzej Pająk, 1979 r.; Małgorzata Kalinowska-Iszkowska, 1980 r.; Anna Hać, Jacek Stochlak, Helena Szczerbicka, 1982 r.) i również znalazło kontynuację w latach osiemdziesiątych i później.

Nowe oblicze uzyskują także badania nad techniką mikroprogramowania, która była praktycznie stosowana już w komputerach EMC, UMC 1 i UMC 10. Wraz z pojawieniem się układów scalonych średniej skali integracji mikroprogramowanie zaczyna odgrywać rolę ważnego sposobu konstruowania układów sterowania, stanowiących poziom pośredni (*firmware*) pomiędzy sprzętem (*hardware*) a oprogramowaniem (*software*). Stanisław Budkowski wraz ze współpracownikami z Instytutu (Igor Hansen, Andrzej Papliński, Przemysław Prusinkiewicz) i z PAN (m.in. Jacek Blikle, Piotr Dembiński) podejmuje próbę zastosowania formalnych metod do specyfikacji i weryfikacji poprawności mikroprogramów. Zostaje opracowany język opisu mikroprogramów MIDDLE (lata 1977–78), powstają rozprawy doktorskie (Hansen, 1979 r.; Papliński, 1980 r.), oraz szereg wspólnych publikacji. Nieco później (lata 1981–82) powstaje

środowisko do symulacji i weryfikacji mikroprogramów zapisanych w MIDDLE. Niestety, wkrótce potem wszyscy członkowie tego zespołu rozjadą się po świecie, podobnie zresztą, jak wiele innych osób z Instytutu. Będzie o tym mowa dalej.

PROJEKT KRTM (UMC 20)

W 1972 r. Instytut rozpoczyna duży projekt, który na dobrych kilka lat zintegruje badania znacznej części zespołu. Chodzi o budowę własnego systemu minikomputerowego o roboczej nazwie KRTM 20, przewidzianego głównie do przygotowywania i wstępnej edycji danych w ośrodkach obliczeniowych. Wszystko wskazywało na to, że będzie to kolejny sukces Instytutu. Przewidywano, że system będzie produkowany w zakładach MERAMAT na warszawskim Służewcu.

Młodszym czytelnikom wypada uświadomić, że podstawowym nośnikiem danych i programów wprowadzanych do komputera były wówczas wciąż karty perforowane. Każdy ośrodek obliczeniowy zużywał ich całe tony. Programista (lub osoba przygotowująca dane do obliczeń) pisał swój program (lub dane) na odpowiednim formularzu i składał go w dziale dziurkowania kart, którego personel (posługując się klawiaturą dziurkarki kart) przenosił ciągi znaków z dokumentu źródłowego na owe karty dziurkowane. Operator dziurkarki nie widział zawartości całego wprowadzanego wiersza. O monitorach ekranowych czy choćby ciekłokrystalicznych znakowych wyświetlaczach w dziurkarkach kart nie było mowy: dane wprowadzało się praktycznie „na ślepo”, bez możliwości wykrycia i skorygowania choćby prostego manualnego błędu.

System KRTM 20 był pomyślany jako remedium na te kłopoty. Z informatycznego punktu widzenia miał to być uniwersalny system minikomputerowy (nazwany UMC 20), wykonany w technologii układów scalonych średniej skali integracji, przewidziany do jednoczesnej obsługi kilkunastu stanowisk z klawiaturami i monitorami ekranowymi, o współczesnej architekturze, z własnym, oryginalnym, wieloprotocowym systemem operacyjnym. Oprogramowanie aplikacyjne miało go jednak przystosowywać do roli wysoce ulepszonych systemu rejestrowania danych wprost na taśmie magnetycznej¹⁰, z pominięciem kart perforowanych. Operator terminalu widział wprowadzany tekst na znakowym monitorze ekranowym, system mógł kontrolować na bieżąco składniową poprawność tekstu, operator miał możliwość dokonywania poprawek i definiowania formatu pliku do zapisu na taśmie magnetycznej itd., co znacznie ułatwiało i przyspieszało współpracę z „właściwym” systemem obliczeniowym, a ponadto — powodowało wielką oszczędność papieru.

Dla zespołu Instytutu projekt UMC 20 (KRTM) był znakomitym, całościowym sprawdzianem profesjonalnej kompetencji i samodzielności. Rozpoczynał się od bardzo ogólnych założeń funkcjonalnych, a wymagał zaprojektowania i realizacji właściwie wszystkiego, co składało się na system komputerowy: architektury procesora, listy rozkazów, jednostki arytmetyczno-logicznej, układu sterowania, układu przerwań, jednostek sterujących urządzeń zewnętrznych itd., a także oprogramowania: od jądra systemu operacyjnego do systemu plików i sterowników urządzeń, od assemblera i innych elementów systemowego środowiska programistycznego do oprogramowania aplikacyjnego. W projekcie brało udział w sumie około 40 pracowników Instytutu. Całością prac kierował Jerzy Szewczyk. W rezultacie, w latach 1974–75, powstał bardzo udany, w pełni fizycznie zrealizowany prototyp sprzętu systemu (Andrzej Papliński, Marian Łakomy, Zbigniew Dudek i inni), a wkrótce potem uruchomiono system operacyjny MISS (Jan Bielecki, Aleksander Wigura i inni) oparty na pojęciu procesu, z konsekwentnymi mechanizmami zarządzania procesami i zasobami, a zatem swą nowoczesnością i możliwościami przypominający (nieprzypadkowo) znany od kilku lat UNIX, znacznie przewyższający dość prymitywne systemy operacyjne współczesnych mu minikomputerów. Zaprojektowano kilka wersji assemblera MAAS i inne elementy oprogramowania systemowego (konsolidator LINK, debugger, edytor itd.), a wreszcie program SFINX do kontroli poprawności wprowadzanych dokumentów źródłowych (Andrzej Pająk, Grzegorz Prochowski, Jan Sobolewski).

¹⁰ Stąd nazwa KRTM: Klawiaturowy Rejestrator na Taśmie Magnetycznej.

Młodsze pokolenie informatyków nie zdaje sobie chyba sprawy, jak koncepcyjnie i technicznie złożonym przedsięwzięciem była wówczas budowa „od zera” takiego systemu komputerowego. Gotowe, scalone mikroprocesory zaczęły się pojawiać dopiero kilka lat później; wtedy trzeba było zaprojektować i własnoręcznie wykonać z układów o małej i średniej skali integracji całe „logiczne wnętrze” procesora. Teraz, standardową klawiaturę można kupić za kilkadziesiąt złotych, wówczas — trzeba było zdecydować się na sposób kodowania znaków, zaprojektować i zamówić, a potem zmontować i plastikowe klawisze, i konstrukcję mechaniczną, i logiczne układy wchodzące w skład klawiatury. Nie było czegoś takiego, jak gotowy monitor ekranowy. W systemie KRTM rolę tę odgrywały odpowiednio przerobione radzieckie turystyczne telewizorki Junost’ 603. Był to jednak rarytas bardzo poszukiwany na rynku, więc zakup dziesięciu czy dwudziestu sztuk jednocześnie wymagał poważnej urzędowej korespondencji i zgody ze strony wysokich czynników. „Zorganizowanie” zachodnich dewiz na zakupy układów scalonych średniej skali integracji nie było łatwe; na szczęście Instytut sam zarabiał pewne kwoty dewiz na eksporcie urządzeń ANOPS. Ale nowsze typy układów, dobrze znane projektantom i potrzebne w projekcie, często niestety znajdowały się na tzw. „liście COCOM”¹¹, to znaczy były objęte strategicznym embargiem i zachodnim producentom nie wolno było ich sprzedawać do krajów obozu wschodniego. Na tej liście były na przykład również generatory znaków, bez których nie może się praktycznie obejść żaden monitor alfanumeryczny. Oczywiście, szybko udało się przywieźć z Zachodu „w kieszeni” kilka sztuk tych układów i wkrótce skonstruowano sterownik, dzięki któremu (w trybie podziału czasu i przy odpowiedniej synchronizacji) jeden generator znaków wyświetlał znaki alfanumeryczne na ośmiu (czy może nawet szesnastu) telewizorach Junost. Trochę to śmieszne, trochę straszne, ale takie były realia.

Ostatecznie, system KRTM 20 nie doczekał się jednak seryjnej produkcji. Przewidywany producent (MERAMAT) wycofał się ze wspólnych planów, gdyż otrzymał zgodę i fundusze na zakup licencji na zbliżony funkcjonalnie brytyjski system SEECHECK. Po odpowiedniej adaptacji do standardów RWPG, system ten był później produkowany jako MERA 9150.

Instytut Informatyki uratował natomiast projekt KRTM 20, wykorzystując dobre tradycje współpracy z polską geodezją. System minikomputerowy UMC 20 wyposażono w kompilator pełnego ANSI FORTRAN IV (Jan Bielecki, Aleksander Wigura, Marek Suchenek) oraz bibliotekę funkcji do obliczeń geodezyjnych. Następnie, na zlecenie Zjednoczenia Przedsiębiorstw Geodezyjnych i Kartograficznych (GEOKART), w Zakładzie Doświadczalnym Instytutu wykonano w sumie siedem egzemplarzy systemu, które (zainstalowane w latach 1979–83, tym razem pod nazwą GEO 20) w siedmiu (wszystkich siedmiu) okręgowych przedsiębiorstwach geodezyjnych i kartograficznych w Polsce stanowiły do końca lat osiemdziesiątych podstawowe komputery obliczeniowe dla tej dziedziny w naszym kraju.

INNE PROJEKTY BADAWCZO-ROZWOJOWE

Projekt UMC 20, choć największy, nie był jedynym przedsięwzięciem badawczo-rozwojowym tamtego okresu. Wytwarzano nadal specjalizowane komputery ANOPS i GEO (była o tym mowa wcześniej). Zespół Krzysztofa Sapiechy opracował ponadto i wykonał prototyp innego minikomputera (UMB — Uniwersalny Moduł Biomedyczny), przeznaczonego do rejestracji w czasie rzeczywistym i przetwarzania sygnałów bioelektrycznych z organizmu ludz-

¹¹ COCOM był to wspólny komitet powołany przez kraje NATO, mający na celu przeciwdziałanie sprzedaży do ZSRR i krajów socjalistycznych najnowszych technologii (w tym elektronicznych i informatycznych), mających znaczenie strategiczne. Na liście COCOM były w swoim czasie i komputery o pamięci RAM przekraczającej 256 kB (!) i — później — mysz komputerowa. Oczywiście, Obóz Wschodni odpowiedział na to gorączkowymi próbami zdobywania i kopiowania urządzeń i układów z listy COCOM. Odpowiedzią na strategiczne ograniczenia COCOM-u było również wprowadzenie tzw. „listy preferencyjnej”, to znaczy centralnego (w skali RWPG) wykazu układów scalonych i podzespołów, których wytwarzanie (oczywiście, z nieuchronnym kilkuletnim opóźnieniem) opanowano w krajach socjalistycznych. Tylko takich układów wolno było używać w urządzeniach elektronicznych produkowanych przemysłowo w krajach RWPG. Lista preferencyjna miała uniezależnić gospodarkę krajów RWPG i armię Układu Warszawskiego od Zachodu, ale jednocześnie stanowiła solidną, instytucjonalną gwarancję technologicznego zapóźnienia tych krajów.

kiego. UMB był wykorzystywany w badaniach nad medycznymi aspektami sportu wyczynowego w Akademii Wychowania Fizycznego w Warszawie. W 1979 r. podjęto konstrukcję nowej wersji tego specjalizowanego komputera (UMB 10). Bardzo interesująco zapowiadał się inny projekt, rozpoczęty w 1976 r. w Zakładzie Doświadczalnym, a mianowicie specjalizowane urządzenie WEGA, przeznaczone do rejestracji i przetwarzania sygnałów geofizycznych, powstających w wyniku odbić sygnału wymuszającego od wewnętrznych struktur geologicznych w toku poszukiwań złóż ropy i gazu ziemnego. Ukończony w 1979 r. prototyp (Grzegorz Malanowski) bardzo dobrze sprawdził się w próbach terenowych. Geologowie doskonalili algorytmy wnioskowania o prawdopodobnym położeniu złóż i weryfikowali je za pomocą tradycyjnych wierceń. Zgodność była bardzo dobra. Na podstawie tych doświadczeń, w latach 1981–84, skonstruowano nową wersję WEGA D-02 (Cezary Stępień, Jan Zabrodzki), która również była wykorzystywana w badaniach terenowych. Niestety, i to urządzenie poszło w niepamięć: podobnie jak wiele innych projektów pochłonął je kryzys ekonomiczny drugiej połowy lat osiemdziesiątych.

LATA 1978–1989

ZMIANY PERSONALNE

Jesienią 1978 roku, wraz z końcem kadencji, Antoni Kiliński przechodzi na emeryturę. Poprowadzi jeszcze kilka rozpoczętych pod jego opieką doktoratów, w kilku innych będzie recenzentem, ukończy i doprowadzi do ukazania się swej książki o pojęciu jakości. Wkrótce potem (w 1980 r.) odejdzie również z Instytutu dr Jerzy Szewczyk, Zastępca Dyrektora do spraw Zakładu Doświadczalnego, który był od 1962 r. „prawą ręką” Profesora. Doskonale się z nim rozumiał, w pełni identyfikował się z jego polityką integrowania działalności Instytutu wokół projektów realizowanych w Zakładzie i — jako dynamiczny i sprawny organizator — sam był w znacznej mierze współtwórcą sukcesu większości projektów badawczo-rozwojowych Instytutu. Odejście tych dwóch znaczących osób kończy pierwszy, pionierski okres w dziejach Instytutu Informatyki. Kierownictwo Instytutu obejmuje Jerzy Mieścicki (na czas kadencji 1978–81), potem przez sześć lat (1981–87) dyrektorem będzie Jan Zabrodzki, kierownikiem Ośrodka Obliczeniowego Henryk Stelmasik, a kierownikiem Zakładu Doświadczalnego Andrzej Skorupski.

TEMATYKA BADAWCZA INSTYTUTU

Na początku tego okresu wszystko wskazuje na to, że Instytut ma już dobrze sprecyzowaną tematykę badawczą, dydaktyczną i konstrukcyjną, wypracowaną w latach siedemdziesiątych. Obok zaawansowanych projektów o tradycyjnym dla Instytutu inżynierskim charakterze (ANOPS, GEO, WEGA, UMB, KARDIO itd.) rozpędu nabierają prace o tematyce bardziej teoretycznej: teoria i projektowanie systemów operacyjnych, modele współbieżności, weryfikacja mikroprogramów, diagnostyka i testowanie układów o podwyższonej niezawodności. Nie obywa się przy tym bez dyskusji, kontrowersji, a nawet napięć wokół generalnej polityki naukowej Instytutu, zwłaszcza dotyczącej proporcji między dominującymi dotąd projektami o charakterze praktycznym a badaniami prowadzącymi do wyników bardziej teoretycznych, ukierunkowanymi przede wszystkim na ich publikowanie.

Badania te zaczynają zresztą już owocować, co jest widoczne w postaci zwiększonej liczby doktoratów, podręczników i opracowań o tematyce „teoretyczno-systemowej” w końcu lat siedemdziesiątych i na początku osiemdziesiątych. Pisaliśmy o tym wcześniej. Dotyczy to również dziedziny projektowania sprzętu. Marian Łakomy i Jan Zabrodzki publikują podręczniki, używane potem przez wiele roczników studentów (*Cyfrowe układy scalone*, PWN, 1974 r.; *Liniowe układy cyfrowe w technice cyfrowej*, PWN, 1979 r.). Jednocześnie zespół pod kierownictwem Andrzeja Skorupskiego projektuje Modułowy System Mikroprocesorowy (MSM, lata 1979–81), który stanie się podstawą laboratorium projektowania systemów

mikrokomputerowych, a także wielu projektów wykonywanych w Zakładzie Doświadczalnym. MSM jest potem nieustannie unowocześniany, w ślad za rozwojem światowej techniki mikroprocesorowej. Na przykład, od 1983 r. są w nim uwzględniane mikroprocesory 16-bitowe i systemy operacyjne CP/M i ISIS, a w 1984 r. rusza sieciowe połączenie *on-line* między laboratorium MSM a komputerem ODRA 1304 w Ośrodku Obliczeniowym. Powstają także inne rozwiązania, np. Analizator Stanów Logicznych ASL-80 (Jan Zabrodzki, Witold Żaba), monitor szyny (wykonany potem w latach 1982–85 w ośmiu egzemplarzach dla różnych instytutów Wydziału) czy programator pamięci ROM (Marek Pawłowski, Andrzej Woźniak, 1983 r.), który — stale unowocześniany — będzie produkowany w Instytucie przez 10 lat na zamówienie wielu instytucji (m.in. CEMI, Zakłady w Błoniu itp.).

NIEPOKOJE, NADZIEJE I ZWĄPIENIA POCZĄTKU DEKADY

Ale czas niezbyt sprzyja spokojnej pracy naukowej i regularnemu pomnażaniu dorobku zawodowego. Przełom lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych, pierwsze lata osiemdziesiąte — to w Polsce czas szczególnie. W społeczeństwie wyczuwa się narastające niezadowolenie. Żyje się coraz trudniej. Cukier kupuje się „na kartki” już od 1976 roku, mięsa brakuje od dawna, teraz już zaczyna brakować benzyny, masła... Praktycznie wszystkiego. Najprostsze, codzienne zakupy trzeba opłacić wielogodzinnym oczekiwaniem w kolejkach. Telewizja i prasa promieniują urzędowym optymizmem, ale ludzie czują niepokój, napięcie, znużenie. Wreszcie, w lipcu i sierpniu 1980 r. frustracja i potrzeba zmian wybucha w postaci masowych strajków. Powstaje NSZZ Solidarność. Długo tłumiona aktywność ludzka ujawnia się w organizowaniu Związku, w dyskusjach, zebraniach, postulatach. Po kilkunastu miesiącach gorączkowej aktywności, huśtawki nerwów i nadziei — następuje niespodziewane wprowadzenie stanu wojennego (grudzień 1981 r.). Wojskowe patrole na ulicach pokrytego śniegiem miasta, głucho telefony, oba programy telewizyjne pełne nachalnej propagandy, godzina milicyjna, wieści o internowanych znajomych. I kolejki, kolejki, i kartki na wszystko. *Point de réveries, messieurs*; koniec marzeń, panowie. Zapowiada się długa, długa zima.

EXODUS

W takiej sytuacji, gdy tylko złagodzenie przepisów stanu wojennego przywraca możliwość podróżowania za granicę — wielu Polaków podejmuje decyzję o opuszczeniu kraju, w poszukiwaniu lepszych perspektyw zawodowego rozwoju, lepszego losu dla swoich rodzin. Dotyczy to oczywiście nie tylko informatyków, jednak specjaliści z tej dziedziny szczególnie łatwo znajdują miejsce za granicą. Dodatkowo, absolwenci informatyki kończący studia na naszym Wydziale i pracownicy Instytutu cieszą się opinią osób twórczych, dobrze przygotowanych zawodowo, bardzo samodzielnych i łatwo dostosowujących się do nowych wyzwań. To nie przypadek: ten, kto potrafił „od zera” zbudować procesor, fragment wieloprotocowego systemu operacyjnego, assembler czy kompilator Fortranu, nie przeleknął się nowej wersji systemu, mikroprocesora czy nowego języka programowania, zwłaszcza, jeśli ma luksusowy (w stosunku do tego, do czego przywykł) dostęp do dokumentacji, komputera, dobrze wyposażonego laboratorium. Dlatego w pierwszej połowie lat osiemdziesiątych wiele osób odchodzi z zespołu Instytutu i rozprasza się po całym świecie. Co najmniej sześćdziesięciu kolegów ze stopniem doktora, którzy opuścili Polskę w tamtym właśnie okresie, jest obecnie profesorami wyższych uczelni na kilku kontynentach — od Australii po Hawaje. Ich odejście zubożyło potencjał intelektualny Instytutu. Decyzję o odejściu z Uczelni (choć niekoniecznie o wyjeździe z kraju) podejmują też inne osoby. Dodatkowo, nowa ustawa o szkolnictwie wyższym likwiduje (od 1982 r.) stanowisko tzw. docenta kontraktowego, które zajmował w Instytucie Jerzy Mieścicki. Dawało ono (choć na czas określony) wszystkie uprawnienia przysługujące „samodzielnemu pracownikom naukowym”, w tym — prawo kierowania pracami doktorskimi, których Jerzy Mieścicki zresztą wypromował sześć. W ten sposób, w omawianym krótkim okresie, z personelu Instytutu ubywa z różnych powodów łącznie trzech „samodzielnymi” pracowników (Kiliński, Budkowski, Mieścicki). Utrudnia to proces rozwoju kadry, tak pożądany w sytuacji, gdy jednocześnie ze stosunkowo nielicznego zespołu odchodzi ośmiu doktorów.

PRACE INSTYTUTU W POŁOWIE LAT OSIEMDZIESIĄTYCH

Mimo tych trudności Instytut kontynuuje swą misję. Zespół zgromadzony wokół Stanisława Budkowskiego wprawdzie rozpadł się, jednak badania nad formalną weryfikacją mikroprogramów (język i środowisko MIDDLE) toczą się nadal (Marek Gondzio, doktorat w 1989 r.). Jerzy Mieścicki, mimo uszczerplenia zespołu o troje świeżo wypromowanych doktorów, formułuje oryginalny model systemu cyfrowego: Sieci Sterowane Zdarzeniami, który będzie przedmiotem badań przez kilka lat, a następnie w drodze ewolucji przekształci się w formalny model systemu współbieżnego (CSM — *Concurrent State Machines*). Także Wacław Iszkowski, Marek Maniecki i Małgorzata Kalinowska-Iszkowska kontynuują pracę nad projektowaniem systemów operacyjnych. W 1986 r., nakładem PWN, ukazuje się ich książka pt. *Projektowanie systemów operacyjnych w ujęciu syntetycznym*. W tymże samym roku, również nakładem PWN, ukazuje się monografia Krzysztofa Sapiechy pt. *Testowanie i diagnostyka systemów cyfrowych*, która wkrótce otworzy autorowi drogę do tytułu profesorskiego. To oczywiście kontynuacja uprawianej od dawna „niezawodnościowej” tematyki Instytutu. Osiągnięcia na tym polu mają także inne osoby: Krzysztof Walczak przygotowuje rozprawę habilitacyjną, poświęconą hierarchicznemu wyznaczaniu testów, którą obroni w 1988 r. Znaczny dorobek naukowy gromadzi Janusz Sosnowski, również zmierzający do habilitacji.

Zespół zgrupowany wokół Jana Zabrodzkiego coraz głębiej angażuje się w problematykę zaawansowanej grafiki komputerowej i związanych z nią urządzeń, zwłaszcza do celów generowania obrazów w czasie rzeczywistym. Nabyta kompetencja i doświadczenia spowodują, że zespół Jana Zabrodzkiego rozpocznie wkrótce pracę nad projektem SLOT: wizualizacja w czasie rzeczywistym na potrzeby symulatora lotniczego, mającego służyć treningowi pilotów. Równolegle w tymże zespole kontynuowane są badania nad projektowaniem układów cyfrowych i systemów mikroprocesorowych. Marian Łakomy i Jan Zabrodzki wydają nowe podręczniki: *Scalone przetworniki analogowo-cyfrowe i cyfrowo-analogowe* (PWN, 1985 r.); *Układy scalone CMOS* (PWN, 1991 r.). Dwie osoby uzyskują stopień doktora (Cezary Stępień w 1983 r., Michał Rudowski w 1986 r.). Głównie dzięki zespołowi zgrupowanemu wokół J. Zabrodzkiego w roku akademickim 1986/87 zostaje uruchomione Studium Podyplomowe Systemów Mikroprocesorowych, którego kierownikiem jest Cezary Stępień.

Kontynuując wspomniane już poprzednio projekty badawczo-rozwojowe, Instytut podejmuje nowe tematy. Oto w latach 1982–83 powstaje projekt koncentratora danych KD 02 dla Kopalni Siarki w Tarnobrzegu (Janusz Sosnowski). Z wykorzystaniem tego urządzenia jest budowana sieć zbierania danych o przebiegu procesu technologicznego kopalni, rozłożonej na rozległym obszarze. To duży rozproszony system przemysłowy. Co więcej, urządzenia muszą pracować w trudnych warunkach atmosferycznych i w agresywnym chemicznie środowisku. Projekt zostaje wykonany z sukcesem. Do 1987 r. Instytut wytworzy 11 sztuk koncentratorów, dalsze 11 wykonano do 1989 roku. Ponadto opracowano oryginalny zestaw testerów przemysłowych.

Ośrodek Obliczeniowy w Gmachu Głównym PW, który wciąż jest częścią Instytutu Informatyki, doprowadza wreszcie (w 1987 r.) do całkowitego wyeliminowania technologii opartej na zastosowaniu kart dziurkowanych. Staje się to możliwe dzięki wprowadzeniu systemu przygotowania danych MERA 9150 — tego samego, który trzynaście lat wcześniej „zagroził drogę” oryginalnej konstrukcji Instytutu (KRTM 20) do seryjnej produkcji w warszawskich zakładach MERAMAT. Teraz przed Ośrodkiem staje nowe zadanie. Uczelnia otrzymuje (w 1986 r.) dar z Uniwersytetu w Darmstadt (RFN): komputer (*mainframe*) IBM S/370. Komputer jest wprawdzie nie najnowszy (z lat siedemdziesiątych), używany i dla ofiarodawców już przestarzały, lecz sprawny i funkcjonalnie znacznie przewyższający zarówno podstawowy komputer ośrodka, ODRA 1305, jak i inne eksploatowane w Instytucie maszyny (ODRA 1304 oraz klon minikomputera PDP 11, czyli SM-4, jeśli nie liczyć własnych konstrukcji). Zespół Instytutu ma zainstalować podarowany komputer, poznać nowy system i prowadzić jego eksploatację.

Równocześnie, od 1983 r., w Zakładzie Doświadczalnym prowadzone są prace nad nowym, oryginalnym minikomputerem GEO 3 (Zbigniew Dudek, Aleksander Wigura, Janusz Skolimowski). Ma to być mały, podręczny komputer obliczeniowy, wyposażony w specjalizowane urządzenia zewnętrzne do celów kartograficznych i we własny system programowania (SIGMAL), zbliżony do BASIC-u. Dobra renoma Instytutu w środowisku geodezji pozwa-

la przypuszczać, że przedsiębiorstwa geodezyjne i kartograficzne będą chętnie kupować to urządzenie. Mówi się, że małoseryjna produkcja powinna ruszyć za dwa, trzy lata.

Trudno było przewidzieć, że za owe dwa — trzy lata gotowy, bardzo funkcjonalnie zbliżony komputer (może jedynie bez specjalizowanych urządzeń) będzie można już sobie kupić prywatnie, do domu. Będzie się nazywał zapewne Amstrad, Amiga lub wręcz IBM PC.

NOWA REWOLUCJA W INFORMATYCE

Istotnie, za oceanem dojrzeła tymczasem nowa rewolucja informatyczna. W kalifornijskim garażu Steve Wozniak i Steve Jobs już skonstruowali swój prototyp komputera Apple. Technologicznie — niby nic nowego: znane mikroprocesory, układy LSI, języki programowania. My też je dobrze znamy, ale tam są one łatwo dostępne, nawet dla amatorów. Jednocześnie tworzy się nowy, oszałamiający potencjalną wielkością krąg użytkowników: prywatni, nieprofesjonalni nabywcy, którym trzeba dać prosty, obrazkowy, łatwy w użyciu sposób porozumiewania się z systemem — okna na ekranie, rozwijające się menu, mysz. W Wielkiej Brytanii sir Clive Sinclair już zbudował swój ZX Spectrum: ośmiobitowy mikroprocesor Z80, dziwaczna klawiatura, domowy telewizor jako monitor, magnetofon kasetowy jako pamięć zewnętrzna, wbudowany Basic, prymitywna grafika, pierwsze gry... Ale cena już dostosowana do kieszeni prywatnego użytkownika. Wkrótce ruszy lawina: Atari, Amstrad, Sharp, Commodore, Amiga...

Błękitny gigant, „Big Blue”, IBM, z początku pobłażliwie patrzy na harce tej drobnicy, gdy jednak orientuje się, że to wcale nie żarty — podejmie kontrofensywę i wkrótce wyjdzie na czoło. Jego „komputer osobisty”, IBM PC, przechodzi ewolucję od pierwszych XT i AT z połowy lat osiemdziesiątych do obecnych maszyn, z których każda ma szybkość *prawie* tysiąc razy większą, a pamięć operacyjną *ponad* tysiąc razy większą od pierwszych domowych mikrokomputerów. Już na samym początku IBM podejmuje znakomitą strategiczną decyzję: przemyka oko na fakt, że jego komputery osobiste są bezczelnie kopiowane przez setki firm elektronicznych z całego świata. IBM decyduje tym samym, że nie musi zarabiać na sprzedaży domowych komputerów. W zamian jednak osiąga to, że powstaje ogromne, masowe zapotrzebowanie na *software* — na tym *dopiero* się zarabia. To zresztą dodatnie sprzężenie zwrotne: masowość produkcji sprzętu i podzespołów prowadzi do obniżenia ceny, zatem liczba użytkowników — a więc również zapotrzebowanie na oprogramowanie — wzrasta. Producent oprogramowania oferuje nowe wersje swych produktów, wymagające z zasady rozbudowy sprzętu: pamięci, pojemności dysku, szybszego procesora. Buduje to popyt na sprzęt, więc napędza masową produkcję podzespołów. Tak koło się zamyka i obraca coraz szybciej. Wyrastają na tym całe gałęzie gospodarki, nie tylko w USA i Japonii, lecz także na Tajwanie, w Korei, Hongkongu, Singapurze. Pewnego dość przeciętnego studenta, który niezbyt daleko w naukach się zapędził, produkcja *software’u* czyni w ciągu kilku lat najbogatszym człowiekiem świata. Kluczem do sukcesu staje się nie funkcjonalna doskonałość, lecz agresywny marketing i bezwzględna polityka rynkowa: odbiorcami są przecież nie profesjonalni informatycy, lecz prywatni ludzie, skłonni do zachwyty nad wszystkim co nowe i komputerowe. Drobniejsze płotki po prostu giną; także prekursor i główny konkurent na rynku komputerów osobistych, Apple, nie wytrzymuje trudów wyścigu i popada w kłopoty, trwające do dziś. Dzieje się tak, pomimo że Apple’a Macintosh wyprzedza o kilka lat inne komputery tego typu nowatorskimi pomysłami systemowymi, zaś o jego oprogramowaniu mówi się, że jest stabilniejsze, bardziej niezawodne i prawdziwie profesjonalnej jakości.

NARASTAJĄCY KRYZYS EKONOMICZNY I POLITYCZNY „OBOZU SOCJALISTYCZNEGO”

W naszej części politycznego świata mamy problemy inne, niż rewolucja informatyczna. W naszej podróży przez historię dotarliśmy do lat 1986–87: zjawiska kryzysowe, których objawy można było obserwować już od dawna, teraz nasilają się i nieuchronnie prowadzą do wniosku, że dalej tak już być nie może. Konieczna jest radykalna zmiana dotychczasowego modelu działania. Na najszerszej płaszczyźnie politycznej — prowadzi to Michaiła Gorba-

czowa (od 1985 r. Sekretarza Generalnego Komunistycznej Partii Związku Radzieckiego) do prób naprawiania ustroju komunistycznego. W Polsce stan wojenny odwołano już dawno i władza podtrzymuje pozory normalności. Jednak — w przeciwieństwie do Michaiła Gorbaczowa — między Bugiem a Odrą wszyscy zdają sobie sprawę, że „ta czaszka się już nie uśmiechnie”. Narasta wyraźny kryzys ekonomiczny, rusza inflacja, która wkrótce osiągnie rozmiary klęski. Dziś wiemy, do czego to w końcu doprowadzi: do prób uzyskania społecznego porozumienia wokół „odgórnice” wprowadzanych wątych zmian, do „okrągłego stołu”, wreszcie — do faktycznej zmiany ustroju, najpierw w Polsce, a potem jesienią 1989 r. — lawinowo — w innych krajach dotychczasowego obozu socjalistycznego.

TRUDNOŚCI DRUGIEJ POŁOWY LAT OSIEMDZIESIĄTYCH

Na razie jednak o „okrągłym stole” nikt nawet nie myśli. Coraz wyraźniej daje się za to we znaki kryzys ekonomiczny, a przede wszystkim inflacja. Oczywiście, jej skutki odczuwają wszyscy, zarówno w życiu prywatnym, jak i w działalności różnych instytucji. Instytut Informatyki jest nią jednak dotknięty chyba bardziej niż inne instytucje. Do tradycji Instytutu należały silne związki z praktyką. Oznaczało to realizację wielu interesujących projektów badawczych, wykonywanych na zamówienie zewnętrznych jednostek: służby zdrowia, geodezji, służb poszukiwań ropy i gazu itd. Z zasady prace były planowane na kilka lat — ponieważ zawierały znaczny element nowości i oryginalności, więc wymagały czasu na dopracowanie koncepcji, a następnie jej techniczną realizację. Tymczasem w warunkach inflacji nikt nie był w stanie przewidzieć, ile środków będzie miał na finansowanie takich badań za rok czy dwa. Zamawiającym instytucjom zaczyna brakować pieniędzy, strumień nowych zamówień zanika, z czasem zamawiający zaczynają wycofywać się nawet z już zawartych umów. Ten los spotka w ciągu kilku lat właściwie wszystkie poprzednio wymienione projekty, które były wykonywane na zamówienie zewnętrznych zlecniodawców.

FALA KOMPUTERÓW OSOBISTYCH

Równocześnie w Polsce już od kilku lat narasta fala zainteresowania komputerami osobistymi. Coraz więcej osób prywatnych przywozi sobie z zagranicy ZX Spectrum, Amigę czy Atari. Niektórzy robią sobie z tego źródło utrzymania. Rozwija się prywatny, z początku półlegalny import małych komputerów. Wkrótce powstają firmy handlujące komputerami, drukarkami, oprogramowaniem, gramami komputerowymi. Popyt na nie jest tak duży, że zostaje zniesione cło na sprzęt i oprogramowanie komputerowe. To decydujący moment: fala rośnie i zalewa całą Polskę taną, najczęściej dalekowschodnią elektroniką. A te małe komputery są coraz lepsze: po ZX Spectrum i Amstradach zaczynają się masowo pojawiać klony IBM PC, najpierw XT, potem AT, 286, 386, a do nich oprogramowanie, różnorodne karty, moduły pamięci. Zaczynają się w nie wyposażać także instytucje. Coraz mniej jest chętnych na oryginalne, unikalne rozwiązania. Cóż z tego, że urządzenie będzie profesjonalnie zaprojektowane i dobrze dostosowane do potrzeb użytkownika, skoro trzeba będzie na nie czekać rok, dwa, a może więcej? Czy wtedy jeszcze będziemy mieć na to środki? Poza tym, kusi niska cena. Urządzenia, choćby najlepsze, wykonywane w pojedynczych egzemplarzach lub co najwyżej małych seriach nie są w stanie wygrać konkurencji z dobrze zorganizowaną, przemysłową produkcją. Za kilka lat z tym problemem boleśnie zderzy się cały polski przemysł elektroniczny, na razie jeszcze chroniony przepisami celnymi.

NOWA KADENCJA 1987–1989

W październiku 1987 r., wraz z początkiem nowej kadencji władz Uczelni, stanowisko dyrektora Instytutu Informatyki obejmuje Krzysztof Sapiecha. Nowa dyrekcja przejmuje Instytut w niełatwej sytuacji. Zespół nauczycieli akademickich, uszczuplony wcześniej o kilka znaczących osób, nie szczędzi wysiłku, aby wykonywać swe podstawowe zadania dydaktyczne i naukowe. Wyposażenie laboratoriów staje się jednak coraz bardziej anachroniczne.

Dość powiedzieć, że w 1987 r., oprócz dotychczas eksploatowanych, starych maszyn ODRA 1305, 1304 oraz SM 4, Instytut posiada jedynie sześć komputerów PC XT. Wprowadzie w 1987 r. w Ośrodku Obliczeniowym rusza podarowany przez Uniwersytet z Darmstadtu *mainframe* IBM S/370, jednakże nie jest to komputer o szczególnych walorach dydaktycznych, a jego opanowanie do celów dydaktycznych, przygotowanie zajęć laboratoryjnych itd. wymaga ogromnego (i nie wiadomo, czy opłacalnego) wysiłku.

Informatycy wiedzą już także, że Ośrodek Obliczeniowy będzie musiał wkrótce podjąć jeszcze znacznie trudniejsze wyzwanie niż eksploatacja wystuzonego S/370. Na całym świecie w uczelniach komputery łączą się w sieci, najpierw lokalne, następnie w ramach wydziałów, następnie w skali całej Uczelni, wreszcie — w sieć o zasięgu światowym. To samo z pewnością czeka Politechnikę Warszawską, zwłaszcza że praktycznie wszystkie instytuty i wydziały zaczynają się wyposażać w sprzęt komputerowy i lokalne sieci już powstają. Osłabiony Instytut Informatyki nie podejmuje się zadania organizacji ogólnouczelnianej sieci. Dlatego w 1988 r. Ośrodek Obliczeniowy w Gmachu Głównym PW zostaje wyłączony ze struktury Instytutu Informatyki i podejmuje działalność jako samodzielna jednostka Uczelni: Centralny Ośrodek Obliczeniowy PW.

Jeszcze trudniejsza jest sytuacja instytutowego Zakładu Doświadczalnego. Do tej pory nie tylko zarabiał on na swoje utrzymanie, lecz stanowił dodatkowe źródło dochodów Instytutu, teraz zaczyna obciążać instytutowy budżet. Zamówienia wynikające z dawniejszych zobowiązań są już nieliczne: koncentratory KD 02 dla Siarkopolu, pewna liczba urządzeń ANOPS i KARDIO. Z nowych udaje się jedynie podjąć prace nad watomierzem całkująco-rejestrującym WATCAR (Zbigniew Dudek, 1988 r.) oraz konwerterem sygnalizacji Nr5/R2 (Zdzisław Braun, lata 1987–92). Były to jednak nieduże projekty, dające zatrudnienie właściwie pojedynczym osobom. W 1988 r. został jeszcze przekazany do produkcji w Zakładzie Doświadczalnym ostatni model urządzenia do przetwarzania sygnałów biomedycznych ANOPS-KARDIO 85 (Andrzej Skorupski, Ryszard Kott, Piotr Smażyński i inni). Popyt na te urządzenia dobiegał jednak kresu.

NOWE MOŻLIWOŚCI

Masowe pojawienie się komputerów w instytucjach, bankach, usługach, szkołach stworzyło informatykom zupełnie nowe możliwości zatrudnienia. To wprowadzie jeszcze nie lata dziewięćdziesiąte, kiedy prywatne firmy komputerowe będzie się liczyć na tysiące, niemniej już w latach 1987–88 zapotrzebowanie na informatyków jest duże. Oprócz firm i instytucji po prostu sprowadzających komputery i instalujących je u użytkownika, powstają pierwsze *software houses*: firmy projektujące oprogramowanie dla odbiorców w Polsce i za granicą, sprzedające oprogramowanie, dostosowujące zachodnie oprogramowanie do warunków polskich itd. Gwałtownie wzrasta także zapotrzebowanie na różne formy szkolenia i nauczania z zakresu elementarnej informatyki, na podręczniki o programowaniu, o bazach danych itd. Uczelnia, z jej anachronicznym wyposażeniem, trudnościami finansowymi, niskimi płacami i atmosferą frustracji, staje się mało atrakcyjnym miejscem pracy dla wielu młodych informatyków.

DRUGI EXODUS

I znowu wiele osób podejmuje decyzję o odejściu z Uczelni i rozpoczęciu nowego etapu życia zawodowego. Z Instytutu odchodzą kolejni doktorzy: Marcin Nowicki (w 1987 r.) i Marek Maniecki (w 1988 r.) do polsko-szwedzkiego *software house'u*, Henryk Stelmasik (w 1988 r.) do niemieckiej firmy MAKOMAT. Krzysztof Walczak uzyskuje w 1988 r. habilitację (*Hierarchiczne wyznaczanie testów dla układów cyfrowych*) i odchodzi, by poświęcić się nauczaniu informatyki w AWF i pisaniu podręczników z dziedziny programowania.¹² Nieco później z grona doktorów Instytutu Informatyki znikną: Wacław Iszkowski (od 1991 r. będzie wieloletnim prezesem Polskiej Izby Teleinformatyki) i Marek Gondzio (po doktoracie uzyskanym w roku 1989 przechodzi w 1991 roku do tej samej firmy co Marek Maniecki). Opuszczają

¹² Krzysztof Walczak powróci do Instytutu w 1999 r.

cych Instytut wartościowych pracowników, choć bez doktoratu, trudno by tu nawet wliczyć. Z grona zarówno nauczycieli akademickich, jak i pracowników Zakładu Doświadczalnego odchodzi w sumie kilkanaście osób. Odnajdują swe miejsce w bardzo różnych instytucjach i firmach, w kraju i za granicą: np. Aleksander Wigura w Kuwejcie, a Ryszard Kott w centrali *software’owego* giganta — Microsoftu — w Redmont, w USA.

Jak gdyby tego jeszcze było mało, na przełomie 1988 i 1989 roku dyrektor Instytutu, Krzysztof Sapiecha, decyduje się (z powodów osobistych) wyprowadzić z Warszawy do Kielc, gdzie obejmuje kierownictwo Katedry Informatyki w Politechnice Świętokrzyskiej. Kilka osób z jego zespołu odchodzi z nim, reszta jego współpracowników rozprasza się. Przez kilka miesięcy Instytut pozostaje pod rządami zastępców dyrektora: Jerzego Mieścickiego i Andrzeja Pająka.

To najtrudniejszy moment w całych dziejach Instytutu Informatyki. Jest oczywiste, że polityka naukowa Instytutu, rodzaj prowadzonych prac badawczo-rozwojowych, mechanizmy rozwoju naukowego pracujących w nim osób — muszą ulec radykalnej zmianie. Tradycyjny model działania — ukształtowany jeszcze w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych, będący wtedy źródłem sukcesów Instytutu — nie wytrzymuje konfrontacji ani z nową sytuacją w światowej informatyce i z zachodnimi produktami komputerowymi, ani z wyjątkowo trudną sytuacją ekonomiczną zarówno Uczelni, jak i całego kraju. Jednocześnie, zespół jest bardzo osłabiony. W Instytucie pozostało jedynie dwóch „samodzielnych” pracowników: profesor Jan Zabrodzki i docent Kazimierz Bierkowski. Grono adiunktów i asystentów jest również bardzo zdekompletowane. Poczucie niepowodzenia, powtarzające się wiadomości o kolejnych kolegach decydujących się opuścić Instytut — pozbawiają wielu spośród tych, którzy pozostali, tej odrobiny optymizmu, który jest niezbędny do przetrwania trudności.

Po kilku miesiącach poszukiwań i konsultacji pojawia się nowa szansa: stanowisko Dyrektora Instytutu Informatyki zgadza się objąć Zdzisław Pawlak.

LATA DZIEWIĘDZIESIĄTE: ODBUDOWA I BUDOWA OD NOWA

KADENCJA ZDZISŁAWA PAWLAKA

Zdzisław Pawlak obejmuje formalnie stanowisko Dyrektora Instytutu z początkiem roku akademickiego 1989/90. Tak, to ten sam Zdzisław Pawlak, który w latach pięćdziesiątych jako konstruktor w Katedrze prof. Kilińskiego projektował UMC 1, a wcześniej — jeszcze w ramach grupy GAM — pierwszy „aparat matematyczny” GAM 1. Teraz jest profesorem zwyczajnym, członkiem PAN, uczynionym o ogromnym dorobku i o niekwestionowanym autorytecie w środowisku informatyków nie tylko w Polsce, ale również poza jej granicami. W chwili obejmowania stanowiska Dyrektora Instytutu Informatyki Zdzisław Pawlak zajmuje się zagadnieniem wnioskowania z niepewnych lub niedokładnych danych. Jest to tematyka zaliczana do kręgu sztucznej inteligencji. Do najnowszych osiągnięć Zdzisława Pawlaka w tej dziedzinie należy teoria zbiorów przybliżonych (*rough sets*) oraz liczne prace (których był inicjatorem i współautorem) zmierzające do praktycznego wykorzystania tej teorii, m.in. w diagnostyce medycznej, w układach sterowania, systemach wspomagania decyzji itd. Tak więc, oprócz swej wiedzy, pozycji i autorytetu Zdzisław Pawlak wnosi do Instytutu nową, aktualną tematykę, której we współczesnej informatyce poświęca się wiele uwagi. Zdzisław Pawlak będzie Dyrektorem Instytutu aż do 1996 r., to znaczy do chwili, gdy wraz z końcem kolejnej kadencji władz Uczelni przejdzie na emeryturę.

Nowe kierownictwo Instytutu rozpoczyna od przemyślenia od nowa i zrewidowania naukowego profilu i organizacyjnej struktury Instytutu. Muszą one — z jednej strony — odpowiadać współczesnym kierunkom badań w światowej informatyce, z drugiej — wykorzystywać dotychczasowe atuty i mocne strony zespołu. Drugim bardzo pilnym zadaniem jest unowocześnienie i rozbudowa zasobów komputerowych, wykorzystywanych zarówno w ba-

daniach, jak i w zajęciach dydaktycznych. Trzecim — rozwiązanie problemów kadrowych, zarówno tych, które są związane z uszczupleniem zespołu nauczycieli akademickich (zwłaszcza z małą liczbą profesorów i docentów), jak i z zatrudnieniem pracowników Zakładu Doświadczalnego, który coraz trudniej jest utrzymać z realizowanych w nim projektów.

Już jesienią 1989 r. w Instytucie zostaje utworzony jeden zakład — Zakład Grafiki Komputerowej (kierowany przez Jana Zabrodzkiego), oraz sześć pracowni, odpowiadających głównym kierunkom specjalizacji naukowej Instytutu. Zespół nauczycieli akademickich dzieli się pomiędzy wymienione jednostki. Oprócz nich, w Instytucie działa Laboratorium Komputerowe (kierowane przez Marka Pawłowskiego, mające pod opieką kilka pracowni komputerowych wykorzystywanych głównie do celów dydaktycznych), Zakład Doświadczalny oraz — co oczywiste — grupa pracowników administracyjnych.

Powołane pracownie wypracowują sobie tematykę nowych projektów, podejmują udane starania o granty (zarówno rektorskie i dziekańskie, jak i finansowane przez nowo powstały Komitet Badań Naukowych), kompletują wyposażenie własnych laboratoriów badawczych. Tematyka ich badań w naturalny sposób ewoluuje, towarzyszą temu zmiany sytuacji personalnej. Janusz Sosnowski uzyskuje w 1993 r. habilitację (*Analiza i testowanie błędów przemijających w systemach cyfrowych*), a w 1994 r. — Nagrodę Wydziału IV Nauk Technicznych PAN za całokształt działalności naukowej. Henryk Rybiński przenosi się do Instytutu na stałe, wkrótce współpracę z jego zespołem podejmie (początkowo na pół etatu) Mieczysław Muraszkiwicz. Kilka osób uzyskuje stopień doktora, z drugiej strony kilku doktorów odchodzi z Instytutu. W 1994 r. Instytut spotyka dotkliwą stratę: umiera nagle Kazimierz Bienkowski, pierwszy doktor w historii Instytutu i jeden z jego najstarszych pracowników.

W 1994 r. sytuacja dojrzeje do kolejnej zmiany struktury organizacyjnej Instytutu. Zakład Grafiki Komputerowej będzie kontynuował działalność pod kierownictwem Jana Zabrodzkiego, lecz w miejsce sześciu pracowni zostaną utworzone dwa dalsze zakłady: Zakład Systemów Informacyjnych, którego kierownikiem będzie Henryk Rybiński, oraz Zakład Oprogramowania i Architektury Komputerów, kierowany przez Janusza Sosnowskiego.

Od samego początku kadencji Zdzisława Pawlaka Instytut podejmuje także starania o nowe zamówienia na projekty i prace techniczne, które pozwoliłyby utrzymać zespół Zakładu Doświadczalnego. Niestety, czas nie sprzyja działalności tego Zakładu. Początek lat dziewięćdziesiątych — to przecież okres bardzo burzliwych zmian ustrojowych w Polsce. W całej polskiej gospodarce, a zwłaszcza w przemyśle elektronicznym, następuje gwałtowna zmiana: dawne — „socjalistyczne” — maszyny, urządzenia i technologie okazują się w bolesny sposób przestarzałe. To samo dotyczy form zarządzania. Na ich miejsce wchodzi rozwiązania importowane, zachodnie lub azjatyckie. Pojawiają się przedstawicielstwa wielkich i małych światowych firm wytwarzających komputery, oprogramowanie i gotowe systemy do celów zarządzania, sterowania procesami, obsługi urządzeń medycznych, obliczeń inżynierskich... Doświadczenie i fachowość zespołu Zakładu Doświadczalnego nie wystarcza do podjęcia rywalizacji z nimi, zwłaszcza że jego techniczne wyposażenie pochodzi w znacznej mierze również z ubiegłej epoki. W rezultacie, po ponad półtorarocznych bezowocnych staraniach o nowe zamówienia, w 1991 r. Zakład Doświadczalny Budowy Maszyn Matematycznych¹³ zostaje zlikwidowany. To trudny, gorzki moment rozstania z ważną częścią własnej historii. Wielu młodszych pracowników Zakładu odeszło już wcześniej z własnej woli, teraz na wcześniejsze emerytury odchodzi duża grupa doświadczonych inżynierów, techników i robotników, którzy nierzadko przez trzydzieści i więcej lat tworzyli komputery i inne urządzenia, stanowiące kiedyś o sukcesach Instytutu.

W 1989 r. Instytut podejmuje (wspólnie z Instytutem Telekomunikacji) organizację podyplomowego studium teleinformatyki i zarządzania CITCOM. Jest to inicjatywa francuskiego partnera, Institut Telesystemes, który ma doświadczenie w prowadzeniu tego typu szkoleń. Oprócz korzyści merytorycznych (wzbogacenie oferty Wydziału o nowoczesną, bardzo aktualną tematykę i przeszkolenie we Francji grupy pracowników obu instytutów) laboratorium komputerowe Instytutu otrzymuje darowany przez stronę francuską system komputerowy DPX 2/210 (produkcji firmy Bull), z systemem operacyjnym zbliżonym do UNIX-a i systemem

¹³ Tę wzruszająco niedzisiejszą nazwę Zakład Doświadczalny zachował do końca.

zarządzania bazą danych ORACLE, wyposażony w osiem terminali. Będzie on wykorzystywany zarówno w ramach Studium CITCOM, jak i w innej działalności Wydziału.

System DPX (Bull) jest bardzo potrzebny Instytutowi. Odłączenie Centralnego Ośrodka Informatyki znacznie uszczupliło wyposażenie instytutowego Laboratorium Komputerowego: dość wspomnieć, że w 1989 r. Instytut dysponował jedynie czternastoma komputerami PC AT. Jednakże, już w 1991 r. Instytut pozyskuje — w dużej mierze dzięki aktywności Zdzisława Pawlaka — nowoczesny komputer IBM RS/6000 (RISC) oraz pierwsze cztery stacje robocze Sun SparcStation. Potem, w 1994 r., przybędą jeszcze 32 stacje robocze Sun, które zasilą laboratorium obsługujące potrzeby dydaktyczne całego Wydziału. Stale zwiększa się liczba komputerów typu PC. W 1991 r. łączone są one w sieć Novell, a w 1992 r. powstaje ogólnoinstytutowa sieć LAN. Środki na ten cel pochodzą z wszelkich możliwych źródeł: zasobów instytutowych, dziekańskich, Komitetu Badań Naukowych, a także projektów badawczych wykonywanych przez Zakład Grafiki Komputerowej i sześć pracowni naukowych. Później, po uruchomieniu w 1995 r. Wieczorowych Studiów Zawodowych — także ze środków pochodzących z opłat za studia.

W sumie, należy stwierdzić, że w ciągu lat dziewięćdziesiątych Instytut włożył wiele środków, pomysłowości i wysiłku organizacyjnego w rozbudowę i nieustanną modernizację swej bazy komputerowej. Należy podkreślić, że oprócz zasobów zlokalizowanych w instytutowym Laboratorium Komputerowym, poszczególne jednostki wyposażały się w bardziej specjalistyczny sprzęt i oprogramowanie. Stanowią one obecnie podstawę laboratoriów zakładowych, będących miejscem badań i zaawansowanej dydaktyki (pracownie problemowe, prace dyplomowe itd.). Dzięki temu wysiłkowi osiągnięto także znaczną różnorodność dostępnych dla badań i dydaktyki platform sprzętowych, systemów operacyjnych, narzędzi do tworzenia oprogramowania itd.

ROZWÓJ I DZIAŁALNOŚĆ ZAKŁADÓW INSTYTUTU

Jak wspomniano, od 1994 roku działają w Instytucie Informatyki trzy zakłady. Stanowią one do dnia dzisiejszego podstawowe jednostki organizacyjne, na których opiera się zarówno dydaktyczna, jak i badawcza działalność Instytutu. Każdy z zakładów ma także własne laboratorium, uzupełniające instytutowe zasoby komputerowe o różnorodny, specjalistyczny sprzęt i oprogramowanie.¹⁴

■ **Zakład Grafiki Komputerowej** (kierowany przez Jana Zabrodzkiego) został utworzony już w 1989 r.¹⁵ Od początku podstawowa tematyka badań tego zespołu obejmowała specjalizowane architektury komputerowe do celów grafiki komputerowej, modelowanie i wizualizację zjawisk naturalnych (zwłaszcza w czasie rzeczywistym), a także specjalistyczne metody i algorytmy grafiki komputerowej. Zakład kilkakrotnie uzyskuje środki (granty KBN) na realizację dużych projektów badawczych, integrujących działania zespołu. W drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych tematyka ta rozszerza się o metody łączenia obrazów generowanych komputerowo z obrazem z kamery. W 1998 r. Przemysław Rokita uzyskuje z KBN grant na badania nad tym zagadnieniem. W wyniku badań przedstawia rozprawę habilitacyjną i w roku 2000 uzyskuje habilitację. W ostatnim okresie Zakład zajmuje się również techniką wirtualnej rzeczywistości. Jednocześnie kilka osób kontynuuje prace związane z dawną specjalnością Instytutu: przetwarzanie sygnałów biomedycznych.

Zespół Zakładu, w znacznej mierze dzięki aktywności kierownika, wyrobił sobie pozycję znanego polskiego ośrodka badań nad grafiką komputerową. Przyczyniła się z pewnością

¹⁴ Szczegółowe informacje o organizacji Instytutu, aktualnej tematyce naukowej, prowadzonych projektach, wyposażeniu laboratoriów itd. można znaleźć na instytutowej stronie www.ii.pw.edu.pl.

¹⁵ Warto tu dodać, że pierwsze prace związane z grafiką komputerową miały miejsce już na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych. W 1982 r. ukazała się pierwsza polska praca poświęcona grafice komputerowej. Był to skrypt pt. *Wybrane zagadnienia cyfrowej techniki graficznej* napisany przez Przemysława Prusinkiewicza i Cezarego Sępnia. W późniejszych latach Przemysław Prusinkiewicz, pracując już w Kanadzie, stał się jednym z czołowych naukowców w skali światowej, pracujących w obszarze grafiki komputerowej.

do tego zbiorowa praca pt. *Grafika komputerowa, metody i narzędzia* (pod redakcją Jana Zambrodzkiego, WNT, 1994), a także fakt, że od 1993 roku Zakład prowadzi wspólnie z Komitetem Informatyki PAN ogólnopolskie seminarium *Grafika komputerowa i przetwarzanie obrazów*.

Wśród specjalistycznego wyposażenia Laboratorium Zakładu Grafiki Komputerowej na szczególną uwagę zasługują stacje graficzne firmy Silicon Graphics, sprzęt do tworzenia wirtualnej rzeczywistości oraz bogate specjalistyczne oprogramowanie do modelowania graficznego.

■ **Zakład Systemów Informatycznych**, którym od początku kieruje Henryk Rybiński, koncentruje się na badaniach z zakresu baz danych, baz wiedzy, systemów ekspertowych oraz teoretycznych i praktycznych aspektach wnioskowania na podstawie niepewnych danych. Ostatnie z wymienionych zagadnień jest przedmiotem naukowych zainteresowań Zdzisława Pawlaka. W 1991 r. Pawlak publikuje monografię pt. *Rough Sets. Theoretical Aspects of Reasoning about Data* (Kluwer, 1991 r.). Do badań nad teorią zbiorów przybliżonych Pawlak organizuje zespół badawczy, w którego pracach uczestniczą osoby nie tylko z Instytutu Informatyki, lecz z innych instytutów Wydziału, z innych polskich uczelni i ośrodków zagranicznych. Rezultaty badań są szeroko publikowane i wzbudzają ogromne zainteresowanie środowisk zajmujących się sztuczną inteligencją. Zdzisław Pawlak uczestniczy w licznych krajowych i zagranicznych konferencjach naukowych poświęconych tej tematyce; wreszcie w 1998 roku (wspólnie z Instytutem Matematyki Uniwersytetu Warszawskiego) zorganizuje na terenie naszego Wydziału wielką międzynarodową konferencję: *First International Conference on Rough Sets and Current Trends in Computing (RSCTC'98)*. Mimo odejścia (w 1996 r.) na emeryturę Zdzisław Pawlak utrzymuje do dziś niezwykłą aktywność naukową, a jego opublikowany dorobek naukowy z ostatnich lat budzi prawdziwy podziw.

Badania dotyczące baz danych, baz wiedzy i systemów ekspertowych dotyczyły głównie problemów synchronizacji transakcji w bazach danych, semantycznych zagadnień reprezentacji wiedzy w systemach informacyjnych oraz multimedialnych baz danych. W końcu lat dziewięćdziesiątych tematyka prac zespołu wzmocnionego przez Mieczysława Muraszkiewicza, ewoluowała w kierunku metod pozyskiwania wiedzy (*knowledge discovery*) i eksploatacji danych (*data mining*). W 1999 roku zespół kierowany przez Mieczysława Muraszkiewicza rozpoczął duży projekt badawczy, realizowany na zlecenie i we współpracy z Polską Telefonią Cyfrową, operatorem sieci telefonii komórkowej ERA GSM, dotyczący wspierania procesów zarządzania w ERA GSM za pomocą technik z kręgu *data mining*. Projekt jest wieloetapowy; wykonane do dziś etapy dostarczyły obu stronom ciekawych doświadczeń i wniosków. Wszystko wskazuje na to, że projekt będzie kontynuowany, stanowiąc źródło inspiracji i doświadczeń dla znacznej części Zakładu.

■ Tematyka badawcza trzeciego z zakładów, mianowicie **Zakładu Oprogramowania i Architektury Komputerów**¹⁶, obejmuje zagadnienia diagnostyki i testowania systemów komputerowych, modelowanie zachowań systemów współbieżnych i rozproszonych oraz inżynierię oprogramowania, ze szczególnym uwzględnieniem problematyki projektowania systemów działających w czasie rzeczywistym.

Badania nad testowaniem systemów, odpornością na uszkodzenia i błędy przemijające są domeną Janusza Sosnowskiego i jego współpracowników. Grupa ta ma w dorobku oryginalne metody testowania systemów mikroprocesorowych i analizy odporności na uszkodzenia (*fault tolerance*) systemów wielokomputerowych. W ostatnim czasie tematyka ta rozszerzyła się o metody zaawansowanej syntezy układów logicznych (Paweł Kerntopf). Rezultaty są dobrze znane i wysoko oceniane w międzynarodowym środowisku naukowym. W znacznej mierze dzięki temu, we wrześniu 2001 r., na wydziale odbyła się znana międzynarodowa konferencja EUROMICRO 2001, której organizatorami byli Janusz Sosnowski i Tadeusz Łuba (z Instytutu Telekomunikacji).

¹⁶ Zakładem kieruje Janusz Sosnowski, który jest także od 1996 r. do chwili obecnej Dyrektorem Instytutu Informatyki.

Zespół kierowany przez Jerzego Mieścickiego kontynuuje badania nad modelami systemów współbieżnych i rozproszonych. W początku lat dziewięćdziesiątych sformułowany został oryginalny model teoretyczny (CSM — *Concurrent State Machines*), który po kilku latach rozwoju stał się podstawą dużego projektu COSMA, zakładającego wykorzystanie formalnych metod weryfikacji poprawności w procesie projektowania zarówno współbieżnego obiektowego oprogramowania, jak i systemów wbudowanych (*embedded systems*). Tematyka ta należy do najbardziej aktualnych wyzwań we współczesnej informatyce, wiąże się z rozwojem metod inżynierii oprogramowania i narzędzi programowych wspomagających proces projektowania (CASE — *Computer-Aided Software Engineering*).

Należy podkreślić, że zespół Zakładu stara się o praktyczne wykorzystanie swych umiejętności w zaawansowanych projektach wykonywanych na zlecenie zewnętrznych instytucji. W szczególności, w latach 1994–95, we współpracy z Instytutem Techniki Ciepłej PW (zespół Janusza Lewandowskiego) grupa pracowników Zakładu kierowana przez Wiktora Daszczyka zaprojektowała i wdrożyła złożony system monitorowania i nadzoru bloków energetycznych dla warszawskiej Elektrociepłowni Siekierki. W 1996 roku Zespół uzyskał pierwsze miejsce w konkursie o Nagrodę Siemens w kategorii projektów badawczych mających zastosowanie w praktyce. Od tego czasu system był stale modyfikowany, ulepszany i rozwijany, a w chwili obecnej pracuje w ruchu ciągłym już w kilku polskich elektrowniach (EC Siekierki i Żerań, elektrownie w Połańcu, Żarnowcu i Kozienicach). Drugim przykładem projektów wykonywanych dla zewnętrznych zleceniodawców są prace wykonywane w latach 1995–98 dla wielkiego niemieckiego operatora telefonii komórkowej T-Mobil GmbH (części Deutsche Telekom). Obejmowały one najpierw organizację eksperymentalnej sieci telefonii cyfrowej GSM w regionie suwalskim, a następnie projekt organizacji rozproszonego systemu komputerowego, wykorzystującego złożony protokół komunikacyjny zbudowany na usłudze SMS (Wiktor Daszczyk, Jerzy Mieścicki).

IMPONUJĄCA DZIAŁALNOŚĆ JANA BIELECKIEGO

Na oddzielną wzmiankę zasługuje niezwykle dorobek wydawniczy jednego z długoletnich pracowników Instytutu Informatyki, mianowicie Jana Bieleckiego. Bielecki należy do najbardziej doświadczonych polskich programistów, ma w swym dorobku znaczące profesjonalne osiągnięcia, jak choćby — u nas — współautorstwo systemu operacyjnego MISS dla komputera UMC 20 czy liczne publikacje na temat różnych implementacji języka C, które zapewniły mu pozycję eksperta międzynarodowego komitetu dla opracowania standardu tego języka. Jest jednak najbardziej znany jako autor niezwykle liczby podręczników i monografii z dziedziny technik, systemów i języków programowania. Dziedzina ta rozwijała się bardzo szybko, lecz Bielecki śledził jej rozwój, trafnie oceniał wagę nowych rozwiązań i niezwykle sprawnie dostarczał czytelnikom kompetentne podręczniki, w których rozważania ilustrował sporządzonymi i zanalizowanymi przez siebie przykładami. Już w 1988 r. miał w swym dorobku 32 pozycje książkowe o tym charakterze. Od tamtego czasu, wraz z rozpowszechnianiem się komputerów, popyt na podręczniki z zakresu programowania znacznie się zwiększył, zwiększyła się też autorska produktywność Jana Bieleckiego. Dość powiedzieć, że dziś jego dorobek obejmuje 113 książek (słownie: sto trzysta!), wydanych w łącznym nakładzie przekraczającym 800 000 egzemplarzy. Są one znane w Polsce, były tłumaczone i wydawane za granicą, przyniosły autorowi niezliczone nagrody Ministra i Rektora, a w 2000 roku — również prestiżową (w środowisku polskich informatyków) nagrodę „Krzemowego Oskara”, którą przyznano mu w wyniku tajnego głosowania internetowego w ramach wystawy „Infosystem 2000” odbywającej się w Poznaniu.

MEDAL „COMPUTER PIONEER” DLA ANTONIEGO KILIŃSKIEGO

W 1997 roku miało miejsce wydarzenie o charakterze symbolu, zamykającego klamrą całą kilkudziesięcioletnie dzieje polskiej informatyki. Oto IEEE Computer Society, największe międzynarodowe stowarzyszenie informatyków, przyznało honorowy medal Pioniera Informatyki (*Computer Pioneer*) dwóm uczonym z Polski: Antoniemu Kilińskiemu i Romualdowi Mar-

czyńskiemu¹⁷. Obaj Profesorowie znaleźli się w ten sposób w gronie kilkudziesięciu postaci dla naszej dziedziny historycznych, obok konstruktorów ENIAC-a i twórców pierwszych języków programowania, a na awersie przyznanego im medalu widnieje podobizna Charlesa Babbage'a, konstruktora pierwszej programowanej mechanicznej maszyny liczącej sprzed przeszło stu sześćdziesięciu lat.

W uzasadnieniu decyzji o przyznaniu medalu Antoniemu Kilińskiemu przypomniano nie tylko jego rolę w zbudowaniu pierwszego komputera produkowanego przemysłowo w Polsce, lecz również jego zasługi dla kształcenia polskich informatyków. Instytut Informatyki brał udział w obu wspomnianych dziełach swego założyciela i wieloletniego kierownika, mamy więc prawo uważać, że jakaś część tego zaszczytu przypada wszystkim jego współpracownikom, uczniom i następcom, którzy przez pięćdziesiąt lat konstruowali komputery i oprogramowanie, prowadzili badania w dziedzinie informatyki i przekazywali swą wiedzę studentom Wydziału Elektroniki.

Przyznanie Antoniemu Kilińskiemu i Romualdowi Marczyńskiemu medalu Pioniera Informatyki stanowi nie tylko wyraz uznania dla ich osobistych zasług. To także gest przyjęcia polskiego środowiska informatycznego do światowego bractwa informatyków. Całe lata istnieliśmy i działaliśmy jak gdyby równoległe, oddzieleni odmiennością systemów politycznych i rywalizacją między mocarstwami. Dzieliły nas możliwości technologiczne, wyposażenie naszych laboratoriów, trudności w wymianie doświadczeń... Ale naszą pomysłowość, czas, wysiłek intelektualny poświęciliśmy wspólnej sprawie. Zaliczenie dwóch polskich uczonych do grona pionierów światowej informatyki można odczytywać jako symboliczny gest zamykający epokę podziałów.

To zobowiązuje: nie żyjemy już na dalekich peryferiach rozwijającego się świata i mamy obowiązek wnieść swój wkład także w dzisiejszy i jutrzejszy rozwój naszej dziedziny: informatyki.

PRÓBA SPOJRZENIA W PRZYSZŁOŚĆ

Staraliśmy się pokazać w subiektywnym skrócie pięćdziesięcioletnią historię badań, prac konstrukcyjnych i nauczania w dziedzinie informatyki na naszym Wydziale, a przede wszystkim — losy Instytutu Informatyki i tworzących go ludzi. To pouczające doświadczenie: uświadomić sobie, jak dramatyczne zmiany były udziałem tej dyscypliny na przestrzeni zaledwie dwóch pokoleń i — jednocześnie — jak jej rozwój na świecie i u nas był powiązany z globalnymi procesami historycznymi i cywilizacyjnymi, z wielkimi konfliktami i osiągnięciami ostatniego półwiecza.

Te związki trwają nadal. Wszyscy powtarzają, że ludzkość przechodzi właśnie od ery społeczeństwa przemysłowego do informacyjnego. Powszechny i prawie nieskrępowany dostęp do informacji, wszechobecność Internetu, nowe formy komunikowania i samoorganizowania się grup społecznych i całych społeczeństw, nowe formy przedsiębiorczości... Dla jednych — to wizja nowego, wspaniałego świata, dla innych — przede wszystkim zagrożenia: upadek tradycyjnych instytucji i autorytetów, zniszczenie odmienności kulturowych, nowe formy przestępczości, swoboda szerzenia także destrukcji i demoralizacji. Tak czy inaczej, informatyka i telekomunikacja należą do tych nielicznych dziedzin nauki i praktycznej działalności człowieka, które wciąż silnie wpływają na losy naszej cywilizacji.

Jednocześnie informatyka też się zmienia. Wszechobecność światowej sieci narzuca unifikację i standaryzację formatów danych, protokołów komunikacyjnych, oprogramowania. Wydaje się, że mało pozostaje miejsca na własne, oryginalne rozwiązania. Produkcja układów scalonych, podzespołów, całych komputerów i oprogramowania systemowego skupia się w rękach bardzo nielicznej grupy globalnych producentów: tu też pole dla własnej twór-

¹⁷ Sędziwy prof. Romuald Marczyński, bardzo wzruszony, odebrał medal osobiście. Antoniemu Kilińskiemu, który zmarł w 1989 r., medal przyznano pośmiertnie, w drodze wyjątku, choć to odznaczenie do tej pory było przyznawane wyłącznie osobom żyjącym.

czości wydaje się bardzo ograniczone. Tworzeniem oprogramowania aplikacyjnego zajmuje się natomiast tysiące firm, grupujących się w silne konsorcja i oferujących gotowe oprogramowanie do wszystkich możliwych — zdawałoby się — zastosowań. Konkurencja na rynku jest niezwykle silna, a warunkiem „przebicia się” są wielkie nakłady na marketing.

W tej sytuacji pojawia się pytanie, kim jest dzisiaj informatyk? Czy ma coś jeszcze twórczego do zrobienia, jeśli nie jest pracownikiem zamożnej firmy w Krzemowej Dolinie? Czy w takim kraju, jak Polska są w ogóle potrzebni informatycy z wyższym wykształceniem? Czy — zamiast finansować studia na poziomie akademickim, badania naukowe i oryginalne projekty rozwojowe — nie byłoby lepiej i taniej skupić się na kupowaniu gotowych rozwiązań?

Istotnie, rozpowszechnienie się komputerów osobistych w domach, urzędach, sklepach, szkołach, coraz powszechniejszy dostęp do Internetu — wszystko to sprawia, że coraz więcej ludzi budzi się każdego ranka z przyjemnym przeświadczeniem, że już są informatykami. Umieją nadać e-mail, znaleźć coś za pomocą wyszukiwarki, napisać raport czy podsumować wydatki korzystając z arkusza kalkulacyjnego. Niektórzy umieją nawet zainstalować nowe oprogramowanie i wymienić kartę graficzną w jednostce centralnej. O, ci to już z całą pewnością informatycy, zwłaszcza jeśli jeszcze mają za sobą jakiś kurs programowania. Ponadto, na świecie jest coraz więcej młodych entuzjastów, którzy komputerem umieją się posługiwać wcześniej niż mówić i już w wieku kilku czy kilkunastu lat, bez specjalnych studiów, zadziwiają rodziców oryginalnymi projektami gier, biegłością w korzystaniu z Internetu czy wyczynami hakerskimi.

Ponieważ jednocześnie te umiejętności wcale nie są trudne albo można je osiągnąć bez studiowania — można spotkać się z powątpiewaniem, czy informatyka w ogóle zasługuje na status dyscypliny akademickiej. Może gdzieś w Ameryce, ale tu, w Polsce? A po cóż kształcić tylu tych inżynierów i magistrów informatyki? Komputerów przecież budować nie będziecie: robi to parę firm na świecie, u nas najwyżej będzie się składać podzespoły w całość. Odkręcić parę śrubek, wetknąć co trzeba i gdzie trzeba, przykręcić śrubki z powrotem — to każdy potrafi. Wiedza o systemach operacyjnych? Po co? Ich również nie będziecie projektować: na całym świecie są w użyciu raptem dwa czy trzy. Trzeba się zdecydować na jeden, wziąć podręcznik, nauczyć się kilkudziesięciu dyrektyw i już można zatrudnić się jako administrator systemu. Oprogramowanie? Przecież to się kupuje gotowe, na CD, albo ściąga z sieci. Ono się nawet samo instaluje: jedyne, co trzeba zrobić — to co jakiś czas „kliknąć” na przycisk „dalej”. Więc cóż pozostaje? Projektowanie stron WWW? Do tego jest potrzebny jakiś poradnik na początek i odrobina pomysłowości, bardziej zresztą plastycznej niż technicznej. Więc może wpisywanie zawartości formularzy do bazy danych przedsiębiorstwa? Tak, ale czy do tego jest rzeczywiście potrzebne wyższe wykształcenie? Co innego — zastosowania informatyki. To zupełnie inna historia. Już wiemy, że komputery będą potrzebne w technice, produkcji, zarządzaniu, usługach. Kształćmy więc inżynierów mechaników, elektryków, businessmanów, ekonomistów, tak aby umieli się posługiwać komputerem i Internetem. Dziś jeszcze może warto poświęcić temu ze dwie godziny na pierwszym roku studiów, jutro już wszyscy przyniosą tę umiejętność ze szkoły lub z domu i problem rozwiąże się sam.

Zdarza się, że poglądy takie powtarzają nawet osoby z tytułami naukowymi, na ogół z tym większym przekonaniem, im płytszy i bardziej amatorski jest ich kontakt z informatyką. Tymczasem informatyka jako akademicka dyscyplina (zarówno w sensie nauczania, jak i badań) naprawdę istnieje. Co więcej, jest w istocie dopiero na początku swej drogi. Cóż znaczy pięćdziesiąt lat istnienia *computer science* w porównaniu z wielowiekowymi tradycjami takich nauk, jak matematyka, mechanika, filozofia albo filologia klasyczna? Jeszcze nawet nie ma jednego, ugruntowanego kanonu wyższego wykształcenia informatyka. Próbami jego określenia zajmują się dwa największe światowe stowarzyszenia informatyków: *IEEE Computer Society* oraz *ACM (Association for Computing Machinery)*. Mniej więcej co dziesięć lat powoływany jest wspólny komitet, który opracowuje rekomendacje dotyczące treści programu studiów wyższych z dziedziny informatyki. Jeśli więc ktoś nie wie, czym (i jak) można zapełnić program kilkuletnich studiów wyższych na tym kierunku — powinien zapoznać się z najnowszym opracowaniem tego komitetu¹⁸.

¹⁸ *Computing Curricula 2001*, The Joint Task Force on Computing Curricula, IEEE Computer Society, Association for Computing Machinery, <http://computer.org/education/cc2001/report/index.html>.

Pozostaje jednak pytanie, *po co* tym się zajmować, skoro właściwie wszystko albo już jest gotowe, albo zaraz będzie gotowe, zrobione przez jedną z kilku dominujących zachodnich firm. Odpowiedź brzmi: problem jest pozorny, gdyż jego przesłanka nie jest prawdziwa. W istocie, zrobiono jeszcze niewiele. Era społeczeństwa informacyjnego dopiero się rozpoczyna: z pewnością będziemy wkrótce świadkami zjawisk, wynalazków i osiągnięć, których dziś nie jesteśmy w stanie przewidzieć ani sobie nawet wyobrazić. Pole do działania jest niezwykle szerokie i miejsca starczy dla wszystkich. Ważne, by nie popełnić grzechu niewiary we własne możliwości i nie powtórzyć tego błędu, który w naszym kraju popełniono w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych XX wieku, kiedy to założono, że stać nas co najwyżej na naśladowanie Zachodu, kopiowanie IBM System/360 i przestrzeganie „listy preferencyjnej”.

Po pierwsze, informatyka — to przede wszystkim *algorytmizacja*: sztuka przekształcania problemów naszego życia w zadania obliczeniowe i podawanie sposobów ich skutecznego rozwiązywania. Ta praca nie ma końca: to tworzenie modeli zjawisk ekonomicznych, społecznych, biologicznych, medycznych, geofizycznych, ekologicznych, technologicznych, modeli procesów komunikowania się, organizowania, podejmowania decyzji, rozpoznawania i produkowania obrazów i dźwięków... Trzeba wiedzieć, jak takie modele się tworzy i rozwiązuje, co na ich temat ma już dziś do powiedzenia współczesna informatyka, matematyka, fizyka, technika, jak przekształcić je w algorytmy i odpowiednie struktury danych, jak ocenić, które algorytmy są obliczeniowo „łatwe”, a które „trudne” (i co to znaczy), jakie środki techniczne: paradygmaty projektowania, języki programowania, systemy komputerowe — są najważniejsze dla danego typu zadań. Badania z tej dziedziny — to miejsce styku informatyki i innych nauk, działów wiedzy i działalności praktycznej człowieka.

Tworzeniu modeli zjawisk otaczającego nas świata towarzyszą badania nad systemami informacyjnymi oraz zupełnie nowymi technikami i algorytmami przetwarzania informacji. Szczególne miejsce mają tu algorytmy probabilistyczne i ewolucyjne, a także teorie i metody z kręgu sztucznej inteligencji, w tym sieci neuronowe i inne techniki zautomatyzowanego gromadzenia wiedzy, klasyfikowania faktów, wnioskowania. Szybko rozrastające się systemy informacyjne gromadzą ogromną ilość danych. Jeśli owe składowiska danych mają nie przekształcić się w monstrualny śmietnik, w którym wszystko jest, ale niczego nie można znaleźć — ich zawartość musi być tak zorganizowana, by użytkownik miał dostęp do danych, które będą mu potrzebne. Jak to skutecznie zrobić? Dane te mają być na ogół podstawą pewnego wnioskowania. Jak jednak prowadzić takie wnioskowanie, jeśli dane są o tak ogromnej objętości, a przy tym niepewne, niekompletne, nieprecyzyjne albo wzajemnie sprzeczne? Człowiek posługuje się w takich przypadkach inteligencją, doświadczeniem i intuicją, ale jak ma to zrobić system komputerowy? Co więcej, w ogromnych składowiskach danych ukryte są nieznanne nam dotąd zależności między różnymi, często pozornie odległymi faktami i zjawiskami. Czy można je jakoś stamtąd „wykopać”, przeanalizować i wykorzystać? Stąd badania nad systemami informacyjnymi, modelami baz danych, mechanizmami gromadzenia wiedzy, systemami klasyfikacji, wnioskowania na podstawie niepewnych danych, stąd takie terminy, jak sztuczna inteligencja, *data mining* czy *knowledge discovery*. To ważne działy współczesnej informatyki, obiecujące i dopiero na początku swej drogi.

Informatyka — to również sposoby na radzenie sobie z ogromną różnorodnością form występowania informacji: analogowej i cyfrowej, wizualnej, tekstowej i dźwiękowej, produkowanej przez urządzenia pomiarowe i przez człowieka. Informatyka sprowadza je wszystkie do sekwencji symboli o możliwie dokładnie określonej składni i semantyce, oferuje metody kompresji i kontroli poprawności, organizuje je w hierarchiczne struktury danych wygodne do przechowywania, przesyłania i przetwarzania. Oczywiście, istnieje wiele standardów reprezentowania różnego rodzaju danych: tekstowych, graficznych, muzycznych i multimedialnych. Równie wielka jest różnorodność metod i narzędzi ich przetwarzania: języków programowania, protokołów komunikacyjnych, platform sprzętowych, systemów operacyjnych, systemów zarządzania bazą danych. To nieprawda, że systemy operacyjne są dwa: UNIX i Windows, protokół komunikacyjny jeden: TCP, a języki programowania — ze trzy: C, C++ i Java. Są ich setki. Oparte są one jednak na wspólnych teoretycznych zasadach. Znajomość tych wspólnych zasad (a także zrozumienie istoty *różnic* między standardami, systemami, je-

zykami) odróżnia profesjonalnego informatyka od przyuczonego amatora¹⁹. Dzięki temu „prawdziwy” informatyk potrafi *integrować* różne rozwiązania w system, to znaczy potrafi sprawić, by różne formaty danych, systemy operacyjne, protokoły komunikacyjne, platformy sprzętowe współistniały i współdziałały ze sobą w ramach systemu. Ta teoretyczna wiedza, uzupełniona o praktyczną znajomość kilku różnych standardów danych, języków, systemów, powinna mu wystarczyć również w przyszłości: wiadomo bowiem, że każde z dzisiejszych rozwiązań kiedyś też odejdzie do historii, tak jak odszedł ENIAC czy UMC 1.

Działem informatyki, któremu można wróżyć lata rozwoju, jest szeroko rozumiana *grafika komputerowa*. Zmysł wzroku, wraz z zadziwiającymi możliwościami panoramicznego i stereoskopowego widzenia, rozpoznawania obrazów, ich zapamiętywania i kojarzenia, stanowi jeden z najsilniejszych atutów człowieka. Dlatego dwu-, trój- i czterowymiarowa (tj. zmienna w czasie, animowana) informacja o charakterze wizualnym jest tak pożądana we współpracy człowieka z systemami komputerowymi. Stąd badania nad generowaniem realistycznych obrazów, animacją w czasie rzeczywistym, łączeniem obrazów generowanych komputerowo z obrazem z tradycyjnej kamery itd. — aż do łączenia wrażeń wzrokowych z innymi wrażeniami zmysłowymi tak, by otrzymać złudzenie sztucznej rzeczywistości (*virtual reality*). Zastosowania tych badań nie ograniczają się do gier, filmu, rozrywki, wirtualnych podróży do odległych miejsc czy do świata fantazji. To także możliwość trenowania pilotów, kierowców, operatorów urządzeń pracujących w niebezpiecznych warunkach, możliwość bezpiecznego ćwiczenia nowych technik chirurgicznych. Oczywiście, i tutaj już wiele zrobiono: wszyscy widzieliśmy choćby stada dorodnych wirtualnych dinozaurów przemierzających *Jurassic Park*. Przypomnijmy jednak, że każda klatka tego filmu — to kilka godzin pracy najszybszych ówczesnych komputerów, nie licząc poprzedzających to przetwarzanie setek godzin projektowania i „ożywiania” sztucznych stworów. Czy nie powinno się tego robić szybciej i lepiej?

Wyzwaniem dla informatyków są również zjawiska *rozproszenia* i *współbieżności* występujące we współczesnych sieciach i systemach komputerowych. Technologie sieciowe (w tym także internetowe) umożliwiają tworzenie *systemów rozproszonych*, w których liczne komputery, wykonujące pewne wspólne funkcje, są rozrzucone na dużym obszarze geograficznym, wywołują się wzajemnie na odległość i współużytkują również rozproszone zasoby: dane, elementy oprogramowania, moc obliczeniową itd. Nieuchronne są przy tym opóźnienia komunikacyjne. Zwłaszcza w dużych systemach należy się liczyć również z losową niesprawnością łączy i samych węzłów sieci. Stwarza to problemy ze spójnością danych oraz aktualnością informacji o lokalizacji zasobów. Ponadto, system rozproszony jest z natury *współbieżny*. Znaczy to, że wiele procesów biegnie w nim jednocześnie, a więc muszą się w pewien sposób koordynować i synchronizować. Jest to szczególnie niełatwe wobec opóźnień i niepewności co do stanu partnera, z którym mamy współpracować na odległość. Informatycy wiedzą również, że ze *współbieżnością* wiąże się możliwość występowania szkodliwych zjawisk, które nigdy nie mają miejsca w przypadku obliczeń nawet złożonych, ale sekwencyjnych: zakleszczenia (*deadlocks*), „martwe pętle” (*livelocks*), naruszenie reguł wzajemnego wykluczania itd. Teoria i praktyka tworzenia systemów rozproszonych wolnych od takich błędów ma przed sobą bardzo wiele problemów do rozwiązania.

Gatunkiem systemów, z jakim przeciętny użytkownik komputera osobistego na ogół nie ma do czynienia, są *systemy czasu rzeczywistego*. Są to zazwyczaj systemy *reaktywne*, to znaczy takie, których zadaniem jest reagowanie na zdarzenia nadchodzące do nich z otoczenia. W przypadku systemów czasu rzeczywistego na zachowania systemu są dodatkowo nałożone ostre ograniczenia czasowe. Nie jest wszystko jedno, czy (jak w internetowej wyszukiwarce) system raz odpowie w ciągu ułamka sekundy, a kiedy indziej w ciągu pół minuty. Systemy tego typu są budowane do celów sterowania procesami technologicznymi, liniami produkcyjnymi, zespołami robotów, ruchem kolejowym czy ulicznym, zespołami wind i zabezpieczeń przeciwpożarowych w wieżowcach itd. Stosuje się w nich inne zasady organizacji sieci, inne

¹⁹ Profesjonalny informatyk powinien być trochę rozbawiony, a trochę urażony, gdy go ktoś spyta, jaki zna język programowania. To tak, jak gdyby spytać kierowcę o najwyższej kategorii uprawnień zawodowych, jakiej marki samochodem umie kierować. Każdej, oczywiście. Proszę mi dać jedynie trochę czasu na oswojenie się, potem — to już tylko kwestia praktyki.

protokoły komunikacyjne, elementy sprzętowe, systemy operacyjne, oprogramowanie aplikacyjne niż w najpowszechniejszych zastosowaniach: domowych, biurowych i w powszechnie dostępnych sieciach wchodzących w skład Internetu. Najczęściej systemy takie są najpierw projektowane w wersji próbnej, uruchomieniowej, a następnie „dopasowywane” i „strojone” na miejscu tak, by dobrze obsługiwały dany, specyficzny obiekt. Na etapie takiego dopasowywania głównym problemem jest *analiza wydajności* systemu, wyszukiwanie i poprawianie jego wydajnościowych „wąskich gardeł”. To też nie jest praca dla informatyka — amatora, który nie wie, co system ma „w środku”.

Szczególnym rodzajem systemów reaktywnych (także najczęściej czasu rzeczywistego) są *systemy wbudowane (embedded systems)*. Z wyglądu nie przypominają komputera, z jego klawiaturą, monitorem, jednostką centralną. Prawdę mówiąc, niczego z wyglądu nie przypominają, gdyż kryją się pod tablicą wskaźników samochodu, wewnątrz telefonu komórkowego, w wieży CD, aparaturze wideo, telewizorze, aparacie fotograficznym i tysiącach innych urządzeń. Są tam właśnie *wbudowane* i jako układ sterowania zapewniają użytkownikowi bogaty zestaw wygodnych funkcji, a czasem (jak w przypadku cyfrowych telefonów komórkowych, odtwarzaczy CD czy telewizorów cyfrowych) jako jednostka o ogromnej mocy obliczeniowej realizują podstawowe funkcje całego urządzenia. Większość z nich to dość standardowe systemy mikroprocesorowe, przystosowywane do specyficznych funkcji przez oprogramowanie, wpisane na stałe do ich pamięci.²⁰ Zdarzają się jednak zastosowania, w których konieczne jest opracowanie specjalizowanych układów scalonych. Ich projektowanie — to miejsce styku informatyki i mikroelektroniki. Jeśli przewiduje się, że dany system wbudowany będzie częścią urządzenia produkowanego w tysiącach sztuk (jak np. w przypadku telefonów komórkowych), to może opłacać się opracować nowy, specjalizowany układ scalony (ASIC — *Application Specific Integrated Circuit*). Jeżeli skala produkcji nie będzie tak duża — lepiej wykorzystać układy bardziej uniwersalne (np. FPGA — *Field Programmed Gate Arrays*), dostosowywane tylko do specyficznych funkcji.

Można przewidywać, że liczba urządzeń wyposażonych w systemy wbudowane będzie gwałtownie rosła. Co więcej, wydaje się niewątpliwe, że ich rozwój pójdzie nie tylko w kierunku zwiększania ich złożoności²¹ i funkcjonalnej różnorodności, lecz także w kierunku ich integracji w lokalne sieci urządzeń współpracujących ze sobą w ramach mieszkania, domu, osiedla, wreszcie w ramach światowej sieci informatycznej. Podobnie w przypadku pojazdów: zapewne każdy samochód będzie wyposażony wkrótce nie tylko we wbudowane cyfrowe układy sterowania silnikiem czy hamulcami, lecz także system lokalizacji współpracujący z GPS, „inteligentny” alarm i mobilny interfejs do bazy danych dróg, ulic i hoteli całego świata. Będzie sam przypominał o przeglądach, wymianie opon itd. Ta wizja zresztą nie każdego zachwyca: uzależnimy się od komputerów i nie będziemy się potrafili bez nich obejść, a wielkie bazy danych będą gdzieś gromadziły informację o każdej stacji benzynowej, którą odwiedziliśmy i o każdym otwarciu drzwi w naszym mieszkaniu.²² Wielu zapewne ucieknie w Bieszczady lub na Borneo, ale wydaje się, że dla informatyków i elektroników pracy nie zabraknie.

Tematyką, której stosunkowo od niedawna poświęca się coraz więcej uwagi, są zagadnienia *bezpieczeństwa danych* i *autoryzacji dostępu* do sieciowych zasobów informatycznych. Wiadomo, że zgromadzone przez nas i naszą instytucję dane, programy, treść korespondencji itd. — mogą być przedmiotem zainteresowania przestępcy, konkurenta w interesach, terrorysty, szpiega lub choćby złośliwego małolata, który będzie miał ochotę dla dowcipu „wyczyścić” nasz dysk za pomocą wirusa albo dla zabawy włamać się poprzez światową sieć do systemu sterowania strategicznych rakiet balistycznych wielkiego mocarstwa. Stąd intensywne badania nad nowymi, bezpieczniejszymi protokołami komunikacyjnymi, technikami kryp-

²⁰ Szybko rozpowszechniający się w ostatnich latach język Java ma pewne cechy, które sprawiają, że wyjątkowo dobrze nadaje się właśnie do programowania tego typu systemów.

²¹ Mikroelektronika potrafi już w tej chwili wytworzyć układy zawierające cały system, wraz z dość bogatym oprogramowaniem systemowym, w ramach jednego układu scalonego.

²² Ta deprymująca wizja nie jest bynajmniej sprawą odległej przyszłości. Już teraz awaria systemu komputerowego praktycznie paraliżuje każdy większy sklep czy urząd, a częste płacenie za zakupy kartą płatniczą pozostawia w jakichś bazach danych ślad naszych upodobań, zapis trasy naszych podróży itp.

tograficznymi, zabezpieczeniami i informatycznymi zaporami (*firewalls*), chroniącymi systemy państwowe, wojskowe, przedsiębiorstwa, a także osoby prywatne przed niepożądanym dostępem. Od ich rozwoju i skuteczności zależy nie tylko bezpieczeństwo obecnych zasobów sieciowych, lecz także przyszły los nowych technik przedsiębiorczości, handlu i usług zakładających wykorzystanie Internetu (*e-business, e-commerce*). Wszystkie one bowiem opierają się na przekazywaniu poprzez sieć zamówień, płatności, numerów kart kredytowych, podpisów itd., które powinny pozostać poufne.

Wszystkie te systemy, zarówno ich sprzęt, jak i oprogramowanie, powinny działać w sposób *wiarygodny*. Już na etapie tworzenia oprogramowania oraz projektowania i produkcji sprzętu trzeba zadbać o to, by nie było w nich (lub było jak najmniej) błędów. Dlatego ważnym kierunkiem badań są prace nad teorią i praktyką *testowania i diagnostyki* systemów cyfrowych. Co więcej, nawet dobrze zaprojektowany i wstępnie sprawdzony system w czasie pracy podlega (jak każde urządzenie na świecie) uszkodzeniom, awariom, zaburzeniom mechanicznym lub elektromagnetycznym itd., które mogą w sposób trwały lub przemijający spowodować niesprawność jego całości lub części. W przypadku domowego komputera użytkownik co najwyżej cicho zaklnie, wyłączy system i uruchomi go ponownie. W przypadku systemu bankowego, światowego systemu telekomunikacyjnego, systemu sterującego samolotem, linią produkcyjną — mogłaby to być katastrofa o nieobliczalnych skutkach. „Prawdziwe” systemy informatyczne powinny więc być tak projektowane, by były *fault-tolerant*, to znaczy odporne na awarie. Muszą być wyposażone w mechanizmy wykrywania błędów i uszkodzeń. Muszą mieć zapasowe zasoby: łącza komunikacyjne, procesory, serwery, bazy danych zawierające stale aktualizowaną replikę danych roboczych. Muszą umieć samoczynnie zrekonfigurować się, odtworzyć stan sprzed uszkodzenia i „wstać” po awarii tak, by było to prawie niezauważalne dla bieżących w nich procesów obliczeniowych.

Badania nad tymi zjawiskami były zawsze bardzo ważne dla informatyki. Widzieliśmy, że w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych XX wieku dążenie do zapewnienia komputerom odpowiedniej niezawodności było w ogóle jednym z podstawowych motorów postępu technologicznego w dziedzinie układów scalonych. Opanowanie produkcji układów scalonych i szybki postęp w tej dziedzinie pozwoliły — z kolei — na budowanie niezawodnych systemów o coraz większej złożoności, w których można było wreszcie pokusić się o implementację skomplikowanych pomysłów teoretycznych i *software’owych*. Tematyka ta wraca więc niejako przy wyższym poziomie wymagań: chodzi już nie tylko o niezawodność (a więc o to, by wydłużyć prawdopodobny czas do wystąpienia uszkodzenia), lecz również o samoczynne radzenie sobie z niesprawnością, która już wystąpiła. Wydaje się, że znaczenie tych badań będzie rosło wraz z postępującym uzależnianiem się różnych dziedzin życia i działalności człowieka od wszechobecnych systemów komputerowych. Wiele spośród tych systemów będzie *safety-critical*, co znaczy, że od ich działania będzie w krytyczny sposób zależeć bezpieczeństwo wielu ludzi. W tym przypadku zagadnienia testowania, diagnostyki, tolerowania uszkodzeń — generalnie: wiarygodności — będą zawsze szczególnie ważne.

Ważną częścią profesjonalnej informatyki jest *inżynieria oprogramowania (software engineering)*. Zajmuje się ona metodologią i technologią tworzenia złożonego *software’u*. Współczesne produkty *software’owe* są najbardziej funkcjonalnie skomplikowanymi tworem ludzkiego umysłu. Nawet ktoś, kto osobiście napisał i uruchomił program komputerowy liczący kilkaset czy nawet kilka tysięcy wierszy kodu źródłowego, nie zdaje sobie w pełni sprawy jaka przepaść komplikacji dzieli jego pracę od procesu tworzenia oprogramowania mającego na końcu rozmiar kilkaset tysięcy czy kilku milionów wierszy, zwłaszcza jeśli projektowany system jest rozproszony i mają z niego korzystać tysiące ludzi. Takiego zadania nie wykona jeden człowiek, który byłby w stanie intelektualnie panować nad całością projektu. Zatrudnienie zespołu kilkudziesięciu czy kilkuset programistów oznacza natomiast konieczność zaplanowania nad monstrualnym chaosem, który grozi całemu przedsięwzięciu. Najpierw trzeba możliwie precyzyjnie wyrazić i możliwie formalnie opisać założenia i wymagania dotyczące oczekiwanych funkcji systemu. Nie można założyć, że się będzie je mieć po prostu „w głowie” lub zapisane w postaci kilku ogólnikowych zdań. Do tej specyfikacji wymagań będzie się potem odwoływać wiele osób i zespołów projektowych, musi być więc ona „świętą księgą”, podstawowym dokumentem projektu. Specyfikacja wymagań powinna być uzgodniona z przyszłym użytkownikiem i przez niego zatwierdzona. Musi być więc wyrażona tak, by

użytkownik ją zrozumiał, nie będąc zawodowym informatykiem. Projekt trzeba podzielić na części czy moduły, a ich wykonanie powierzyć równolegle pracującym zespołom programistów. Jest oczywiste, że należy przy tym szczegółowo określić strukturę i nazewnictwo danych, budowę komunikatów itd., które znajdują się „na styku” między zespołami: jedna litera niezgodności w nazwie zmiennej spowoduje, że owe moduły nie będą dobrze współpracowały między sobą. Każda poprawka czy modyfikacja musi dotrzeć do świadomości wszystkich zainteresowanych, w przeciwnym przypadku praca projektantów pójdzie na marne, a projekt szybko przekształci się w jedno wielkie nieporozumienie. Równolegle z implementacją należy opracować testy pozwalające możliwie gruntownie zbadać poprawność poszczególnych modułów, a także testy integracyjne, sprawdzające poprawność współpracy między modułami na bolesnym zazwyczaj etapie składania systemu w całość. Pozostają jeszcze do opracowania testy funkcjonalne całości, odpowiadające na pytanie, czy użytkownik rzeczywiście może zrobić wszystko to, co sobie wymarzył, zamawiając wykonanie systemu i płacąc zań niemałe na ogół pieniądze. A jeszcze opracowanie dokumentacji systemu, jeszcze podręczniki dla użytkownika, szkolenie personelu, ewaluacja systemu w okresie próbnym, instalacja w (być może) setkach węzłów sieci...

Inżynieria oprogramowania dzieli ten złożony proces na dobrze określone etapy, precyzuje procedury postępowania na każdym z nich, oferuje sposoby oceny złożoności *software'u*, przewidywania prac- i czasochłonności projektu, a także ryzyka ewentualnego niedotrzymania terminów. Co więcej, są dostępne na rynku produkty *software'owe*, które pomagają w pracy zespołom projektantów oprogramowania. Te tzw. narzędzia CASE (*Computer-Aided Software Engineering tools*) ułatwiają sporządzanie specyfikacji systemu, pilnują spójności dokumentacji, przechowują kolejne wersje oprogramowania, pomagają w organizacji pracy zespołowej, projektowaniu testów, produkują fragmenty kodu programu, dokumentację itd. Inżynieria oprogramowania jest bardzo ważnym działem współczesnej profesjonalnej informatyki. Warto podkreślić, że niedoceniecie jej zasad przy realizacji dużych projektów może prowadzić do kompromitujących niepowodzeń, dezorganizujących później życie milionów ludzi czasem na taką skalę, że musi się tym zajmować rząd, parlament i NIK.

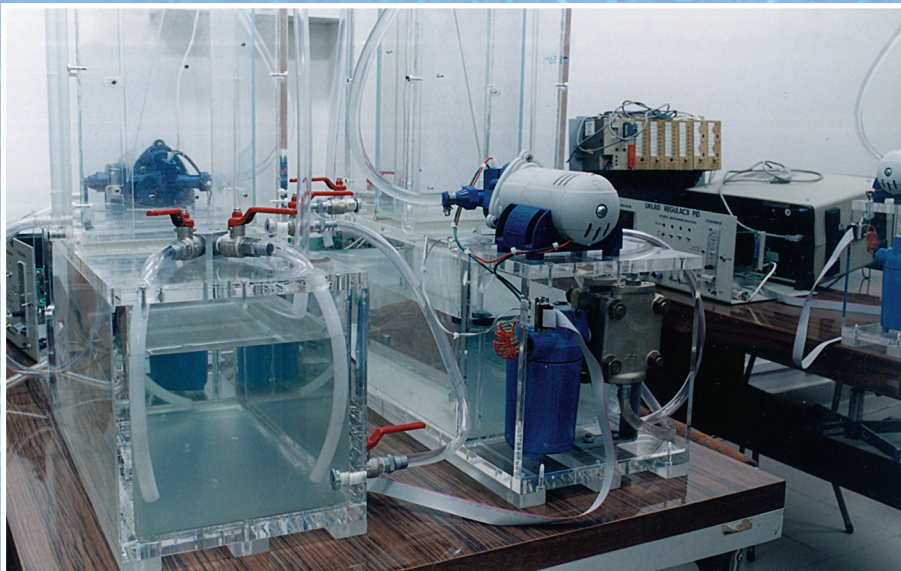
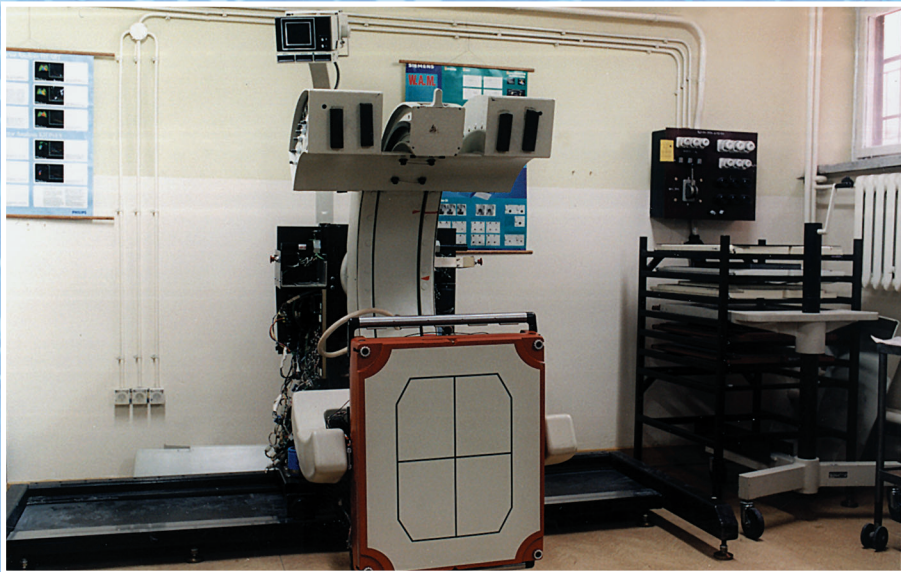
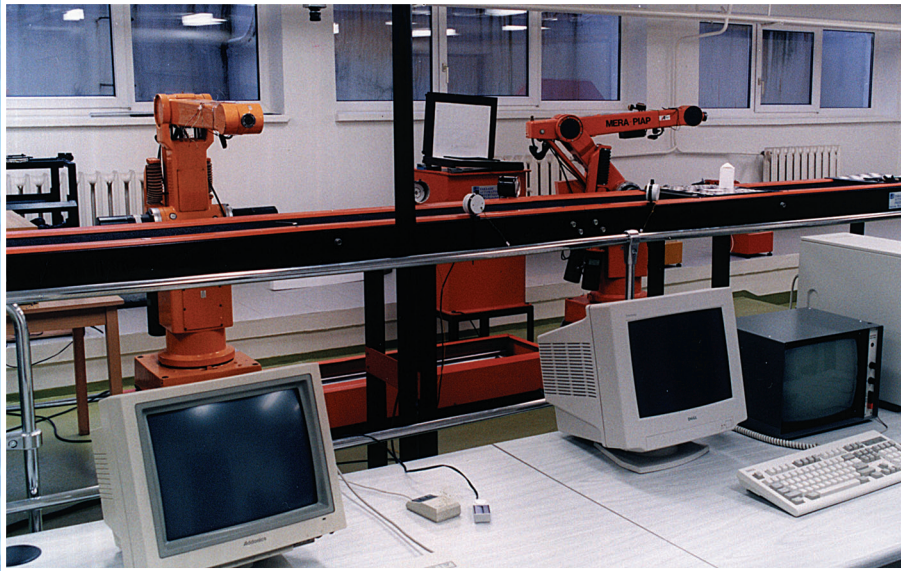
Na styku matematyki i logiki z praktyką projektowania systemów cyfrowych leży dział informatyki, którego znaczenie wyraźnie rośnie na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat: zastosowanie *metod formalnych* do weryfikacji poprawności systemów. Pytanie, czy dany system, program, urządzenie jest poprawny (a więc, czy istotnie umie zrobić to, do czego został zbudowany) dręczyło zawsze twórców zarówno sprzętu, jak i oprogramowania. Najpowszechniejszym sposobem radzenia sobie z tą wątpliwością jest oczywiście testowanie systemu: sprawdzanie jego zachowania dla różnych danych wejściowych, różnych bodźców zewnętrznych itp. Wykonanie takich testów, wielogodzinna próbna eksploatacja lub symulacja modelu urządzenia zwiększa zaufanie do projektu, niestety nie stanowi jednak *dowodu* jego poprawności. Po pierwsze, najczęściej nikt nie jest w stanie eksperymentalnie zbadać *wszystkich* możliwych układów danych. Po drugie, system nie tylko powinien robić to, do czego był budowany, ale także *nie powinien* robić tego, czego mu nie wolno: na przykład gubić komunikatów, wykonywać kilkakrotnie operacji, które powinny być wykonane tylko raz, „zawieszać się” itd. Tego rodzaju niepożądane zachowania bardzo często nie mają charakteru systematycznego błędu, spowodowanego pomyłką programisty lub projektanta (co ujawniłoby się w toku testowania), lecz są (zwłaszcza w przypadku systemów współbieżnych) rezultatem rzadkiego, losowego zbiegu okoliczności, który w symulacji (lub próbnej eksploatacji) systemu może wystąpić równie dobrze już w pierwszych sekundach, po — powiedzmy — stu tysiącach godzin, albo wcale.²³ Tak czy inaczej, testowanie (lub symulacja) układu sprzętowego czy oprogramowania oznacza w istocie jedynie zademonstrowanie, że w owych kilku zbadanych przypadkach (lub przez owych kilkadziesiąt godzin próbnej eksploatacji) system

²³ Wydawałoby się, że tak rzadkimi błędami można by się w ogóle nie przejmować. Kłopot polega jednak na tym, że jeśli w pewnym urządzeniu błąd pojawia się średnio raz na sto tysięcy godzin, to w zbiorze liczącym sto tysięcy sztuk tych urządzeń będzie się ujawniał — statystycznie rzecz biorąc — raz na godzinę. Tak więc, gdyby był to na przykład wbudowany system cyfrowego sterowania zainstalowany w stu tysiącach samochodów — to mógłby powodować średnio 24 wypadki drogowe na dobę. To straszna cena za zlekceważenie błędu o tak pomijalnie małym — zdawałoby się — prawdopodobieństwie wystąpienia.

zachował się poprawnie. Badania nad formalnymi metodami weryfikacji systemów zmierzają natomiast do tego, by w matematycznie ścisły sposób *udowodnić*, że poprawne zachowanie jest (lub nie jest) właściwością projektu, niezależną od konkretnych wartości danych lub od zbiegu okoliczności.

Badania nad zastosowaniem metod formalnych do opisu i weryfikacji poprawności systemów mają już bardzo długą historię. W ich toku powstały całe nowe gałęzie logiki, nowe metody modelowania zachowań systemów i ich danych oraz narzędzia programowe wspomagające proces weryfikacji. Rezultaty te, pojęciowo i matematycznie dość trudne, przenikają jednak do praktyki stosunkowo powoli. Znajomość tych wyników (i narzędzi informatycznych wspomagających ich stosowanie w praktyce) jest przy tym stosunkowo lepsza w kręgu zespołów i firm produkujących sprzęt, niż wśród projektantów oprogramowania. Przyczynia się do tego z pewnością fakt, że formalna weryfikacja projektów sprzętowych jest nieco prostsza. Ponadto — co dobrze ilustruje przypis do poprzedniego akapitu — masowa produkcja układów scalonych nakłada na producenta szczególną odpowiedzialność. Tymczasem w przypadku oprogramowania najbardziej masowo wytwarzane produkty są przeznaczone dla nieprofesjonalnego odbiorcy, nie są *safety critical*, a ich tworzeniem rządzi często nie tyle zawodowa odpowiedzialność, co pośpiech i terminarz kampanii reklamowej. Z tych zapewne powodów wykrycie błędu w działaniu komercyjnie dostępnego układu scalonego stanowi sensację na skalę światową, zaś skandaliczny błąd w komercyjnie dostępnym programie należy wciąż do codzienności. Jeśli jednak mamy zmierzać do ery społeczeństwa informacyjnego, które nie tylko zabawia się komputerami, lecz korzysta z osiągnięć informatyki w prawie wszystkich dziedzinach życia, to sytuacja ta musi ulec zmianie.

Wymienione wyżej i krótko omówione działy informatyki są wybrane subiektywnie i zapewne nie wyczerpują obrazu całej dziedziny. Wspomniano o nich przede wszystkim dlatego, że właśnie one stanowią obecną specjalność badawczą i dydaktyczną Instytutu Informatyki. Uprawiana w Instytucie tematyka badawcza ma wiele punktów wspólnych z badaniami prowadzonymi w innych Instytutach Wydziału. Oczywiście, nie jest to przypadek: to konsekwencja naturalnego rozwoju elektroniki, mikroelektroniki i telekomunikacji, które od lat coraz szerzej korzystają z dorobku informatyki, a jednocześnie dla tejże informatyki są źródłem inspiracji oraz nowych rozwiązań teoretycznych i technicznych. Każda z tych dziedzin ma swoją tożsamość, własne — specyficzne — problemy, z drugiej strony w wielu miejscach zrasta się z sąsiednią dziedziną tak dokładnie, że nie jest nawet celowe zastanawianie się nad granicami między nimi. Przy uszanowaniu tego, co odmienne i specyficzne, badania prowadzone w różnych instytutach powinny konkurować między sobą i wspierać się wzajemnie tam, gdzie tematyka jest podobna.



automatyka, inżynieria biomedyczna, metrologia i systemy pomiarowe

Wymienione w tytule tej części opracowania dziedziny wiedzy i działalności inżynierskiej uprawiane są na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych od chwili jego utworzenia, pod nazwą Wydziału Łączności, w 1951 r. Dziedziny te łączy wykorzystanie i rozwijanie możliwości pozyskiwania i przetwarzania informacji, jakie stworzył rozwój elektroniki, a następnie — na podstawie urządzeń elektronicznych — rozwój techniki cyfrowej i informatyki. Istota rzeczy w automatyce — dziedzinie zajmującej się głównie zastępowaniem bądź wspomaganiem człowieka w podejmowaniu decyzji i nadzorowaniu działania różnych procesów, w inżynierii biomedycznej rozumianej jako elektronika medyczna oraz w metrologii i tworzeniu systemów pomiarowych polega bowiem na *pozyskiwaniu i przetwarzaniu informacji* dla osiągnięcia różnorodnych celów. Są to więc — w istocie — techniki informacyjne, podobnie jak i telekomunikacja, która jednakże koncentruje swoje zainteresowania głównie na sposobach i środkach *przesyłania informacji*. We wczesnej fazie swego rozwoju techniki informacyjne wykorzystywały głównie urządzenia analogowe oparte na przekształcaniu prądów i napięć. Rozwój techniki cyfrowej i sprzętu komputerowego niezmiernie poszerzył możliwości zwłaszcza w zakresie przekształcania i przechowywania informacji, ale także w konstrukcji przyrządów pomiarowych. Komputer stał się podstawowym narzędziem pracy inżyniera, a także elementem składowym współczesnych urządzeń służących do zaawansowanej obróbki sygnałów pomiarowych, sterowania obiektami, obrazowania i diagnozowania w medycynie. Złożone z wielu urządzeń elektronicznych, wyposażone w możliwości szybkiego i niezawodnego przesyłania i gromadzenia danych systemy pomiarowe, systemy automatyki i systemy diagnostyki medycznej tworzą współczesną rzeczywistość techniczną i cechują się wielką różnorodnością celów, stosowanych środków i metod. Trzy podrozdziały, które składają się na tę część opracowania, przedstawiają, z perspektywy autorów — specjalistów w poszczególnych dziedzinach — rozwój badań i konstrukcji inżynierskich, obejmujących także metody obliczeniowe i programy komputerowe, w okresie minionych pięćdziesięciu lat historii naszego Wydziału.

**Władysław
Findeisen**

prof. dr hab.
Instytut Automatyki
i Informatyki Stosowanej
Politechniki Warszawskiej
Gmach Elektroniki
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa

AUTOMATYKA

Automatyka stanowi obszar badań naukowych i działalności inżynierskiej, którego zakres i granice trudno wytyczyć. Wynika to przede wszystkim stąd, że przystępując do opracowania układu sterowania bądź wspomagania decyzji — stworzenie takiego układu realizującego wymagane cele stanowi istotę działań w zakresie automatyki — dla danego obiektu lub zespołu obiektów, możemy, a częstokroć musimy wnikać w istotę działania tego obiektu, w mechanizmy i dynamikę występujących w nim procesów, w sposoby i urządzenia do pozyskiwania informacji o tych procesach. Podobnie, możemy wykorzystywać, ale także i rozwijać metody matematyczne potrzebne do wykonania odpowiednich obliczeń oraz tworzyć mniej lub bardziej specjalizowane systemy informatyczne służące do realizacji układów i mechanizmów sterowania, a także do badania, poprzez prowadzenie eksperymentów komputerowych, tych układów. Możemy wreszcie wnikać w konstrukcję sprzętu realizującego różnorakie funkcje. Przygotowane pod redakcją W. Findeisena i wydane w 2001 r. nakładem Oficyny Wydawniczej PW opracowanie pt. *Automatyka i systemy informacyjno-decyzyjne; kierunki badań i rozwoju*, ujmujące poglądy wielu osób reprezentujących środowisko automatyków polskich, wyróżnia następujące pola zainteresowań badawczych tego środowiska:

- teoria i technika sterowania,
- optymalizacja i badania operacyjne,
- wspomaganie decyzji,
- sztuczna inteligencja, inżynieria wiedzy i rozpoznawanie obrazów,
- modelowanie i symulacja,
- sterowanie i programowanie robotów,
- sprzęt i urządzenia, w tym aparatura i systemy automatyki oraz systemy informatyczne.

Warto zauważyć, że zarysowany w ten sposób niezmiernie szeroki zakres badań przenika i obejmuje zagadnienia obecne w informatyce, matematyce, fizyce oraz w projektowaniu sprzętu elektronicznego i mechanicznego. Każde z wymienionych pól zainteresowań można dalej dzielić na nadal szerokie obszary badawcze, zaś obszary te występują w znacznej mierze także w innych wspomnianych dyscyplinach. Szczególne związki i coraz większa wspólnota stosowanych środków i metod występują pomiędzy automatyką i informatyką. Technika cyfrowa i komputerowa stanowią podstawę obecnych systemów automatyki, układów sterowania i wspomagania decyzji. Uprawiana na Wydziale w trakcie ostatniego półwiecza działalność badawcza w zakresie automatyki, przedstawiona w kolejnych punktach tego rozdziału, stanowi odbicie i ilustrację wpływu, jaki wywiera rozwój technik pozyskiwania informacji — w tym pomiarów, przesyłania, przechowywania, a zwłaszcza przetwarzania informacji przy szybko i stale malejącej cenie urządzeń w przeliczeniu na jednostkę pamięci, jednostkę pasma transmisji oraz jednostkę mocy obliczeniowej.

POCZĄTEK I ROZWÓJ AUTOMATYKI NA WYDZIALE

Początki kształcenia i badań naukowych w dziedzinie automatyki w Politechnice Warszawskiej sięgają roku 1951. Wówczas to z inicjatywy grupy studentów (Konstantego Kurmana, Leopolda Margasińskiego, Jana Siwika, Andrzeja Stempnia i in.) uruchomiono na Wydziale Łączności pierwsze wykłady z zakresu automatyki, prowadzone przez pracowników Katedry Teletechniki łączeniowej kierowanej przez Stanisława Kuhna, profesora Politechniki Warszawskiej. Istotną pomoc okazał przy tym kierownik istniejącej już wtedy w Politechnice Wrocławskiej Katedry Telemechaniki i Automatyki, profesor Zygmunt Szparkowski, i jego współpracownicy (Jerzy Bromirski i in.). W tym samym czasie, jesienią 1951 roku, rozpoczął studia doktoranckie (zwane wówczas aspiranturą) 25-letni Władysław Findeisen z zadaniem wejścia w nową dziedzinę wiedzy i uzyskania stopnia naukowego, a następnie rozwinięcia kształcenia w zakresie automatyki w odrębną specjalność. Tak się też stało. Jesienią 1955 roku utworzono na Wydziale Łączności Katedrę Automatyki i Telemechaniki, powierzając jej prowadzenie W. Findeisenowi, pod opieką dwóch profesorów kuratorów: wspomnianego już Stanisława Kuhna i Pawła J. Nowackiego z Wydziału Elektrycznego PW. Przy po-

Grażyna Gortat

dr
Instytut Systemów
Elektronicznych
Politechniki Warszawskiej
Gmach Elektroniki, p. 236
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa
tel. (48 22) 660-7736

wołaniu Katedry i opracowaniu pierwszych pełnych programów pomocna była m.in. dwumiesięczna wizyta w Polsce profesora F.E. Tiemnikowa z Moskiewskiego Instytutu Energetycznego, który także w późniejszym okresie dopomagał w stażach naukowych i wymianie studentów. Pełne kierownictwo Katedry Automatyki i Telemekhaniki W. Findeisen przejął wraz z powołaniem na stanowisko docenta w roku 1957.

Atrakcyjność dziedziny, która przyciągała studentów oraz zapał i zaangażowanie młodych pracowników złożyły się na szybki jej rozwój. W pierwszych dziesięciu latach, tj. do roku 1965, wykształcono 145 absolwentów (122 osoby w pięcioleciu 1961–65), a dziewięciu pracowników Katedry uzyskało stopień doktora. Liczba pracowników naukowo-dydaktycznych na koniec roku 1965 wynosiła 20 osób, w tym 2 profesorów i 2 docentów. Była też pierwsza habilitacja (1964 r., A. Gosiewski). Lista opublikowanych prac (różnej rangi) obejmuje za ten okres 102 pozycje, do czego trzeba dodać 8 tłumaczeń książek rosyjskich i angielskich.

Warunki lokalowe automatyki na Wydziale Łączności były początkowo trudne; zaczęto od jednej sali na III piętrze Gmachu Elektrotechniki, a następnie dużego korytarza i kilku przyległych do niego pokoi w przyziemiu Gmachu Technologii Chemicznej. Sytuacja zmieniła się radykalnie z chwilą przeniesienia Katedry do nowego Gmachu Wydziału Elektroniki (rok 1965): laboratoria studenckie nie były odtąd prowadzone na korytarzu, lecz w odpowiednich do tego salach, a pracownicy otrzymali wygodne pomieszczenia do pracy i badań.

Po roku 1965 rozwój ilościowy Katedry był już bardziej powolny, następował natomiast rozwój jakościowy: prowadzono prace badawcze, publikowano artykuły, monografie i oryginalne podręczniki, rozwijano kontakty i współpracę z innymi ośrodkami w kraju i poza jego granicami, uzyskiwano stopnie i tytuły naukowe (łącznie 15 habilitacji i 8 tytułów profesora).

Trzeba tu wspomnieć, że tak zwana reforma instytutowa — przeprowadzona w szkolnictwie wyższym w roku 1970 — zespołowi Katedry Automatyki i Telemekhaniki nie zaszkodziła; powstała w istocie tylko nowa nazwa: Instytut Automatyki. W roku 1994 nazwę tę zmieniono na Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej, aby dać wyraz głębokim przemianom, jakie zaszły w kierunku prowadzonych badań i w treściach kształcenia. Po przekształceniu Katedry w Instytut nie powołano w nim zakładów; działalność naukowa i dydaktyczna prowadzona była w zespołach, których liczba i skład dostosowywany był do aktualnych potrzeb i zainteresowań badawczych. W 1996 r. utworzone zostały trzy zakłady, niemniej struktura zespołowa nadal stanowi podstawę wewnętrznej organizacji Instytutu.

Na koniec roku 2000 zespół Instytutu liczył 34 pracowników naukowych i dydaktycznych, w tym 8 profesorów i 20 doktorów (w tym jeden po habilitacji). Współpracują z Instytutem, w różnych formach, trzej profesorowie emerytowani. Kolejni dyrektorzy Instytutu — Władysław Findeisen (do 1981 r., członek PAN od 1971 r.), Wiesław Traczyk (lata 1981–1984), Krzysztof Malinowski (lata 1984–1996, członek PAN od 1998 r.) i Piotr Tatjewski (od 1996 r.) — starali się o kontynuację sposobu działania i pielęgnowanie ogólnej dobrej atmosfery w Instytucie.

Kilkoro pracowników Katedry i Instytutu odeszło na zawsze, pozostawiając po sobie żal i dotkliwie luki. Byli to Leopold Margasiński (1963 r.), Franciszka Chilikowa (1966 r.), Stanisław Kurcysz (1978 r.), Jolanta Tacik (1993 r.), Andrzej Olbrot (1999 r.) i Krzysztof Nowosad (2000 r.).

BADANIA NAUKOWE

Prace naukowo-badawcze były prowadzone w Katedrze Automatyki i Telemekhaniki od początku jej istnienia, od początku także liczne prace były tu finansowane przez przemysł. Wśród nich można w szczególności wymienić:

- studium automatyzacji i telemekhanizacji rurociągu naftowego „Przyjaźń” (1959 r.),
- cykl prac związanych z blokową aparaturą regulacyjną (systemy polskie BAR i HSS, polska wersja systemu krajów RWPG URS i regulatory dla tego systemu), we współpracy z Instytutem Elektrotechniki, lata 1961–65,
- sterowanie stalowniczym piecem łukowym, teoria i urządzenia, we współpracy z Instytutem Elektrotechniki, lata 1965–69,

Krzysztof Malinowski

prof. dr hab.
Instytut Automatyki
i Informatyki Stosowanej
Politechniki Warszawskiej
Gmach Elektroniki, p. 517
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa
tel. (48 22) 660-7397
825-0995
e-mail: k.malinowski@
ia.pw.edu.pl

- modele matematyczne i optymalizacja procesów składowych linii technologicznej wytwarzania tlenku glinu metodą Bretsznajdera, wspólnie z Katedrą Projektowania Technologicznego PW, lata 1968–74,
 - studium optymalizacji i koordynacji przepływu mas w cukrowni, lata 1967–68,
 - systemy transmisji danych i telemechaniki cyfrowej dla energetyki, lata 1968–72.
- Na tle tych prac, a także w wyniku zainteresowań własnych ukształtowały się główne kierunki badawcze Instytutu Automatyki w latach siedemdziesiątych. Były to:
- sterowanie hierarchiczne i jego zastosowania, w szczególności:
 - układy wielopoziomowe i wielowarstwowe, metody koordynacji ze sprzężeniem zwrotnym, sterowanie hierarchiczne dla układów dynamicznych,
 - modele matematyczne procesów, zasady ich tworzenia, identyfikacji i symulacji;
 - teoria sterowania, w szczególności:
 - sterowanie procesów z opóźnieniami,
 - układy o stałych rozłożonych;
 - teoria i metody obliczeniowe optymalizacji, a zwłaszcza:
 - podstawy teoretyczne algorytmów optymalizacji, metody funkcjonałów kary, teoria wrażliwości, optymalizacja dynamiczna,
 - numeryczna i programowa realizacja algorytmów;
 - systemy cyfrowe, w tym:
 - teoria automatów i synteza układów cyfrowych, synteza blokowa, projektowanie automatyczne, automaty bezpieczne,
 - praca maszyn cyfrowych w czasie rzeczywistym, specyfika systemów operacyjnych, systemy wieloprocesorowe.

W pierwszej połowie lat siedemdziesiątych działał w Polsce system organizacji i finansowania prac badawczych w formie tzw. „problemów węzłowych” i „problemów resortowych”. Instytut Automatyki uczestniczył w tych problemach zarówno w zakresie prac z teorii sterowania (koordynowanych przez Instytut Matematyczny PAN), jak też prac należących do wątku sterowania hierarchicznego i jego zastosowań (koordynatorem problemu był Zakład Systemów Automatyki Kompleksowej PAN).

Na potrzeby Instytutu Gazownictwa opracowywano modele oraz algorytmy sterowania i prognozowania dla systemu przemysłowego gazu naturalnego, z wykorzystaniem dla gazociągu Jarosław-Włocławek, a na potrzeby Instytutu Łączności podjęto prace dotyczące sterowania siecią telekomunikacyjną.

W ramach innych problemów resortowych opracowano koncepcję systemu sterowania dla Centralnej Magistrali Kolejowej oraz pracowano nad niektórymi szczegółami realizacyjnymi systemów wielokomputerowych dla tego typu zastosowań (komputerowy system kontroli dla węzła warszawskiego).

W drugiej połowie lat siedemdziesiątych rozpoczął się udział Instytutu w pracach programu rządowego PR-7, dotyczących sterowania w systemach wodno-gospodarczych. Były to w szczególności następujące tematy:

- struktury sterowania w regionach przemysłowych i rolniczych (struktury decyzyjne i algorytmy rozdziału wody),
 - optymalizacja pracy zbiorników retencyjnych.
- W tym samym czasie, oprócz kontynuacji wielu wątków poprzednich, podjęto prace badawcze dla Zakładów Petrochemicznych w Płocku, które dotyczyły:
- modeli matematycznych dla węzła reformingu,
 - optymalizacji procesu rafinowania,
 - optymalizacji procesu pirolizy benzyn.

Początek lat osiemdziesiątych przyniósł wiele zmian we wszystkich obszarach życia, a więc także i w działalności naukowej. Niezmiernie ważne dla kraju procesy społeczne i wydarzenia, w szczególności powstanie masowego ruchu społecznego „Solidarność”, intensywne przemiany demokratyczne w Uczelni, a następnie wprowadzenie stanu wojennego oraz ogromne związane z tym rozczarowanie i czasowa utrata nadziei, tworzyły przejściowo mniej sprzyjający pracy naukowej klimat, tym bardziej, że wyraźnie dawały o sobie znać trudności życia codziennego. Po wprowadzeniu stanu wojennego uległy osłabieniu instytucjonalne kontakty naukowe z uczelniami amerykańskimi, wiele osób podjęło decyzję o opuszczeniu

Zdzisław Pawłowski

prof. dr hab.
Instytut Radioelektroniki
Politechniki Warszawskiej
Gmach Elektroniki, p. 64
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa
tel. (48 22) 660-7955
825-1363
e-mail: Z.Pawlowski@
ire.pw.edu.pl

Polski i pracy za granicą. Tym niemniej, kontynuowano badania prowadzone we wspomnianym już Programie Rządowym PR-7; tematykę rozszerzono o zagadnienia sterowania przejściem fali powodziowej przez system zbiorników i koryt rzecznych. Kontynuowana była również i uległa intensyfikacji współpraca, omówiona obszerniej w punkcie poświęconym kontaktom zagranicznym, z Międzynarodowym Instytutem Stosowanej Analizy Systemowej (IIASA), rozpoczęta została współpraca z Instytutem Nauki i Technologii Uniwersytetu w Manchester (UMIST). W kraju nawiązano nowe kontakty, w tym z Instytutem Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie i Krakowie oraz z Przemysłowym Instytutem Automatyki i Pomiarów. Podjęte zostały badania dotyczące sterowania i programowania robotów oraz badania związane z harmonogramowaniem procesów dyskretnych. Pojawienie się pierwszych komputerów personalnych spowodowało wyraźnie zwiększone zainteresowanie tworzeniem nowych systemów oprogramowania do wspomaganie decyzji oraz do sterowania złożonymi procesami.

W połowie lat osiemdziesiątych utworzone zostały nowe zespoły i seminaria naukowe. Działalność naukowa skoncentrowała się w następujących, aktualnych do chwili obecnej, obszarach:

- sterowanie i optymalizacja złożonych procesów ciągłych i dyskretnych, obejmujące:
 - metody sterowania hierarchicznego z koordynacją periodyczną,
 - algorytmy sterowania z powtarzaną optymalizacją decyzji sterujących,
 - metody harmonogramowania optymalnego i suboptymalnego procesów dyskretnych produkcji i montażu,
 - rozwój metod modelowania, identyfikacji i prognozowania,
 - zagadnienia i nowe metody optymalizacji hierarchicznej, zastosowania obliczeń równoległych,
 - rozwój i badanie mechanizmów stosowanych w sytuacji gry pomiędzy kilkoma podmiotami;
- metody optymalizacji i wspomaganie decyzji w sytuacjach wielokryterialnych, w tym:
 - rozwój metod i algorytmów optymalizacji nieliniowej, rozbudowa biblioteki algorytmów MSPN,
 - tworzenie systemu wspomaganie decyzji do rozwiązywania zadań optymalizacji wielokryterialnej, z wykorzystaniem programowania liniowego i nieliniowego (system DIDAS),
 - rozwój metod programowania stochastycznego;
- sterowanie i programowanie robotów, w tym:
 - rozwój i tworzenie nowych języków obiektowych dla programowania robotów,
 - badanie dynamiki robotów i układów sterowania ruchem manipulatorów,
 - tworzenie bazy sprzętowej i oprogramowania do praktycznych badań różnych metod i algorytmów sterowania;
- sterowanie procesów przemysłowych oraz technika cyfrowa i inżynieria oprogramowania, w tym:
 - rozwój metod regulacji z uwzględnieniem nowych kierunków: sterowania predykcyjnego, zastosowania zbiorów rozmytych i sieci neuronowych,
 - zastosowanie optymalizacji stanu ustalonego procesów,
 - tworzenie bazy sprzętowej do badań algorytmów sterowania procesami nieliniowymi, zastosowania techniki cyfrowej,
 - rozwój i wykorzystanie systemów czasu rzeczywistego,
 - tworzenie metod i oprogramowania do analizy oprogramowania czasu rzeczywistego.

W pierwszym obszarze prowadzono zorientowane na aplikacje prace nad tworzeniem algorytmów i struktur do sterowania systemami wodnymi, w tym falą powodziową; we współpracy z przemysłem tworzone także algorytmy dla zadań dyskretnych. Współpracowano z ośrodkami w Polsce, a także w Niemczech (Ilmenau) i Wielkiej Brytanii (Londyn i Manchester). Współpraca międzynarodowa w drugim z powyższych obszarów badawczych miała miejsce w szczególności we współpracy z IIASA.

W prowadzonych pracach wykorzystywano różnorodne techniki badawcze, coraz większą uwagę zwracając na metody symulacji i wspomaganie obliczeniami komputerowymi rozważań teoretycznych i eksperymentu z obiektem rzeczywistym. Wyraźnie rysowała się sytuacja

cja polegająca na tym, że szeroko rozumiana automatyka — obejmująca złożone zagadnienia modelowania, identyfikacji i podejmowania decyzji w czasie rzeczywistym — wykorzystuje jako platformę głównie sprzęt komputerowy oraz specjalistyczne algorytmy i systemy oprogramowania. Coraz widoczniejsze stawało się przenikanie automatyki i informatyki. Zaowocowało to w szczególności „zanurzaniem się” szeregu tematów badawczych w obszarze informatyki, a także nowymi treściami kształcenia studentów.

W latach 1985–1990 zespoły naukowe uczestniczyły w różnych centralnych i resortowych programach badań. Warto tu wymienić, w szczególności, koordynowany przez Instytut i kierowany przez A. Wierzbickiego resortowy program badań podstawowych RP.I.02, którego grupy tematyczne obejmowały wszystkie ważniejsze zagadnienia i kierunki rozwoju współczesnej automatyki. Program ten stworzył możliwości uczestnictwa w nim zespołom z Instytutu, a także wielu zespołom i osobom z innych ośrodków w kraju. Organizowane liczne spotkania robocze grup tematycznych oraz konferencje całego programu stwarzały dobrą platformę do wymiany informacji i do wytyczania nowych kierunków badań. Ważną rolę odegrały także dwa programy centralne — CPBP 03.01 oraz CPBR 10.11, poświęcone zagadnieniom kształtowania i wykorzystania zasobów wodnych, w których brali udział członkowie kierowanego przez K. Malinowskiego zespołu sterowania i optymalizacji procesów złożonych. Prace poświęcone były zarówno rozwojowi teorii i metod sterowania w systemach wodnych, w tym sterowania falą powodziową, jak i tworzeniu kompleksowego systemu ochrony powodziowej dorzecza górnej Wisły. W Instytucie Automatyki opracowane zostały liczne algorytmy, hierarchiczna struktura sterowania falą powodziową i dwa systemy oprogramowania do wspomagania decyzji dotyczących pracy zbiorników podczas akcji przeciwpowodziowej. Warto także wspomnieć o zaangażowaniu członków zespołu robotyki w prace centralnego programu badawczego poświęconego rozwojowi robotów i systemów wyposażonych w roboty, koordynowanego przez Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów. W latach 1981–1990 czterech pracowników Instytutu Automatyki uzyskało stopnie doktorów habilitowanych, dwie osoby otrzymały tytuł naukowy profesora.

W latach 1991–2000 nastąpiły kolejne, daleko idące, zmiany w organizacji i finansowaniu badań naukowych w Polsce. Otworzyło się pole do szerszej współpracy europejskiej — piszemy o tym w dalszej części podrozdziału. W kraju zlikwidowano centralne i resortowe programy badań, utworzono natomiast Komitet Badań Naukowych i wprowadzono konkursy na indywidualne projekty badawcze. Stworzono także możliwość realizacji projektów celowych, współfinansowanych przez KBN i partnerów przemysłowych. Przy wszystkich swoich zaletach nowy system, tzw. grantów, spowodował jednak atomizację badań, osłabiając kontakty i współpracę pomiędzy ośrodkami naukowymi i grupami badaczy oraz stworzył trudności w dokonywaniu rzetelnej oceny uzyskanych wyników. Uległy także zmianie relacje pomiędzy uczelniami i przemysłem krajowym. Na warszawskim rynku pracy wystąpiły szczególnie duże zmiany — zmalało zapotrzebowanie na absolwentów Uczelni ze strony przemysłu, wzrosło zaś znacząco zapotrzebowanie na specjalistów z zakresu szeroko rozumianej informatyki w różnych obszarach działalności gospodarczej i administracyjnej. Równoległe do wprowadzonych zmian w sferze organizacji badań uruchomiono w ostatniej dekadzie w skali kraju i uczelni mechanizmy powodujące wzrost liczby kształconych studentów, a tym samym zwiększone zostało w znacznej mierze obciążenie kadry zadaniami dydaktycznymi. Wszystko to nie mogło pozostać bez wpływu na działalność badawczą w dziedzinie automatyki. Nabrała ona w większym stopniu charakteru indywidualnego; jednocześnie działalność zespołowa — bardziej niż uprzednio — skoncentrowana została na zagadnieniach tworzenia systemów informatycznych do podejmowania i wspomagania decyzji.

Podjęto realizację szeregu projektów KBN. W szczególności warto zwrócić uwagę na cztery kolejne projekty wykonane przez Zespół Sterowania i Optymalizacji Systemów Złożonych, w ramach których opracowano i zbadano liczne struktury z powtarzaną optymalizacją decyzji oraz algorytmy syntezy reguł decyzyjnych, a także wykonano kilka wersji systemu oprogramowania do analizy i symulacji systemów złożonych. Kontynuowane były także, w postaci dwóch projektów KBN, badania dotyczące struktur i mechanizmów sterowania falą powodziową. Nowo utworzony Zespół Badań Operacyjnych i Zarządzania Produkcją podjął poważne prace dotyczące metod analizy i wspomagania decyzji w zarządzaniu systemem energetycznym i rynkiem energii elektrycznej. Zespół Sterowania Robotów rozpoczął, finan-

sowaną przez uczelniany Program Automatyki, Technik Informacyjnych i Automatyzacji (PATIA) oraz w ramach projektu KBN, współpracę z mechanikami z Wydziału Mechanicznego Energetyki i Lotnictwa oraz z Wydziału Mechaniki Precyzyjnej (obecnie Wydział Mechatroniki), realizując wspólne zadania badawcze i konstrukcyjne w robotyce. W wyniku tych badań powstały interesujące konstrukcje robotów wraz z układami i algorytmami sterowania oraz specjalizowanym oprogramowaniem, a także wartościowe rezultaty naukowe. Zespół Sterowania Procesów rozwinął współczesne metody zaawansowanej regulacji i optymalizacji w zastosowaniach przemysłowych. Podjął również współpracę z Petrochemią w Płocku. W Zespole Metod Optymalizacji i Wspomagania Decyzji rozwijano i doskonalono metody obliczeniowe. Prowadzono także prace nad dalszym rozwojem systemów oprogramowania do wspomagania decyzji i procesów negocjacyjnych, a także prace dotyczące przetwarzania i obliczeń rozproszonych. W dalszym ciągu rozwijane były w Instytucie metody i oprogramowanie do badania systemów czasu rzeczywistego. W latach 1991–2000 kolejnych czterech pracowników uzyskało stopnie doktora habilitowanego, a dwie osoby otrzymały tytuły naukowe.

W 1996 roku zostały utworzone trzy zakłady, które — po wprowadzeniu pewnych zmian w 2000 r. — działają obecnie w Instytucie Automatyki i Informatyki Stosowanej.

Zakład Sterowania i Systemów, kierowany przez Krzysztofa Malinowskiego, składa się z czterech zespołów: Zespołu Optymalizacji i Sterowania Złożonych Systemów, Zespołu Sterowania Procesów, Zespołu Sterowania i Programowania Robotów oraz Zespołu Inżynierii Oprogramowania. Zakład Badań Operacyjnych i Zarządzania Produkcją, kierowany przez Eugeniusza Toczyłowskiego, działa w strukturze jednego zespołu naukowego. Podobnie działa kierowany przez Wiesława Traczyka Zakład Metod Optymalizacji i Wspomagania Decyzji. Warto zauważyć, że tematyka badań i prac stosowanych prowadzonych w tych zakładach dotyczy przenikających się zagadnień z zakresu automatyki i informatyki; w wielu przypadkach zaliczanie uzyskanych wyników do jednej lub drugiej dyscypliny rodzi trudności i ma charakter umowny.

Poza wymienionymi powyżej obszarami badań, w latach dziewięćdziesiątych podjęte zostały prace dotyczące metod wyszukiwania informacji w dużych bazach danych oraz badania dotyczące analizy i wyceny ruchu w sieci Internet. W tym ostatnim obszarze rozpoczęła się w 2000 r. realizacja projektu w Piątym Programie Ramowym Unii Europejskiej — we współpracy z partnerami z Francji i Wielkiej Brytanii.

Ważną rolę w rozwoju badań w automatyce i związanych z nią obszarach informatyki odgrywa współpraca wewnątrz Politechniki Warszawskiej. W szczególności uruchomiony w latach 1994–1999 uczelniany program PATIA objął swoim działaniem większość specjalistów z uczelnianego środowiska automatyków, a także licznych informatyków i reprezentantów innych dyscyplin. W programie tym zorganizowano kilka stale działających seminariów naukowych, a także wykonano liczne prace badawcze z udziałem specjalistów z różnych jednostek organizacyjnych Uczelni. W 1999 roku program PATIA został przekształcony w Uczelniane Centrum Naukowe Automatyki i Technik Informacyjno-Decyzyjnych (CATID), które kontynuuje działalność programu, prowadząc jednocześnie badania na zlecenie podmiotów spoza Uczelni. Warto zauważyć, że — chociaż badania z dziedziny automatyki nie były szerzej uprawiane na naszym Wydziale poza Instytutem Automatyki i Informatyki Stosowanej — w programie PATIA, a następnie w pracach CATID, uczestniczyły i nadal uczestniczą osoby pracujące w innych instytutach Wydziału.

Prowadzone na Wydziale, początkowo w Katedrze, a potem — po roku 1970 — w Instytucie, prace badawcze owocowały licznymi publikacjami w czasopismach, referatami na konferencjach, monografiami naukowymi oraz rozprawami doktorskimi i habilitacyjnymi. Ogółem w latach 1955–1970 pracownicy i doktoranci opublikowali 437 prac, a w latach 1971–2000 — 1287 prac, łącznie 1724 prace. Było wśród nich kilka ważnych monografii, m.in. *Teoria i metody obliczeniowe optymalizacji* (W. Findeisen, J. Szymanowski i A. Wierzbicki, PWN, 1977 r.) oraz *Modele i wrażliwość układów sterowania* (A. Wierzbicki, WNT, 1977 r.), a także wydana w 1980 r. przez J. Wileya książka *Control and Coordination in Hierarchical Systems*, autorstwa W. Findeisena, F.N. Bailey, M. Brdysia, K. Malinowskiego, P. Tajtewskiego i A. Woźniaka. Młodzi pracownicy starali się uzyskiwać stopnie naukowe — od roku 1969, z przerwą w latach osiemdziesiątych, działało Studium Doktoranckie, a profesoria i docenci kierowali doktoratami osób przychodzących z zewnątrz. W latach 1955–1970

obroniono łącznie 25 prac doktorskich i uzyskano 3 habilitacje, w latach 1971–2000 było dalszych 96 doktoratów i 13 habilitacji — razem 121 nadanych stopni doktora i 16 stopni doktora habilitowanego. Ośmiu pracowników Katedry bądź Instytutu uzyskało w latach 1955–2000 tytuł naukowy profesora.

Jest rzeczą zrozumiałą, że w początkowych latach prowadzenia kształcenia w dziedzinie automatyki brakowało podręczników. Do roku 1970 pracownicy Katedry Automatyki i Telemechaniki napisali 19 skryptów i książek bezpośrednio przydatnych w dydaktyce oraz przetłumaczyli z rosyjskiego bądź angielskiego 9 takich pozycji. W następnych pięciu latach przybyło dalszych 26 skryptów i książek oraz 7 tłumaczy. Do ważniejszych książek z lat 1955–75 można zaliczyć: *Technikę regulacji automatycznej* (W. Findeisen, PWN, 1965, 1969, 1978 r., tłumaczenie niemieckie Verlag Technik 1973 r.); *Układy cyfrowe automatyki* (W. Traczyk, WNT, 1974 r.); *Zasady automatyki* (J. Pułaczewski, K. Sacha, A. Manitius, WNT, 1974 r.); *Wielopoziomowe układy sterowania* (W. Findeisen, PWN, 1974 r., tłumaczenie niemieckie Verlag Technik 1978 r.); *Teoria regulacji* (K. Kurman, WNT, 1975 r., tłumaczenie angielskie Elsevier). Nieco później, po dwóch wydaniach skryptowych, ukazał się znaczący podręcznik-monografia: *Teoria i metody obliczeniowe optymalizacji* (W. Findeisen, J. Szymanowski, A. Wierzbiński, PWN, 1977, 1980 r.). Ukazywały się następnie kolejne podręczniki i skrypty — zbyt liczne, aby można je było wszystkie wymienić. Warto jednakże w tym miejscu wspomnieć wydany w 1985 roku inny znaczący podręcznik pt. *Prawdopodobieństwo; teoria, modelowanie probabilistyczne w technice* (A. Pacut), wydany przez World Scientific w 1992 r. podręcznik anglojęzyczny *Real Time Systems* (W. Halang i K. Sacha), monografię zbiorową *Computer Aided Control System Design* (red. M. Brdyś i K. Malinowski, World Scientific, 1994 r.) oraz wydany w 1999 r. podręcznik *Podstawy optymalizacji* (A. Stachurski i A. Wierzbiński).

Pracownicy Katedry bądź Instytutu byli także autorami lub współautorami książek przeznaczonych dla inżynierów, w szczególności *Poradnika inżyniera automatyka* (WNT, 1969, 1973 r.).

Trzeba jeszcze raz podkreślić, że Katedra, a potem Instytut nie działały w odosobnieniu. Powiedziano już o początkowych relacjach z Politechniką Wrocławską — utrzymywały się one przez wiele lat. Wzajemne więzi tworzyły się także pomiędzy środowiskami automatyki w innych polskich uczelniach — np. Politechnice Śląskiej, AGH, Politechnice Gdańskiej, jak również z instytutami Polskiej Akademii Nauk. O związkach, które często trwają nadal, z zespołami z innych instytutów i wydziałów była już mowa.

Warto także jeszcze raz zauważyć, że dużą rolę integracyjną odegrały w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych prace badawcze różnych ośrodków, grupowane w ramach centralnie finansowanych, kompleksowych problemów. Koordynatorzy byli wówczas wręcz zobowiązani do tworzenia zespołów ogólnokrajowych i zapewnienia spójności ich prac.

Jak już wspomniano, na początku swego istnienia Katedra Automatyki i Telemechaniki miała dobre relacje z Moskiewskim Instytutem Energetycznym (profesorowie F.E. Tiemnikow, A.W. Nietuszył i in.). Korzystano z możliwości dłuższych staży dla młodych pracowników naukowych, parokrotnie miała miejsce wymiana praktyk wakacyjnych dla studentów. Kontakty te poszerzyły się wkrótce — nawiązano je z Instytutem Automatyki i Telemechaniki Akademii Nauk ZSRR (profesor J.Z. Cypkin i in.), a w latach siedemdziesiątych z Leningradzkim Instytutem Elektronicznym (profesor A.A. Pierwozwański).

Działalność profesorów P.J. Nowackiego i W. Findeisena w IFAC przyniosła kontakty w krajach zachodnich; przyczyniło się to już w latach sześćdziesiątych do rocznych staży u prof. J.F. Coalesa w University of Cambridge (R. Ładziński, J. Pułaczewski) oraz do podobnych pobytów w Case Institute of Technology (A. Gosiewski, W. Findeisen).

W Case Institute powstał w owym czasie Systems Research Center, prowadzony przez profesorów D.P. Eckmana i I. Lefkowitza, w którym inicjowano nowe kierunki badań — nie pozostało to bez wpływu na prace prowadzone w Polsce.

Jest wiele ośrodków w Europie, z którymi nawiązane zostały kontakty naukowe. Jako miejsca bardziej ożywionej współpracy należałoby wymienić Uniwersytet Techniczny w Darmstadt (profesor W. Opett), Uniwersytet w Rzymie (profesorowie A. Ruberti i F. Nicolo), City University w Londynie (profesorowie P.K. M'Pherson i P.D. Roberts). Szczególnie w tym ostatnim przypadku korzyści były obopólne, czego wyrazem było m.in. nadanie W. Findeisenowi tytułu doktora honoris causa tej uczelni w roku 1984.

Odmienne charakter miały rozpoczęte w połowie lat siedemdziesiątych relacje pomiędzy Instytutem Automatyki PW a Międzynarodowym Instytutem Stosowanej Analizy Systemowej (IIASA) w Laxenburgu k. Wiednia. Kontakty te polegały głównie na udziale w tamtejszych seminariach i konferencjach naukowych oraz na okresowym zatrudnieniu w celu prowadzenia badań (W. Findeisen, A. Wierzbicki, A. Ruszczyński i in.). Idee i rezultaty wypracowane bądź poznane w IIASA miały wpływ na kierunki i rozwój prac w Warszawie. W szczególności, przez wiele kolejnych lat zespół A. Wierzbickiego prowadził w Warszawie na zlecenia IIASA prace badawcze poświęcone między innymi tworzeniu i rozwojowi metod i systemu oprogramowania DIDAS do wspomaganie decyzji w sytuacjach wielokryterialnych. Kontakty z IIASA utrzymywane są po dzień dzisiejszy.

Trzy przypadki bliskiej współpracy z zagranicą warte są bliższego omówienia. Pierwszy z nich to wspólny program badawczy University of Minnesota w Minneapolis i Politechniki Warszawskiej, prowadzony w latach siedemdziesiątych, finansowany głównie przez amerykańską National Science Foundation. Badania były prowadzone w pięciu grupach tematycznych: teoria sterowania dla procesów z opóźnieniem, sterowanie hierarchiczne i jego zastosowania, metody obliczeniowe optymalizacji, symulacja procesów przemysłowych i przebiegających w środowisku naturalnym, cyfrowe układy sterowania. Powstało m.in. wiele wspólnych publikacji, w tym wspomniana już książka angielska *Control and Coordination in Hierarchical Systems* (J. Wiley, 1980 r.).

Program współpracy przyczynił się także do zorganizowania w Warszawie serii konferencji międzynarodowych poświęconych hierarchicznym układom sterowania (lata 1975, 1978, 1980).

Dzięki staraniom kierownika programu ze strony amerykańskiej, profesora E.B. Lee, przyjeżdżali do polski na jedno- lub dwumiesięczne pobyty liczni profesorowie z USA, którzy prowadzili wykłady, seminaria i indywidualne konsultacje.

Dla strony polskiej bardzo ważne były staże naukowe w University of Minnesota organizowane dla pracowników po doktoracie oraz zaproszenia na wykłady. Staże wielomiesięczne odbyło kilkanaście osób, w tym późniejsi profesorowie polskich i zagranicznych uczelni: M. Brdyś, K. Malinowski, A. Manitius, A. Olbrot, M. Perkowski, J. Szymanowski, W. Traczyk, A. Wierzbicki. Kontakty z University of Minnesota, aczkolwiek mniej intensywne, trwają po dzień dzisiejszy.

Długotrwałe relacje łączą zespół automatyki w Politechnice Warszawskiej z grupą profesora Karla Reinischa w Uniwersytecie Technicznym w Ilmenau w Niemczech. Datują się one od lat sześćdziesiątych, przyjmując postać wzajemnych wizyt, seminariów oraz uzupełniających się zainteresowań i prac badawczych. Na lata 1979–1989 udało się nawet zawrzeć formalną umowę, dzięki której m.in. naukowcy z NRD mogli odbyć dłuższe staże w Instytucie Automatyki PW. Byli to, w szczególności, Horst Puta (obecnie profesor) oraz Eckhardt Arnold. Tak się złożyło, że H. Puta stał się świadkiem wprowadzenia stanu wojennego w Polsce w grudniu 1981 r., a E. Arnold przeżywał pierwsze miesiące przełomu w NRD w roku 1989 z polskiej perspektywy. W ostatnich latach grupa z Ilmenau, kierowana przez profesora H. Puta, włączona była wraz z grupą z Warszawy, Londynu, Birmingham i Genui w dwa kolejne projekty Programu TEMPUS.

Trzeci kierunek szerszej współpracy zainicjowany został na początku lat osiemdziesiątych przez Krzysztofa Malinowskiego oraz Madana G. Singha, który otrzymał wówczas profesurę w Control Systems Centre w University of Manchester Institute of Science and Technology (UMIST). Tematyka wspólnych badań dotyczyła optymalizacji i podejmowania decyzji w złożonych sytuacjach i procesach, ciągłych i dyskretnych, oraz metod obliczeń równoległych. K. Malinowski był na kilku dłuższych, kilkutygodniowych, pobytach w Manchester; dłuższe, kilkumiesięczne, staże naukowe odbyli tam: K. Nowosad, G. Płoszajski oraz E. Toczyłowski. Współpraca naukowa, kontynuowana po przejściu zespołu (Decision Technologies Group) M.G. Singha do Department of Computation, polegała na wspólnej opiece nad doktorantami w UMIST, opracowaniu nowych algorytmów obliczeniowych do różnorodnych zastosowań oraz na przygotowaniu współautorskich publikacji. W kolejnych latach K. Malinowski odbył na zaproszenie strony angielskiej kilkadziesiąt krótkich wizyt, konsultując i wspierając prace prowadzone nad rozwojem systemów wspomaganie decyzji w zastosowaniach marketingowych.

Przechodzimy w ten sposób do lat dziewięćdziesiątych, kiedy otworzyły się nowe możliwości współpracy na gruncie europejskim. Placówki z Polski mogły zacząć uczestniczyć w programach Wspólnoty Europejskiej, a później — po jej utworzeniu — w programach Unii Europejskiej. Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej wziął aktywny udział w trzech projektach w Programach TEMPUS i TEMPUS II. W pierwszym z tych projektów obowiązków koordynatora podjął się Mieczysław Brdyś, który rozpoczął w tym czasie pracę w University of Birmingham, pozostając nadal blisko związany z Polską i Politechniką Warszawską. W pracach brały udział trzy uczelnie z naszego kraju oraz kilka zagranicznych, w tym — poza University of Birmingham — City University w Londynie (P. D. Roberts), Technische Hochschule Ilmenau (H. Puta) oraz Università di Genoa (Franco Davoli). Lokalną koordynację projektu w Polsce sprawował K. Malinowski. Projekt odegrał znaczącą rolę w rozwoju kontaktów szerszego środowiska z polskich politechnik z uczelniami z krajów Europy Zachodniej. Kolejny projekt w Programie TEMPUS II ugruntował te kontakty i poszerzył współpracę. Koordynację tego dużego projektu europejskiego prowadził z dużym zaangażowaniem i znajomością rzeczy Piotr Tatjewski; nadal aktywną rolę pełnił w nim Mieczysław Brdyś, który w uznaniu swych osiągnięć naukowych oraz osiągnięć w organizowaniu współpracy zagranicznej z polskimi uczelniami otrzymał w 1992 r. nadany przez Prezydenta RP tytuł naukowy profesora. Obydwa projekty zaowocowały powstaniem licznych materiałów dydaktycznych oraz organizacją kilku szkół letnich z udziałem wykładowców, studentów i doktorantów z Polski i krajów Europy Zachodniej.

Trzeci projekt w Programie TEMPUS zainicjowany został poprzez kontakty naukowe A. Wierzbickiego — koordynatora projektu — i objął, poza Instytutem Automatyki i Informatyki Stosowanej PW, kilka placówek europejskich, które współpracowały uprzednio w projektach prowadzonych w IiASA. Poświęcony rozwojowi metod optymalizacji i technik wspomaganie decyzji projekt zaowocował powstaniem kilku wartościowych podręczników akademickich przygotowanych w Polsce. Znaczące zasługi w prowadzeniu tego projektu miał Jerzy Paczyński, który w tym czasie sprawował również funkcję zastępcy dyrektora instytutu ds. dydaktycznych.

W roku 2000 omówiona powyżej współpraca z Decision Technologies Group w UMIST oraz z wywodzącą się z UMIST firmą Knowledge Support Systems Ltd. (KSS) zaowocowała udziałem IAiIS w projekcie QOSIPS w 5. Programie Ramowym Unii Europejskiej, a także podjęciem prac na zlecenie KSS. Można mieć nadzieję, że także inne rozliczne kontakty zagraniczne i doświadczenia wynikające z prowadzenia wspólnych badań w ośrodkach europejskich i pozaeuropejskich pozwolą na podjęcie kolejnych projektów naukowych.

PERSPEKTYWY

Sięgając myślą w przyszłość, która zawsze jest nieznaną i zapewne przyniesie wiele interesujących wydarzeń i zmian, można jednak przypuszczać, że ukształtowana w ostatnich latach tematyka badań w dziedzinie automatyki okaże się w miarę trwała, obejmie coraz szersze obszary, w tym również zagadnienia pozatechniczne. Ujmując ogólne trendy bardzo syntetycznie, można przypuszczać, że w sferze sprzętowej dominować będzie nadal decentralizacja urządzeń do przetwarzania sygnałów pomiarowych i realizacji algorytmów decyzyjnych, połączona ze standaryzacją tych urządzeń oraz stopniowym zespалaniem się sieci przemysłowych i lokalnych sieci sfery zarządzania. W obszarze metod i algorytmów służących do bieżącej oceny działania obiektu (procesu) sterowanego oraz do wyznaczania lub wspomaganie decyzji sterujących utrwalac się będzie wyraźna już i znajdująca odbicie w aktualnie prowadzonych badaniach tendencja do coraz szerszego wykorzystania, w czasie rzeczywistym, metod wymagających dużego nakładu obliczeń i dużych zasobów pamięci. Powstające z wykorzystaniem takich technik obliczeniowych układy sterowania i systemy decyzyjne wymagać będą coraz szerszego posługiwania się eksperymentem komputerowym, uzupełnianym analizę teoretyczną i poprzedzającym wdrażanie do praktyki. Czytelnika głębiej zainteresowanego kierunkami badań i rozwoju w omawianej w tym rozdziale dziedzinie chcielibyśmy zachęcić do przeczytania wspomnianego już opracowania *Automatyka i systemy informacyjno-decyzyjne; kierunki badań i rozwoju* (Oficyna Wydawnicza PW, 2001 r.).

INŻYNIERIA BIOMEDYCZNA

Kształcenie i badania w zakresie technik stosowanych w medycynie mają w Politechnice Warszawskiej przeszło 50-letnią tradycję, rozpoczynającą się od działalności Oddziału Fizyki Technicznej, a potem Oddziału Elektrotechniki Medycznej, który w 1951 r. wszedł w skład Wydziału Łączności.

Na zorganizowanie kształcenia w zakresie elektrotechniki medycznej złożyło się kilka przyczyn. Najistotniejszą z nich była mądrość i umiejętność przewidywania rozwoju nauki i techniki przez twórców nowej specjalności: Cezarego Pawłowskiego oraz Stanisława Nowosielskiego i Juliusza Kellera.

Był to okres, w którym pojawiły się tendencje do integracji nauk medycznych z naukami przyrodniczymi i technicznymi — okres tuż przed ukazaniem się klasycznej pracy Norberta Wienera definiującej cybernetykę (1948 r.), bezpośrednio po opracowaniu modelu neuronu (W. S. McCulloch i Pitts — 1943 r.) i wprowadzeniu w Berkeley do eksploatacji pierwszego akceleratora na potrzeby medycyny (1940 r.).

Inicjatorem i głównym organizatorem powstałej specjalności był Cezary Pawłowski, profesor Politechniki Warszawskiej, fizyk, uczeń Marii Curie-Skłodowskiej, współpracownik i przyjaciel Piotra Joliot i Ireny Joliot-Curie.

W pięknych wspomnieniach o Cezarym Pawłowskim jego wychowanka Barbara Gwiazdowska, profesor Instytutu Onkologii w Warszawie, napisała: *Mieliśmy uczucie, że przebywamy z Człowiekiem, który uosabia pewien fragment historii zapoczątkowany przez Marię Skłodowską-Curie, historii, którą On tak pięknie rozwijał, a Jego uczniowie starają się kontynuować.*

Marta Bukowska-Korol, w spisanej historii Zakładu Elektroniki Jądrowej i Medycznej, wymienia szereg osób, które w istotny sposób przyczyniły się do powstania specjalności Elektrotechnika Medyczna. Są wśród nich: ówczesny Rektor Politechniki Warszawskiej profesor Edward Warchałowski, ówczesny Minister Zdrowia docent Litwin, pracownicy Ministerstwa Zdrowia: doktor P. Szarejko i mgr inż. S. Nowosielski. Specjalność Elektrotechnika Medyczna została powołana w Politechnice Warszawskiej w roku akademickim 1947/48, jednak w indeksach pierwszych absolwentów już w roku akademickim 1946/47 figurują przedmioty z programu specjalności.

Kształcenie w zakresie Elektrotechniki Medycznej organizowane było po latach wojny od podstaw. W 1946 roku powołano Katedrę Radiologii i Katedrę Elektroniki, przemianowaną w 1951 r. na Katedrę Fizyki Elektronowej. Kierownikiem Katedry Radiologii został profesor Cezary Pawłowski, a Kierownikiem Katedry Elektroniki profesor Witold Majewski. W 1947 r. utworzono Zakład Budowy Aparatury Elektromedycznej, kierowany przez Stanisława Nowosielskiego. Zakład ten przekształcony został w 1952 r. — po nominacji Stanisława Nowosielskiego na zastępcę profesora — w Katedrę Budowy Aparatów Elektromedycznych z dwoma Zakładami: Zakładem Budowy Aparatów Rentgenowskich, kierowanym przez Stanisława Nowosielskiego, i Zakładem Aparatów Elektromedycznych, kierowanym przez Juliusza Kellera.

Organizacja kształcenia po wojnie wymagała gruntownego wyposażenia laboratoriów. Z zaangażowaniem i energią kompletowano, remontowano i instalowano aparaturę w powstających pracowniach naukowych i laboratoriach studenckich. Aparatura pochodziła z UNRRA (Organizacja Narodów Zjednoczonych do Spraw Pomocy i Odbudowy). W Katedrach Radiologii i Budowy Aparatów Elektromedycznych zainstalowano łącznie kilkanaście aparatów rentgenowskich oraz sprzęt diagnostyczny i terapeutyczny. Aparaty rentgenowskie Stanisław Nowosielski, przy współudziale studentów, montował również w placówkach Służby Zdrowia na terenie całego kraju; zainstalowano około 120 takich urządzeń, głównie produkcji firmy Philips. Była to świetna praktyka dla przyszłych inżynierów i czynnik integrujący wychowanków specjalności z kadrą nauczycieli akademickich.

Prace naukowe i naukowo-techniczne prowadzone w katedrach w latach czterdziestych i na początku lat pięćdziesiątych związane były z potrzebami Służby Zdrowia w Polsce. W Katedrze Radiologii koncentrowały się one na miernictwie radiologicznym; opracowywano metody i aparaturę do tzw. dawkowania rentgenowskich aparatów terapeutycznych i ba-

dań bezpieczeństwa pracy w pracowniach rentgenowskich. Pomiary bezpieczeństwa pracy w pracowniach rentgenowskich i dawki rentgenowskich aparatów terapeutycznych prowadzono na terenie całego kraju. W Katedrze Budowy Aparatów Elektromedycznych powstawały pierwsze konstrukcje aparatury diagnostycznej i terapeutycznej. Opracowano prototypy aparatów rentgenowskich (aparatu dentystycznego, półfalowego aparatu diagnostycznego i aparatu terapeutycznego) dla Fabryki Aparatów Rentgenowskich (Stanisław Nowosielski, Janusz Art, Waclaw Dąbek, Zbigniew Referowski), a także aparaturę diagnostyczną, m.in.: elektrokardiograf (Witold Miazgowski), elektroencefalograf i poligraf (Sławomir Jabczyński), urządzenie do automatycznego pomiaru ciśnienia dia- i systolicznego krwi (Tadeusz Koźniewski), audiometry (Jerzy Chmielewski). Powstawały prototypy aparatury terapeutycznej: proteza ręki sterowana prądami mięśni (Juliusz Ekiel, Kazimierz Fidelus, Adam Morecki), urządzenie do diatermii krótkofalowej (Jerzy Chmielewski, Jerzy Zakrzewski) i aparaty do kruszenia kamieni żółciowych (Juliusz Ekiel).

W początkach lat pięćdziesiątych dużym wydarzeniem było skonstruowanie nowego typu aparatu do elektrokardiografii — stereowektokardiografu. Za opracowanie stereowektokardiografu jego twórcy — Juliusz Keller, Juliusz Ekiel i Jerzy Kwoczyński — wyróżnieni zostali Nagrodą Państwową, a Juliusz Keller uzyskał w 1954 roku tytuł profesora nadzwyczajnego.

W latach pięćdziesiątych rozwijała się w Polsce atomistyka. Był to okres intensywnych prób z bronią jądrową, okres budowy pierwszych reaktorów energetycznych i rosnących zastosowań technik izotopowych w przemyśle. Inspiracją do rozwoju atomistyki były również liczne zastosowania promieniowań jądrowych i technik izotopowych w medycynie. Zainstalowane zostały pierwsze urządzenia do terapii nowotworowej — tzw. „bomby” kobaltowe. Opracowana została nowa, nieinwazyjna technika obrazowania wnętrza organizmu z zastosowaniem izotopów promieniotwórczych (scyntygraf). Lawinowo wzrastała liczba prac z zastosowań radiofarmaceutyków (związki chemiczne „znakowane” izotopami) w diagnostyce i terapii oraz w śledzeniu procesów metabolicznych w organizmach. W Polsce rosło zapotrzebowanie na specjalistyczną aparaturę na potrzeby medycyny i biologii do detekcji i spektrometrii promieniowań, w szczególności na aparaturę do pomiaru małych aktywności znaczników promieniotwórczych.

W 1954 roku powstał Instytut Badań Jądrowych, a w latach późniejszych Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej w Warszawie i Instytut Fizyki Jądrowej w Bronowicach pod Krakowem. Wśród organizatorów i kierowników powstających Zakładów i Pracowni Instytutu Badań Jądrowych i Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej było kilkunastu asystentów i absolwentów specjalności Elektrotechnika Medyczna z naszego Wydziału.

Rozwój atomistyki w Polsce wymagał zmian w programach kształcenia szkół wyższych. Dotychczasowa specjalność Elektrotechnika Medyczna zmieniła nazwę na Elektrotechnika Medyczna i Techniki Radiacyjne. Uległy zmianie programy studiów. Pojawiły się w nich przedmioty z technik izotopowych i z detekcji promieniowania. Przez szereg lat programy kształcenia i prace badawcze z technik stosowanych w medycynie związane były z techniką jądrową.

W Katedrze Radiologii, w połowie lat pięćdziesiątych, powstało duże, dobrze wyposażone laboratorium izotopowe z kilkudziesięcioma silnymi źródłami promieniotwórczymi. Laboratorium, ze „służą” do badań skażeń promieniotwórczych, z dygestorium do prac radiochemicznych, wyposażone w bunkry do przechowywania radioizotopów, miało uprawnienia do pracy z otwartymi źródłami promieniotwórczymi.

Kierunki prac prowadzonych w Katedrze Radiologii koncentrowały się wokół problematyki fizyki medycznej i nowo powstałej dziedziny wiedzy — medycyny nuklearnej. W naturalny sposób działalność związana z fizyką medyczną i medycyną nuklearną połączona została z elektroniką. Tematyka prac skupiona była wokół: ochrony radiologicznej, badań skażeń promieniotwórczych, metodyki i aparatury do detekcji i spektrometrii promieniowań ze szczególnym uwzględnieniem urządzeń do pomiarów małych aktywności znaczników promieniotwórczych stosowanych w medycynie i biologii.

W latach pięćdziesiątych opracowana zostaje metodyka i aparatura do pomiarów aerozoli promieniotwórczych (Adam Piątkowski), stosowana w pomiarach radiometrycznych na terenie kraju i w rejsach oceanicznych. Prowadzone były prace nad udoskonaleniem metod i urządzeń do spektrometrii promieniowania beta (Jan Jagielak), spektrometrii promieniowania

gamma i pomiarów bioluminescencji (Zdzisław Kotoński). Opracowana została oryginalna wersja spektrometru do pomiarów widm promieniowaniem alfa z czteroelektrodową komorą impulsową (Zdzisław Pawłowski — Nagroda Państwowej Rady ds. Pokojowego Wykorzystania Energii Atomowej) oraz technologia otrzymywania półprzewodnikowych detektorów promieniowania (Zdzisław Pawłowski, Wiesław Węgorzewski).

Prowadzonych było również szereg prac z zastosowań znaczników promieniotwórczych, m.in. opracowana została metodyka i aparatura do badań dyfuzji i samodyfuzji (Grzegorz Pawlicki, Andrzej Sobaszek). Przy współdziałaniu dwóch Katedr — Radiologii oraz Budowy Aparatów Elektromedycznych skonstruowano aparaturę do pomiaru małych aktywności znaczników promieniotwórczych stosowaną w medycynie i biologii (Zdzisław Kotoński, Aleksander Korol, Zdzisław Pawłowski — Nagroda Państwowej Rady ds. Pokojowego Wykorzystania Energii Atomowej; aparatura wdrożona do seryjnej produkcji w Zakładach Aparatury Jądrowej POLON). Powstało również szereg metod i urządzeń do dozymetrii promieniowania i ochrony radiologicznej, opracowana została metodyka i aparatura do kontroli dawek indywidualnych z tzw. „test filmami” (Jan Jagielak) i dawkomierz do pomiaru dużych dawek promieniowania w strefie wybuchów jądrowych.

Prace prowadzone w Katedrze Budowy Aparatury Elektromedycznej były również silnie związane z konstrukcją aparatury na potrzeby technik izotopowych. Stanisław Nowosielski razem z zespołem zautomatyzował urządzenia do terapii nowotworów („bomby” kobaltowe), Marta Bukowska-Korol przy współdziałaniu Agnieszki Działlik opracowała elektrometry z komorami jonizacyjnymi do pomiaru indywidualnych dawek promieniowania, wyróżnione nagrodą Państwowej Rady ds. Pokojowego Wykorzystania Energii Atomowej. Powstała unikatowa aparatura do pomiaru promieniowania skorupy ziemskiej (Aleksander Korol i zespół), zautomatyzowana aparatura do pomiarów promieniowania gamma prowadzonych z pokładów samolotów (Marta Bukowska-Korol i zespół) oraz urządzenia do pomiaru nieszczelności rurociągów naftowych (Aleksander Korol i Jan Zapisek).

W latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych przeprowadzono na Wydziale szereg reform studiów. Jednolite 11-semesterne studia magisterskie, wprowadzone w r. 1952/53, skrócono w roku akademickim 1965/66 do 5 lat. Powołano nową specjalność z dwiema specjalizacjami: Elektronika Medyczna i Aparatura Jądrowa. W latach późniejszych nazwa specjalizacji Aparatura Jądrowa została zmieniona na Elektronika Jądrowa. Obie specjalizacje Elektronika Medyczna i Elektronika Jądrowa zostały w r. 1974/75 ponownie połączone — powstała specjalizacja Elektronika Jądrowa i Medyczna.

Połowa lat sześćdziesiątych i początek lat siedemdziesiątych były szczególnie trudne dla inżynierii biomedycznej. W roku 1966 Cezary Pawłowski, w wieku 70 lat, przeszedł na emeryturę. W tym samym roku Juliusz Keller zrezygnował z pracy w Politechnice Warszawskiej. Stanisław Nowosielski, po likwidacji stanowisk zastępców profesorów, przestał być kierownikiem Katedry Budowy Aparatów Elektromedycznych. Kierownictwo Katedry Radiologii objął Wilhelm Rotkiewicz, a opiekę nad Katedrą Budowy Aparatów Elektromedycznych — Czesław Rajski. Zmiany personalne połączone były z przeprowadzką Katedr i Zakładów do nowego gmachu Wydziału Łączności.

W roku 1970, po utworzeniu instytutów, Katedra Radiologii i Zakład Aparatury Jądrowej należący do Katedry Budowy Aparatów Elektromedycznych zostają włączone do Instytutu Radioelektroniki, a pozostałe dwa Zakłady Katedry Budowy Aparatów Elektromedycznych — Zakład Aparatów Rentgenowskich i Zakład Aparatów Elektromedycznych — przeniesione na Wydział Mechaniki Precyzyjnej.

W Instytucie Radioelektroniki, kierowanym przez Stanisława Ryżko, powstaje Zakład Elektroniki Jądrowej i Medycznej, kierowany przez Adama Piątkowskiego.

W latach siedemdziesiątych znacząco zwiększyła się liczba pracowników Zakładu — do 32 osób, w tym 27 osób z wyższym wykształceniem. Rozwinęła się współpraca z ośrodkami naukowymi i przemysłem. Prowadzone były wspólne prace naukowo-badawcze m.in. z Instytutem Badań Jądrowych, Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Centralnym Ośrodkiem Technik Medycznych, Zjednoczonym Zakładem Urządzeń Jądrowych POLON. Część prototypowej aparatury opracowanej w Zakładzie produkowana była w krótkich seriach w Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Radioelektroniki ZDAR.

Powstało szereg unikatowych opracowań, m.in.: wielokanałowy analizator amplitudy w standardzie CAMAC (Adam Piątkowski z zespołem) wprowadzony do seryjnej produkcji w Zakładach ZZUJ POLON, spektrometr spolaryzowanych neutronów (Adam Piątkowski z zespołem, nagroda MNiSzW), zestaw do pomiaru małych aktywności znaczników promieniotwórczych z przepływowymi licznikami proporcjonalnymi (Zdzisław Pawłowski z zespołem, nagroda MNiSzW) wprowadzony do seryjnej produkcji w Zakładzie Doświadczalnym ZDAR, przenośna aparatura do rejestracji przebiegów elektrycznych, w tym m.in. wstrząsoodporne rejestratory X,Y (Marta Bukowska-Korol z zespołem). Prowadzone były kompleksowe prace ze spektrometrii efektu Mössbauera. Odkryte w 1957 r. (nagroda Nobla) zjawisko Mössbauera — bezodrzutowej emisji i absorpcji promieniowania gamma — stworzyło nowe możliwości badań procesów katalitycznych, wiązań chemicznych, dynamiki zjawisk m.in. w strukturach biologicznych. W Zakładzie opracowany został spektrometr efektu Mössbauera (Adam Piątkowski z zespołem) wyposażony w zestaw detektorów efektu Mössbauera (Zdzisław Pawłowski z zespołem) wprowadzony do seryjnej produkcji w ZZUJ POLON (Nagroda Państwowej Rady ds. Pokojowego Wykorzystania Energii Atomowej).

W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych obroniono w Zakładzie 16 prac doktorskich; stopień doktora uzyskało 8 pracowników Zakładu.

W roku akademickim 1983/84, po rezygnacji Adama Piątkowskiego z kierowania Zakładem, obowiązki kierownika pełni Waldemar Scharf. W okresie tym powstały nowe pracownie: Biomedycznych i Nukleonicznych Systemów Komputerowych (Adam Piątkowski), Rozpoznawania Sygnałów i Obrazów (Marian Kazubek), Zastosowań Elektroniki w Medycynie Nuklearnej (Roman Szabatin) i Przyspieszania Cząstek Naładowanych (Waldemar Scharf); nazwy swej nie zmieniła pracownia Detekcji i Spektrometrii Promieniowań (Zdzisław Pawłowski). Od roku akademickiego 1987/88 Zakładem kieruje Zdzisław Pawłowski.

W roku akademickim 1990/91 powołany został kierunek studiów Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna. Istniał on przez około 3 lata. Na nowo powstałym kierunku studiów utworzono specjalność Elektronika Medyczna, zmieniając po kilku latach jej nazwę na Inżynierię Biomedyczną.

Po reformie systemu i programów studiów, wprowadzonej w latach dziewięćdziesiątych, w kształceniu studentów i w pracach naukowo-badawczych zaczęła dominować problematyka nowych metod diagnostycznych i terapeutycznych stosowanych w medycynie klinicznej. Zintegrowane zostały laboratoria do prac naukowo-badawczych oraz studenckich pracowni problemowych i dyplomowych. Powstały nowe laboratoria: technik obrazowania w medycynie z wydzielonym laboratorium tomografii rezonansu magnetycznego (MRI), aparatury biomedycznej, detekcji sygnałów medycznych i jądrowych oraz komputerowe.

Dzięki wieloletniej pracy całego Zakładu, czterem zrealizowanym projektom w programach międzynarodowych TEMPUS, darom szpitali i klinik, adresowanym dotacjom Komitetu Badań Naukowych (KBN) i grantom KBN laboratoria zostały dobrze wyposażone w sprzęt; m.in. na potrzeby prac naukowo-badawczych i kształcenia w laboratoriach zainstalowano trzy tomografy: tomograf rezonansu magnetycznego MRI, tomograf do jednofotonowej tomografii emisyjnej SPECT, tomograf rentgenowski CT, aparat rentgenowski, nowoczesny ultrasonograf, gammakamerę, termograf, aparaturę do badań analitycznych struktur i składów tkanek oraz wiele innych unikatowych urządzeń.

Prace naukowo-badawcze prowadzone były we współpracy z kilkunastoma ośrodkami naukowymi, klinikami i szpitalami w kraju i za granicą. Problematyka prac koncentrowała się na nowych metodach i technikach obrazowania w medycynie, nowych metodach diagnozowania i terapii schorzeń tkanek kostnych, udoskonalaniu metod i sprzętu stosowanego w elektrokardiografii i elektroencefalografii oraz na telediagnostyce.

Obecnie najbardziej zaawansowane są prace z nowoczesnych technik obrazowania w medycynie. W pracowni Biomedycznych i Nukleonicznych Systemów Komputerowych opracowywane są metody obrazowania morfologii i funkcji narządów w tomografii MRI. Prace koncentrują się na obrazowaniu parametrycznym dyfuzyjnego przepływu krwi w naczyniach krwionośnych mózgu (realizowane przy współudziale Harvard Medical School w Bostonie) oraz na obrazowaniu przepływów krwi w dużych naczyniach krwionośnych. Obrazy tomograficzne przesyłane są między Zakładem a kliniką Akademii Medycznej po łączu radiowym zainstalowanym w pracowni. Pracownia prowadziła również badania nad popra-

wą wykrywalności groźnych chorób serca w elektrokardiografii wysokiej rozdzielczości i ognisk padaczkowych w elektroencefalografii. W pracowni Zastosowań Elektroniki w Medycynie Nuklearnej powstało oprogramowanie do scyntygraficznych badań klinicznych wykonywanych za pomocą gammakamer. System do akwizycji i analizy wyników tych badań zainstalowano w dziesięciu klinikach w Polsce. Udoskonalano również metody otrzymywania i analizy obrazów funkcjonalnych w tomografii SPECT i tworzenia obrazów multimodalnych. Pracownia prowadzi również prace związane z oprogramowaniem systemów do telediagnostyki w nowoczesnych standardach transmisji danych DICOM oraz bierze udział w projektowaniu endoprotez tkanek kostnych realizowanym przy współdziałaniu Wydziału Inżynierii Produkcji oraz Wydziału Mechanicznego Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej. Pracownia Rozpoznawania Sygnałów i Obrazów specjalizuje się w analizie, przetwarzaniu i kompresji obrazów medycznych oraz w udoskonalaniu metod i urządzeń do przestrzennego obrazowania w ultrasonografii. Prowadzi również prace nad poprawą wykrywalności guzów nowotworowych w mammografii. W pracowni Detekcji i Spektrometrii Promieniowań prowadzone były badania nad udoskonaleniem metod i urządzeń do pomiaru składu i struktur tkanek biologicznych. Opracowano spektrometr wzbudzonej fluorescencji rentgenowskiej z kriogenicznym systemem detekcyjnym, stosowany m.in. do pomiarów penetracji ciężkich metali toksycznych do tkanek nerwowych i struktur kostnych. Opracowane były również nowe metody i urządzenia do diagnozowania schorzeń kości (osteoporozy i osteomalacji). Zaproponowano oryginalną metodę kompleksowych badań tkanek kostnych — jednoczesnych pomiarów gęstości i zaturc kości metalami ciężkimi. Udoskonalano także klasyczne metody diagnozowania osteoporozy — fotodensytometryczne i skaningowe. Prace te połączone były z modelowaniem zjawisk i optymalizacją sensorów obrazów stosowanych w radiografii cyfrowej. Pracownia uczestniczy również w badaniach podstawowych nad kwarkową strukturą spinu nukleonu prowadzonych w CERN-ie (European Organization for Nuclear Research). Być może wyniki tych prac będą w przyszłości również istotne dla lepszego zrozumienia zjawisk występujących w organizmach żywych.

Z badań prowadzonych w Zakładzie w ostatnim okresie opublikowano łącznie kilkadziesiąt prac; m.in. w Pracowni Przyspieszania Cząstek Naładowanych Waldemar Scharf opracował dwie obszerne monografie poświęcone akceleratorom biomedycznym, tłumaczone następnie na wiele języków, w tym na język japoński.

Od połowy lat siedemdziesiątych prace badawcze z zakresu technik stosowanych w medycynie prowadzone są również w kilku innych instytucjach Wydziału. W roku 1975 Witold Golde zorganizował w Instytucie Podstaw Elektroniki (obecnie Instytut Systemów Elektronicznych) Zespół Aparatury Biocybernetycznej. Po śmierci Witolda Goldego, od 1983 r., zespołem kieruje Witold Wierzejski. Początkowo prace tego zespołu koncentrowały się na akwizycji, analizie i przetwarzaniu sygnałów biologicznych z żywych organizmów. Obecnie obejmują tematykę: badań ciśnienia wewnątrzczaszkowego i przepływów mózgowych, nieinwazyjnego wykrywania i leczenia patologii naczyń krwionośnych mózgu, audiologii, foniatryi i ryнологii. Prace dotyczące badań ciśnienia wewnątrzczaszkowego i przepływów mózgowych, rozpoczęte w 1976 r. opracowaniem histografu ciśnienia wewnątrzczaszkowego, prowadzone są w kraju i przez członków zespołu przebywających od 1991 r. za granicą (M. Czosnyka, P. Śmielewski, S. Piechnik). Realizowane są one we współpracy z Wydziałem Neurochirurgii Addensbreak Hospial w Cambridge. Opracowano szereg metod badawczych i urządzeń do pomiarów i regulacji ciśnienia wewnątrzczaszkowego. Tematyki tej dotyczyła rozprawa habilitacyjna M. Czosnyki (1994 r.) oraz trzy rozprawy doktorskie (P. Śmielewski, S. Piechnik i W. Zabołotny).

Równie ważne i istotne dla diagnostyki medycznej są prace prowadzone w zespole Witolda Wierzejskiego, dotyczące nieinwazyjnego wykrywania i leczenia patologii naczyń krwionośnych mózgu. Wczesne wykrywanie i leczenie patologii naczyń umożliwia bowiem zapobieganie groźnym następstwom wylewów krwi do mózgu.

Badania z zakresu audiologii i foniatryi, rozpoczęte w zespole w 1995 r. przez Antoniego Grzankę i Lecha Śliwę, są obecnie kontynuowane we współpracy z Akademią Medyczną w Warszawie i z Uniwersytetem w Ferrarze we Włoszech. Najnowsza tematyka tych badań, związana z diagnostyką ryнологiczną, rozpoczęta przez Antoniego Grzankę w 1994 r., roz-

wijana jest od 1995 r. we współpracy z Akademią Medyczną w Warszawie. Istotą tych badań jest modelowanie przepływów powietrza w nosogardzieli w celu ustalenia diagnozy szeregu schorzeń.

Prace z zakresu elektrokardiografii prowadzi od kilkunastu lat zespół kierowany przez Andrzeja Skorupskiego z Instytutu Informatyki. Również w zespole Jana Zabrodzkiego, z tego samego instytutu, szereg prac z grafiki komputerowej jest ściśle powiązanych z technikami obrazowania w medycynie. W Instytucie Mikroelektroniki i Optoelektroniki w Zakładzie Optoelektroniki kierowanym przez Wiesława Wolińskiego, a obecnie przez Michała Malinowskiego, opracowano szereg urządzeń laserowych do okulistyki. W Instytucie Automatyki i Informatyki Stosowanej powstała piękna praca habilitacyjna Andrzeja Pacuta z analizy modeli o różnej rozdzielczości. Głównym polem zainteresowania Autora był model neuronu. Zespół Romana Z. Morawskiego z Instytutu Radioelektroniki prowadzi prace dotyczące spektrometrii absorpcyjnej powiązane z ekologią i medycyną oraz uczestniczy we wspólnych seminariach z inżynierii biomedycznej. Nie sposób obecnie wymienić wszystkich zespołów, w których prowadzone prace są powiązane z medycyną.

Jaka będzie przyszłość inżynierii biomedycznej? Przypomina się tu znana anegdota prof. Witolda Pogorzelskiego, wykładającego w latach czterdziestych matematykę na naszym Wydziale. Profesor, oznaczając całą od zera do nieskończoności, powiedział: *Zmierimy jednak granice całkowania od zera do A, ponieważ z nieskończonością nie należy się zbyt spoufalac*. Powinniśmy się nauczyć, że nawet wtedy, gdy się wydaje, że dysponujemy pełną wiedzą i rozeznaniami, nigdy nie należy wyciągać pochopnych wniosków. Spróbujmy jednak zaryzykować.

Na pewno w najbliższej przyszłości rozwiną się prace z technik obrazowania funkcji centralnego układu nerwowego. Udoskonalane będą metody obrazowania dynamicznego przepływów krwi w naczyniach mózgu, w naczyniach wieńcowych serca i w innych narządach. Poprawione zostaną parametry tomografów, korelacyjnych metod uzyskiwania obrazów, rozpowszechnią się metody obrazowania 3-D. Być może, a byłoby to bardzo pożyteczne, zwiększy się liczba prac dotyczących modelowania struktur i procesów biologicznych. Udoskonalone zostaną technologie endoprotez i sztucznych narządów. Rozwiną się i upowszechnią metody telediagnostyki.

Będziemy się starać w tych pracach uczestniczyć, ciesząc się z rozwoju tej najbardziej humanitarnej dziedziny techniki.

METROLOGIA I SYSTEMY POMIAROWE

Rozwój metrologii — czyli nauki o pomiarach, i systemów pomiarowych — wykorzystujących odpowiednie metody pomiarowe, aparaturę i algorytmy przetwarzania sygnałów, pozostawał na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych, od chwili jego powstania, w ścisłym związku z niewiarygodnie szybkim postępem elektroniki w drugiej połowie XX wieku.

Jedną z katedr, która weszła w skład utworzonego 1 października 1951 r. Wydziału Łączności, była Katedra Podstaw Telekomunikacji. W roku 1954 powołano wewnątrz tej Katedry Zakład Miernictwa Teleelektrycznego, którego Kierownikiem został docent Marian Łapiński. Istniejący obecnie w Instytucie Systemów Elektronicznych Zakład Miernictwa i Optoelektroniki ma swe korzenie właśnie w owym Zakładzie. Zakres zainteresowań M. Łapińskiego był związany z problematyką kontroli linii telefonicznych kablowych i napowietrznych oraz wzorców i pomiarów wzorcowych na potrzeby resortu Łączności. Wszystko to ukierunkowało zakres ówczesnych prac badawczych w Zakładzie. Ponadto, powstała konieczność konstruowania przyrządów pomiarowych własnymi siłami, a to z powodu zniszczenia rodzimego przemysłu w czasie wojny oraz narastającej izolacji kraju.

Bardzo szybki rozwój technik pomiarowych w wieku XX był spowodowany głównie przez dwa czynniki: pojawienie się elementów elektronicznych na przełomie XIX i XX w. oraz późniejszy dynamiczny rozwój informatyki. O tempie rozwoju niech świadczą następujące daty: 1904 r. — skonstruowanie diody lampowej, 1907 r. — opatentowanie triody, 1920 r.

— pierwsze wzmacniacze lampowe, 1940 r. — pierwsze maszyny liczące zbudowane na lampach, a zatem bardzo energochłonne, bardzo zawodne i o dużych rozmiarach, 1947 r. — pierwszy tranzystor, lata siedemdziesiąte — pierwszy mikroprocesor, lata siedemdziesiąte i osiemdziesiąte — dynamiczny rozwój elementów półprzewodnikowych, obniżenie ceny pamięci półprzewodnikowych, pojawienie się elementów o bardzo dużej skali integracji oraz osiągnięcie przez komputery osobiste zdecydowanie mniejszej energochłonności, mniejszych rozmiarów, większej niezawodności, olbrzymiej szybkości działania i ogromnej mocy obliczeniowej. Ten rozwój technologii odegrał zasadniczą rolę w rozwoju aparatury kontrolno-pomiarowej oraz metrologii. Do lat pięćdziesiątych, a więc początku działania Wydziału, istniały wyłącznie przyrządy analogowe (elektromechaniczne), przetwarzające wartość mierzonej wielkości na wychylenie wskazówki, charakteryzujące się niewielką dokładnością (dokładność zakresowa 0,1% była osiągnięta tylko w przyrządach wzorcowych) i niewielką czułością, utrudniającą lub wręcz uniemożliwiającą pomiar bardzo małych wartości. Wprowadzenie przetwarzania analogowo-cyfrowego otworzyło drogę do cyfrowego przetwarzania sygnałów i danych pomiarowych. Zastosowanie techniki cyfrowej było początkowo ograniczone do zliczania, np. liczniki do pomiarów częstotliwości oraz liczniki cząstek promieniowania jądowego. Pojawienie się w latach sześćdziesiątych diod świecących LED, a następnie wskaźników ciekłokrystalicznych LCD spowodowało obniżenie kosztów woltomierzy cyfrowych, a te z kolei szybko zostały zastosowane jako cyfrowe mierniki panelowe, zastępujące tradycyjne mierniki wskazówkowe. Konstrukcja woltomierzy cyfrowych umożliwiała wyrowadzenie wartości wyświetlanej na wskaźniku, również w postaci cyfrowej. Mniej więcej w tym samym czasie przyrządy analogowe zaczęły być w coraz większym stopniu zastępowane przyrządami cyfrowymi.

Na początku lat siedemdziesiątych zauważono, że komputer może być urządzeniem służącym nie tylko do obliczeń, ale również do przetwarzania i gromadzenia (przechowywania) informacji. Początkowo człowiek komunikował się z komputerem za pośrednictwem taśm lub kart perforowanych, później za pośrednictwem klawiatury i monitora. Jednak wkrótce okazało się, że do komputera można również dołączyć — za pomocą przetworników analogowo-cyfrowych — różnego rodzaju czujniki. Oznaczało to możliwość bezpośredniego sprzężenia między komputerem a źródłem wielkości mierzonej lub przyrządem pomiarowym. Był to początek nowoczesnej aparatury pomiarowej. Wcześniej prace eksperymentalne, wymagające powtarzania pomiarów wielu parametrów charakteryzujących badane zjawisko, pociągały za sobą konieczność wykonania żmudnych i czasochłonnych operacji lub rejestracji analogowej. Również opracowanie uzyskanych wyników pochłaniało mnóstwo czasu. Z chwilą, gdy możliwa stała się współpraca wielu przyrządów z komputerem, można było szybko zebrać i zapamiętać olbrzymie ilości danych z wielu różnych źródeł. Niemal z dnia na dzień zmieniła się hierarchia problemów pomiarowych — miejsce problemu niedostatku czasu zajął problem nadmiaru danych. Rozwiązaniem tego ostatniego stało się cyfrowe przetwarzanie sygnału.

Jak już wspomniano, organizatorem i pierwszym kierownikiem Zakładu Miernictwa Teleelektrycznego był Marian Łapiński, który zorganizował od podstaw proces nauczania przedmiotu „Miernictwo teleelektryczne” na Wydziale. W zakresie prac naukowo-badawczych przedmiotem zainteresowania M. Łapińskiego były wzorce i pomiary wzorcowe na potrzeby resortu łączności. Do jego fundamentalnych osiągnięć metrologicznych należy stworzenie podstaw miernictwa teletransmisyjnego, w tym opracowanie wielu metod pomiarowych. Wyniki tych prac zostały opublikowane w monografii *Miernictwo teletransmisyjne*. Większość tematów prowadzonych pod kierunkiem M. Łapińskiego dotyczyła opracowań unikatowej aparatury naukowej dla instytutów naukowo-badawczych, uczelni i zakładów przemysłowych. Na szczególną uwagę zasługują trzy typy analizatorów sieci energetycznych, stanowiących rodzaj analogowych maszyn do odwzorowania i analizy pracy sieci energetycznych oraz urządzenia telemetryczne na potrzeby rurociągu „Przyjaźń”. W latach sześćdziesiątych została opublikowana 4-tomowa monografia autorstwa M. Łapińskiego pt. *Miernictwo teleelektryczne*: t. 1. *Wzorce i mierniki* (WKiŁ, 1960 r.), t. 2. *Pomocniczy sprzęt pomiarowy* (WKiŁ, 1962 r.), t. 3. *Układy pomiarowe* (WKiŁ, 1966 r.), t. 4. *Pomiary elektromagnetyczne* (WKiŁ, 1972 r.), która została wyróżniona nagrodami Ministra Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki oraz Stowarzyszenia Elektryków Polskich.

W połowie lat sześćdziesiątych w pracach naukowo-badawczych Zakładu pojawia się tematyka pomiaru wielkości nieelektrycznych, badań nieniszczących (wykorzystujących ultradźwięki i prądy wirowe) oraz pomiarów właściwości materiałów magnetycznych. Ta ostatnia tematyka znalazła swój wyraz w rozprawie doktorskiej Witolda Solnicy pt. *Przewodnictwo ferrytów i badanie mechanizmu zjawisk perminwarowych*. Pomiarom wielkości nieelektrycznych została poświęcona monografia pt. *Miernictwo elektryczne wielkości nieelektrycznych* (WNT, wyd. I — 1965 r., wyd. II — 1968 r., wyd. III — 1970 r.) oraz rozprawa doktorska Wojciecha Włodarskiego pt. *Właściwości niektórych przyrządów półprzewodnikowych jako czujników do pomiaru ciśnienia hydrostatycznego*. W roku 1968 ukazała się monografia pt. *Nowoczesne metody pomiaru i regulacji wilgotności* autorstwa M. Łapińskiego, K. Kostyrko i W. Włodarskiego, przetłumaczona na język angielski i wydana przez Department of Commerce and the National Science Foundation w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej. Tematyka badań nieniszczących oraz pomiary właściwości materiałów magnetycznych wraz z powstaniem instytutów w 1970 r. oraz przejściem M. Łapińskiego i części pracowników Zakładu na Wydział Mechaniki Precyzyjnej została przeniesiona do Instytutu Automatyki Przemysłowej tegoż Wydziału, natomiast tematyka pomiaru wielkości nieelektrycznych jest kontynuowana na naszym Wydziale w Zakładzie najpierw Miernictwa, a następnie Miernictwa i Aparatury Pomiarowej (1975 r.) oraz Miernictwa i Optoelektroniki (1987 r.) do chwili obecnej.

W roku 1970, z chwilą powstania Instytutu Podstaw Elektroniki, zaczęła się stopniowo kształtować w Zakładzie Miernictwa obecna struktura zespołów oraz tematyka prac naukowo-badawczych. W latach 1970–73, gdy obowiązki kierownika Zakładu pełnił Sławoj Gwiazdowski, działalność naukowo-badawcza koncentrowała się wokół miernictwa i aparatury elektronicznej oraz miernictwa wielkości nieelektrycznych. Wówczas zapoczątkowane zostały również prace związane z przetwarzaniem analogowo-cyfrowym. W roku 1972 powstał Zespół Naukowy Aparatury i Miernictwa Wielkości Nielektrycznych, którego kierownikiem był najpierw Andrzej Urban, a od 1974 r. Ryszard Jachowicz. Powołano także Pracownię Systemów Pomiarowych. W roku 1973 Kierownikiem Zakładu został Jerzy Helczyński, a w związku z tym w Zakładzie znalazł się Zespół Układów Optoelektrycznych. W tym samym czasie problematyka związana z miernictwem cyfrowym i komputerowa technika pomiarowa była przedmiotem zainteresowania Zespołu Miernictwa Cyfrowego w Instytucie Radioelektroniki, kierowanym przez Edmunda Porządkowskiego.

Pionierem cyfrowych pomiarów czasu i częstotliwości — nie tylko w Instytucie Radioelektroniki, ale również w skali kraju — był Stanisław Ryżko. Za wiodącą rolę w rozwoju miernictwa cyfrowego otrzymał w 1966 r. zespołową Nagrodę Państwową I stopnia.

Ryszard Jachowicz w czasie studiów doktoranckich zajmował się metodami pomiaru przenikalności elektrycznej dielektryków o nieregularnym kształcie; taki też był temat jego rozprawy doktorskiej obronionej w 1973 r. Wyniki w niej przedstawione zostały następnie wykorzystane w pracach Zespołu dotyczących metod pojemnościowych pomiaru wilgotności. Głównym przedmiotem zainteresowań Zespołu Aparatury i Miernictwa Wielkości Nielektrycznych były pomiary wielkości nieelektrycznych, zwłaszcza wilgotności ciał stałych (akwametria). Szczególną uwagę zwracano na przetworniki wielkości nieelektrycznych na sygnał elektryczny i metrologiczne aspekty pomiaru. Pierwsze prace dotyczyły metod pomiaru wilgotności różnorodnych substancji, np. surowca wełnianego czy też elanowełnianego lub proszku szklanego, i były realizowane na zlecenie zakładów przemysłowych. W roku 1975 w Zespole zostały podjęte prace w ramach problemu węzłowego: najpierw 06.6 — *Opracowanie metody pomiaru wilgotności nawozów sztucznych typu NPK*, a następnie 03.10 — *Fizykochemiczne podstawy procesów chemicznych — Dielektryczne i konduktancyjne metody i aparatura do pomiaru wilgotności*, koordynowanego przez Instytut Chemii Fizycznej PAN. Dotyczyły one możliwości pomiaru wilgotności nawozów sztucznych i innych substancji ziarnistych. W trakcie tych badań okazało się, że istotnym czynnikiem utrudniającym pomiar metodą pojemnościową i konduktancyjną, oprócz składu chemicznego substancji, jest jej ziarnistość, zwłaszcza niejednorodność ziaren. W konsekwencji badania te pozwoliły na opracowanie metod, dwuczęstotliwościowej i dwuparametrowej, umożliwiających w znacznym stopniu redukcję wpływu niejednorodności ziaren. Opracowano również metodę optymalizacji wyboru częstotliwości w metodzie dwuczęstotliwościowej. Dokonano także opty-

malizacji czujników typu pojemnościowego. Opracowane metody zastosowano w miernikach wilgotności nawozów sztucznych. Zespół prowadzący te prace (Ryszard Jachowicz, Grażyna Gortat, Wojciech Goszczyński, Marek Lepa, Andrzej Urban, Tadeusz Wierzbica, Stanisław Łyżwa, Janusz Właszczuk) został wyróżniony nagrodą Sekretarza Naukowego PAN (1976 r.), a Tadeusz Wierzbica uzyskał w 1978 r. stopień doktora za rozprawę doktorską pt. *Optymalizacja procesu pomiarowego w dwuczęstotliwościowej metodzie pomiaru wilgotności ciał stałych*. Wiele wyników tych prac zostało następnie wykorzystanych w konstrukcji mierników wilgotności tytoniu (do 1985 r. wyprodukowano 150 szt.). Były one również prezentowane na forum międzynarodowym.

Pod koniec lat siedemdziesiątych w ramach Programu Rządowego PR-3 — *Rozwój materiałów i podzespołów dla potrzeb elektronizacji* podjęto tematykę związaną z opracowaniem modelu zastępczego struktur ziarnistych. Początkowo była ona związana z weryfikacją modelu zastępczego ferrytów polikrystalicznych (na zlecenie Zakładów Materiałów Magnetycznych „Polfer”). Wkrótce jednak okazało się, że prowadzone badania zjawisk zakłócających pomiary właściwości elektrycznych substancji ziarnistych — analiza przepływu prądu elektrycznego przez struktury przestrzenne złożone z kul bądź o jednakowych, bądź różnych średnicach, stanowiących modele substancji ziarnistych — są bardzo przydatne do zrozumienia zjawisk występujących w pomiarach wilgotności nawozów sztucznych. Wyniki tych badań znalazły się w rozprawach doktorskich: Henryka Gierasimowicza pt. *Anizotropia przewodności właściwej wybranych, przestrzennie periodycznych modeli substancji ziarnistych* (1980 r.) oraz Stanisława Jankowskiego pt. *Rekurencyjna metoda obliczania admitancji międzywęzłowych dla pewnej klasy elektrycznych sieci binarnych* (1980 r.). W roku 1983 grono osób zajmujących się badaniem właściwości elektrycznych modeli substancji ziarnistych stworzyło odrębny zespół — Zespół Badania Elektrycznych Właściwości Ośrodków Niejednorodnych (BEWON). Kierownikiem Zespołu został Czesław Rajski.

W roku 1975 R. Jachowicz zainicjował prace nad pomiarami wilgotności gazów oraz miniaturowym czujnikiem punktu rosy, najpierw typu RC, a następnie cienkowarstwowym typu MOS. W latach 1977–78 R. Jachowicz przebywał na rocznym stypendium w National Bureau of Standards w Waszyngtonie (USA), a w latach 1978–79 na półrocznym kontrakcie naukowym Massachusetts Institute of Technology w Cambridge (USA). Ważnym następstwem tego stażu było podpisanie umowy o polsko-amerykańskiej współpracy naukowo-technicznej, w ramach Funduszu im. Marii Skłodowskiej-Curie, między Politechniką Warszawską a National Bureau of Standards dotyczącej tematu: *Cienkowarstwowy czujnik wilgotności*. Badania obejmowały: komputerowe modelowanie i optymalizację pojemnościowego, meandrowego czujnika typu MOS, badania podstawowe dotyczące adsorpcji powierzchniowej SiO_2 i innych wybranych materiałów stałych, budowę kilku serii czujników o zróżnicowanych parametrach metrologicznych i pełne badania czujników. W roku 1981 R. Jachowicz za rozprawę pt. *Elektryczne metody pomiarów wilgotności* uzyskał stopień doktora habilitowanego. W latach 1991–92 podjęto w Instytucie Technologii Elektronowej w Warszawie małoseryjną produkcję czujników pojemnościowych typu MCP-MOS opracowanych przez R. Jachowicza. Pierwszą partię, 450 sztuk, sprzedano do USA. W 1992 r. R. Jachowicz został zaproszony przez Lehigh University w Bethlehem (USA) jako *visiting professor* w celu podjęcia badań nad pomiarami parametrów elektrycznych cienkich warstw dielektrycznych enkapsulujących o grubości rzędu 1 μm . W efekcie podpisano umowę polsko-amerykańską (lata 1994–1998), w ramach Funduszu im. Marii Skłodowskiej-Curie, dotyczącą wspólnego projektu badawczego *Metody pomiaru właściwości elektrycznych cienkich warstw dielektrycznych i metody ich modelowania*.

W roku 1987 z inicjatywy R. Jachowicza podjęto badania nad półprzewodnikowymi pojemnościowymi czujnikami ciśnienia. W ramach zamawianego przez KBN projektu badawczego *Krzemowe czujniki mikromechaniczne*, we współpracy z Instytutem Technologii Elektronowej w Warszawie, opracowano unikalną konstrukcję czujnika (dwa patenty), której cała technologia wytwarzania następuje po jednej stronie płyty krzemu i jest w pełni zgodna z technologią CMOS. Udoskonalona konstrukcja czujnika z pełnymi badaniami została zaprezentowana na najpoważniejszej światowej konferencji z dziedziny czujników — Transducers '91 — w San Francisco. W celu zmniejszenia kosztów oraz poszerzenia warsztatu badawczego zainicjowano prace nad komputerowym modelowaniem struktur czujników ciśnienia. W ich

wyniku powstała najpierw konstrukcja czujnika pojemnościowego „z pływającą elektrodą”, a na jego podstawie półprzewodnikowy czujnik ciśnienia oparty na tranzystorze typu FET. Oba rozwiązania zostały zastrzeżone patentem, a wyniki prac opublikowane w kraju oraz zaprezentowane w 1994 r. na forum międzynarodowym. W roku 1994 R. Jachowicz został zaproszony jako *visiting professor* do Technische Universität Wien w Wiedniu (Austria).

Na początku lat dziewięćdziesiątych — w związku z pojawieniem się nowych możliwości technologii w krzemie, w technice hybrydowej i w płaskim montażu — w Zespole podjęto prace nad czujnikami inteligentnymi. Współczesne miernictwo cechuje powszechne stosowanie elektrycznych metod pomiarowych, tzn. takich, w których praktycznie wszystkie wielkości fizyczne i chemiczne zostają przetworzone na sygnał elektryczny podlegający dalszej obróbce. Jest więc oczywiste, że problem takiego przetwarzania staje się problemem kluczowym.

W ostatnich latach obserwuje się dynamiczny rozwój przetworników (czujników) służących do pomiaru wielu parametrów. Nowe technologie wymagają opracowania czujników o bardzo małych wymiarach — mikroczujników, a nowe normy jakościowe wymuszają konieczność uzyskiwania wysokich niezawodności i dużej dokładności. Środkiem do realizacji powyższych celów jest minimalizacja wpływu zakłóceń oraz pomiar kilku wielkości równocześnie. Czujniki do pomiaru wielu parametrów są w istocie miniaturowymi systemami, w których znajduje się jeden lub kilka mikroprocesorów. Takie czujniki nazywane są czujnikami inteligentnymi. Czujniki inteligentne charakteryzuje zespół cech umożliwiających realizację różnorodnych zadań, np. linearyzację charakterystyk przetwarzania, automatyczny wybór zakresu pomiarowego, wykrywanie błędów, wstępne statystyczne opracowywanie danych, sterowanie pracą wydzielonych bloków, autokalibrację. Realizację wymienionych zadań umożliwia olbrzymi postęp w konstrukcji układów scalonych. W szczególności dotyczy to układów specjalizowanych, projektowanych do konkretnych zastosowań — ASIC (*Application Specific Integrated Circuits*). Prace podjęte w Zespole dotyczą inteligentnych czujników do pomiaru ciśnienia, wilgotności i temperatury, specjalizowanych bloków pomiarowych oraz bloków cyfrowego przetwarzania sygnału dla tych czujników. W latach 1995–2000 podjęto prace nad interfejsami czujników inteligentnych w dwóch aspektach: zabezpieczenia struktur czujników nad degradacyjnym oddziaływaniem środowiska badanego oraz implementacji nowych standardów cyfrowych (IEEE 1451.1 i 1451.2 oraz Lon Works) w celu włączenia czujników inteligentnych do sieci pomiarowych z rozproszoną inteligencją. W latach 1995–1998 w Zespole były prowadzone prace badawcze w ramach umów międzynarodowych: NEXUSEAST, Copernicus — *Network of Excellence in Multifunctional Microsystems* (uczestniczyło 19 państw europejskich) oraz Inco Copernicus (CASE) — *Krzemowe czujniki pojemnościowe dla zastosowań biomedycznych*, wspólnie z Institute of Microelectronics w Atenach (Grecja), Consejo Superior de Investigaciones Cientificas Instituto de Automatica Industrial w Barcelonie (Hiszpania) oraz Research Institute for Electronic Components w Bukareszcie (Rumunia). Znaczenie problemów związanych z badaniami i konstrukcją czujników znalazło również odzwierciedlenie w projekcie TEMPUS — *Education in Technology and Applications of Advanced Sensors*, koordynowanym przez Ryszarda Jachowicza.

W roku 1976 zainicjowane zostały prace badawcze w dziedzinie pomiarów przepływu cieczy. Pierwsze opracowania dotyczyły elektronicznych turbinowych przepływomierzy małych przepływów, w szczególności na potrzeby motoryzacji. Skonstruowano też przepływomierz małych przepływów dla cieczy aktywnych chemicznie o podwyższonej temperaturze krzepnięcia dla Instytutu Chemii Przemysłowej oraz przepływomierz do pomiaru dawki paliwa w stanowisku probierczym. Następnie podjęto badania możliwości pomiaru przepływu za pomocą czujników bez elementów ruchomych (metody: wirowa i oscylacyjna). Prowadzone badania zaowocowały rozprawami doktorskimi: Grzegorza Pankanina pt. *Metoda doboru parametrów przetwornika pierwszego stopnia w elektronicznym przepływomierzu wirowym* (1984 r.) oraz Jacka Duszy pt. *Metoda projektowania miniaturowych elektrycznych przepływomierzy strumieniowych w oparciu o elektryczny model oscylatora hydrodynamicznego* (1986 r.).

W roku 1985 grupa osób zajmujących się pomiarami przepływów wydzieliła się z Zespołu Aparatury i Miernictwa Wielkości Nielektrycznych i utworzyła Zespół Pomiarów Przepływu (obecnie Zespół Przemysłowych Systemów Kontrolno-Pomiarowych). Kierownikiem tego zespołu został Grzegorz Pankanin. W nowym zespole kontynuowano prace nad przepływo-

mierzami wykorzystującymi oscylacje hydrodynamiczne płynu, a w szczególności nad przepływomierzem wirowym. Badania miały charakter zarówno poznawczy, jak i użytkowy. Stosowano różnorodne metody badawcze (wizualizacja przepływu, modelowanie numeryczne, termoanemometria, analiza sygnałów pomiarowych) mające na celu dalsze poznanie właściwości zjawiska i, w efekcie, optymalizację konstrukcji czujników przepływomierzy. Powstało kilka konstrukcji, takich jak typoszereg przepływomierzy z elektronicznymi układami przetwarzania sygnału i wizualizacji wyników, ciepłomierz CV2 do pomiaru ilości ciepła w budynkach mieszkalnych. Skonstruowano stanowiska badawcze do wizualizacji przepływu metodą znacznikową, stanowisko do skalowania przepływomierzy gazu i stanowisko do termoanemometrycznych badań pola prędkości. Prace badawcze były prowadzone w ramach umów z zakładami przemysłowymi (WSK Świdnik, Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, Instytut Chemii Przemysłowej, Przedsiębiorstwo Budownictwa Wodnego w Bydgoszczy, Przedsiębiorstwo w Warszawie), udziału w Centralnym Programie Badań Podstawowych (CPBP 01.14), grantach KBN w programie TEMPUS oraz prac własnych i statutowych. Wyniki prac zostały przedstawione w ponad pięćdziesięciu publikacjach naukowych.

Działalność Zespołu Aparatury i Miernictwa Wielkości Nielektrycznych i Zespołu Przemysłowych Systemów Kontrolno-Pomiarowych koncentruje się na problematyce przetwarzania wielkości nieelektrycznych na sygnał elektryczny. Natomiast przetwarzanie analogowo-cyfrowe i cyfrowe przetwarzanie sygnałów są traktowane jako narzędzie do doskonalenia procesu pomiarowego ze względu na dokładność pomiaru oraz uzyskanie maksymalnej ilości informacji o mierzonym zjawisku. Zagadnienia związane z przetwarzaniem analogowo-cyfrowym, cyfrowo-analogowym, cyfrowym przetwarzaniem sygnałów pomiarowych oraz funkcjonowaniem systemów kontrolno-pomiarowych są przedmiotem zainteresowania Zespołu Systemów Pomiarowych w Instytucie Systemów Elektronicznych (do roku 1998 Instytut Podstaw Elektroniki) oraz w Zespołach: Komputerowej Techniki Pomiarowej i Cyfrowego Przetwarzania Sygnałów Pomiarowych w Instytucie Radioelektroniki.

Stały rozwój i doskonalenie procesów technicznych, szczególnie technologicznych, wymagała techniki pomiarowej spełniającej wymagania coraz dokładniejszych pomiarów, a rosnące stale zastosowanie elektronicznego przetwarzania danych zmuszało do odpowiedniego przystosowania uzyskanych informacji. Te wymagania spełnia cyfrowa technika pomiarowa. Jej rozwój jest od roku 1950 bezpośrednio związany ze wspomnianym na wstępie dynamicznym rozwojem elektroniki, a szczególnie technologii półprzewodnikowej. Dopiero mikroelektronika, układy scalone wielkiej skali integracji oraz mikroprocesory pozwoliły na ekonomicznie uzasadnione zastosowanie cyfrowej techniki pomiarowej. Większość cyfrowych metod pomiarowych opiera się na zliczaniu impulsów. Pierwsze zastosowanie tych metod miało miejsce w technice jądrowej w związku z rozwojem zastosowań izotopów promieniotwórczych. Na początku lat sześćdziesiątych w Polsce zapoczątkowano seryjną produkcję mierników zliczających. W latach 1960–75, najpierw w Katedrze Urządzeń Radiotechnicznych, kierowanej przez Stanisława Ryżkę, a następnie w Zespole Miernictwa Cyfrowego Instytutu Radioelektroniki, opracowano kilkanaście modeli częstotliwościomierzy — czasomierzy liczących (Edmund Porządkowski, Waldemar Kiełek). Jednym z pierwszych był czasomierz liczący SL-10, zbudowany na lampach, który mógł być również wykorzystany jako wzorzec częstotliwości w zakresie od 10 Hz do 1 MHz. Kolejnym opracowaniem była aparatura do pomiaru częstotliwości AFL1, w skład której wchodziły: wzorzec częstotliwości 100 kHz wraz z odbiornikiem kontrolnym umożliwiającym korekcję częstotliwości wzorca przez jej porównanie z częstotliwością wzorcową sygnału emitowanego przez stację GBR (Wielka Brytania), częstotliwościomierz zliczający FL21 o częstotliwości granicznej 2,2 MHz oraz przystawka PM1 rozszerzająca zakres pomiarowy do 32 MHz. Wymienione opracowania określają główne kierunki badań w Zespole Miernictwa Cyfrowego przez kilka kolejnych lat. Obejmowały one cyfrowe metody pomiaru fazy, czasu i częstotliwości. Ukoronowaniem tych prac był model uniwersalnego miernika częstotliwości i czasu — UMCC-1. Od roku 1975 Zespół Miernictwa Cyfrowego kontynuował prace jako Zespół Komputerowej Techniki Pomiarowej. W zespole prowadzono prace badawczo-rozwojowe w dziedzinie systemów pomiarowych z przetwarzaniem wielkości mierzonych na odstęp czasu, częstotliwość lub napięcie. Były to głównie systemy z interfejsem IEC-625. Zrealizowano kilkadziesiąt prac dla przemysłu, wiele prac naukowo-

-badawczych wdrożono. Opracowano m.in. system sterowania urządzeń elektronowiązkowych do produkcji układów scalonych, programowany konwerter czas–cyfra, cyfrowy rejestrator sygnałów akustycznych, sprzęgacz systemowy, kontroler systemu IEC-625, system do badania struktur półprzewodnikowych MOS, mikrokomputerowy system nagrywania magnetofonowych taśm pomiarowych, modułowy system analizy sygnałów MSAS. Opracowano również projekt automatycznego systemu do pomiaru wybranych wielkości fizycznych oraz oprogramowanie do wspomaganie komputerem pomiarów kalorymetrycznych. Podsumowaniem głównych wątków tych prac były dwie rozprawy doktorskie: Andrzeja Podgórskiego (1983 r.) i Wiesława Winięckiego (1986 r.). W latach dziewięćdziesiątych prace Zespołu Komputerowej Techniki Pomiarowej dotyczyły głównie automatyzacji pomiarów radiokomunikacyjnych. Za opracowanie i wdrożenie w Państwowej Agencji Radiokomunikacyjnej systemu pomiarowo-kontrolnego do monitorowania sygnałów radiowych w paśmie 10 kHz–18 GHz Zespół otrzymał nagrodę Ministra Edukacji Narodowej. Doświadczenia wyniesione z tych prac zaowocowały podręcznikiem autorstwa W. Winięckiego pt. *Organizacja komputerowych systemów pomiarowych* (1997 r.).

Mimo rozwoju i szerokiego zastosowania cyfrowej techniki pomiarowej, technika analogowa odgrywa wciąż ważną rolę w systemach pomiarowych. Zadanie przetwarzania sygnału analogowego na sygnał cyfrowy realizowane jest przez przetworniki analogowo-cyfrowe (PAC). Przetworniki cyfrowo-analogowe (C/A) pełnią funkcję odwrotną: na podstawie informacji o charakterze cyfrowym odtwarzają sygnał analogowy w postaci dogodnej do interpretacji i oceny lub wizualizacji. Stanowią zatem ogniwo łączące analogowy świat wielkości fizycznych z cyfrowym światem przetwarzania sygnałów i obróbki danych; odgrywają więc we współczesnej technice pomiarowej bardzo ważną rolę. Przetwarzanie analogowo-cyfrowe stanowi centrum zainteresowania Zespołu Systemów Pomiarowych Instytutu Systemów Elektronicznych od początku jego powstania w roku 1970. Na początku lat siedemdziesiątych prace naukowo-badawcze obejmowały metody modelowania statystycznego, podstawy jednolitej teorii przetworników sygnałów oraz optymalne pod względem odporności na zakłócenia algorytmy przetwarzania analogowo-cyfrowego; analizowano szумы w przetwarzaniu analogowo-cyfrowym oraz opracowano metody optymalizacji procesu przetwarzania danych pomiarowych z uwzględnieniem zakłóceń oraz ograniczeń wynikających z zastosowania procesora cyfrowego. Wynikiem prowadzonych badań były rozprawy doktorskie: Konrada Hejna pt. *Zastosowanie metody Monte-Carlo do teorii pewnej klasy przetworników cyfrowo-analogowych* (1976 r.) oraz Sławomira Sobczaka pt. *Analiza możliwości zmniejszenia wpływu zakłóceń na dokładność przetworników A/C z dyskretnym równoważeniem* (1977 r.). W zakresie tematu badawczego *Cyfrowa synteza i analiza sygnałów w systemach pomiarowych wspomaganym minikomputerem* opracowano program do cyfrowej korekcji błędów dynamicznych powstających w układzie wejściowym przetworników analogowo-cyfrowych. Ponadto, prowadzono prace z zakresu analizy i konstrukcji automatycznego systemu pomiarowego na pasmo 1 GHz. Opracowano program do automatycznej analizy przebiegu impulsowego, wzorowany na języku ATLAS. Badano również problemy metrologiczne występujące przy aparaturowej syntezie i analizie sygnałów metodami cyfrowymi. We współpracy z Przemysłowym Instytutem Elektroniki opracowano zautomatyzowane stanowisko do pomiarów parametrycznych układów scalonych. Opracowano również metody numeryczne do testowania układów i systemów elektronicznych, a w ramach programu CPBR 8.3 testery do badania parametrów dynamicznych szybkich przetworników analogowo-cyfrowych i cyfrowo-analogowych oraz prototyp generatora dowolnych sygnałów przeznaczony dla systemu do pomiaru parametrów dynamicznych układów scalonych. W latach dziewięćdziesiątych przedmiotem zainteresowania Zespołu Systemów Pomiarowych były zagadnienia konstrukcji, testowania i oprogramowania elementów systemów pomiarowych, a w szczególności analogowo-cyfrowych układów wielkiej skali integracji (VLSI), szybkich przetworników analogowo-cyfrowych, przetworników delta-sigma z nadpróbkowaniem. Opracowano szereg rozwiązań konstrukcyjnych: przetwornik analogowo-cyfrowy z nadpróbkowaniem (uzyskany patent), model scalonego przetwornika analogowo-cyfrowego na pasmo akustyczne o rozdzielczości 18 bitów, mikroprocesorowy generator sygnałów pobudzających w środowisku sprzętowym interfejsu VXI. Zakres zainteresowań Zespołu obejmował również implementację przyrządów wirtualnych w środowisku sprzętowym interfejsu VXI i programowym zbioru

komend SCPI oraz modelowanie systemów elektronicznych z wykorzystaniem języka VHDL. Przygotowano projekt normy pomiaru efektywnej rozdzielczości układów analogowo-cyfrowych, przeznaczony dla IEEE i EUPAS. Efekty tych ostatnich badań znalazły odzwierciedlenie w pracy habilitacyjnej Konrada Hejna pt. *Wybrane zagadnienia metrologii współczesnych przetworników A/C* (2001 r.).

Kolejnym istotnym zagadnieniem w obszarze projektowania systemów pomiarowych jest cyfrowe przetwarzanie sygnałów pomiarowych. Pewne operacje na sygnałach są bardzo trudne bądź niemożliwe do wykonania w technice analogowej, np. detekcja sygnału ukrytego w szumie, korelacja między dwoma sygnałami itp. Stały się one możliwe dzięki zastosowaniu techniki cyfrowego przetwarzania sygnałów. Technika ta umożliwia wydobywanie większej ilości informacji o badanym zjawisku. Od początku lat osiemdziesiątych cyfrowym przetwarzaniem sygnałów pomiarowych zajmuje się Zespół Cyfrowego Przetwarzania Sygnałów Pomiarowych w Instytucie Radioelektroniki, którego kierownikiem jest Roman Z. Morawski. Zainteresowanie tego zespołu zagadnieniem cyfrowego przetwarzania sygnałów było związane z podjęciem tematu badawczego *Automatyzacja pomiarów w wybranych dziedzinach badań fizykochemicznych*, realizowanego w latach 1980–81 dla Instytutu Chemii Fizycznej PAN. Istotnym wynikiem pracy nad tym tematem było stwierdzenie, że metody i algorytmy dekonwolucji (rozplotu) mogą być podstawą rozwiązania bardzo wielu problemów z zakresu obróbki danych pomiarowych uzyskanych w wyniku pomiarów przyrządami stosowanymi w laboratoriach analitycznych, takimi jak kalorymetry dynamiczne i spektrofotometry. Temu zagadnieniu były poświęcone kolejne prace badawcze: badania algorytmów odtwarzania temokinetyki metodą n-ciał, system zbierania i przetwarzania danych pomiarowych do automatyzacji badań fizykochemicznych, programy wspomaganie pomiarów kalorymetrycznych za pomocą mikrokomputera ZX Spectrum, metody odtwarzania sygnałów pomiarowych oraz algorytmy rozwiązywania zadań odwrotnych fizyki technicznej. Wyniki tych prac zostały podsumowane i uogólnione w rozprawie habilitacyjnej R. Z. Morawskiego pt. *Metody odtwarzania sygnałów pomiarowych* (1989 r.). Istotnym wnioskiem tam sformułowanym było stwierdzenie, że perspektywnym kierunkiem doskonalenia metod odtwarzania sygnałów pomiarowych jest integracja elementarnych mechanizmów regularyzacji zadań obróbki danych, takich jak: parametryzacja sygnału odtwarzanego, dyskretyzacja tego sygnału, wprowadzanie ograniczeń zbioru dopuszczalnych rozwiązań. W latach dziewięćdziesiątych problematyka doskonalenia metod odtwarzania sygnałów pomiarowych znalazła się w szeregu prac badawczych dotyczących metod odtwarzania mezurandów, metod wzorcowania torów pomiarowych, systemów wspomaganie projektowania algorytmów przetwarzania sygnałów pomiarowych oraz metod poprawiania charakterystyk metrologicznych aparatury pomiarowej stosowanej w monitoringu środowiska naturalnego i monitoringu przemysłowym. Od 1988 r. tematyka prac prowadzonych w Zespole Cyfrowego Przetwarzania Sygnałów Pomiarowych dotyczy nowych rozwiązań systemów do pomiaru stężeń roztworów i wysokich ciśnień oraz metod projektowania scalonych czujników spektrofotometrycznych wspomaganym procesorem cyfrowym. Prace te są prowadzone wspólnie z Université du Québec a Trois-Rivieres, Departement de Genie Electrique oraz firmą Measurement Microsystems A-Z, Inc. (Kanada). Wyniki badań zostały opublikowane w ponad 100 artykułach w takich czasopismach, jak: IEEE Transaction on Instrumentation and Measurements, Journal of Chemometrics oraz w materiałach konferencji poświęconych metrologii i miernictwu: IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference oraz materiałach kongresu IMEKO.

Wynalezienie lasera, źródła promieniowania spójnego nie istniejącego w przyrodzie, było silnym impulsem do rozwoju optoelektroniki. Otworzyły się zupełnie nowe możliwości zastosowań naukowych i praktycznych. W roku 1965, z inicjatywy Adama Smolińskiego, powstał w Zakładzie Układów Elektronicznych Katedry Podstaw Telekomunikacji Zespół Układów Optoelektronicznych. Od 1973 r. zespół ten działał w Zakładzie Miernictwa i Aparatury Pomiarowej, a po zmianie nazwy w Zakładzie Miernictwa i Optoelektroniki, pod kierunkiem Jerzego Helsztyńskiego. Tematyka prac obejmuje obszerny zakres zagadnień z optoelektroniki, przy czym znacząca część aktywności Zespołu Układów Optoelektronicznych dotyczy metrologii optoelektronicznej, w ramach której mieści się zarówno miernictwo elementów i podzespołów optoelektronicznych (w tym światłowodów), jak i optoelektroniczne metody pomiarów wielkości nieelektrycznych (optoelektroniczne czujniki pomiarowe). W połowie

lat siedemdziesiątych w ramach Programu Rządowego PR-3 zespół prowadził prace studialne dotyczące metod pomiarowych i prace projektowo-konstrukcyjne nad aparaturą do pomiaru światłowodów. Zbudowano szereg stanowisk pomiarowych oraz przyrządów do pomiaru wszystkich istotnych parametrów światłowodów. W następnych latach, w ramach zadania *Laboratorium Środowiskowe Metrologii Światłowodowej* (CPBR 08.12), opracowano i zrealizowano trzy całkowicie skomputeryzowane stanowiska do pomiaru tłumienia spektralnego, profilu refrakcyjnego i parametrów geometrycznych światłowodów w wersji z kamerą CCD na światło widzialne oraz w wersji ze skanowaniem mechanicznym do analizy w podczerwieni (światłowody jednomodowe). Stanowiska te mogą być również wykorzystywane do pomiaru sprzęgaczy kierunkowych, długości fali odcięcia modu drugiego rzędu światłowodów jednomodowych i transmitancji światłowodowych siatek Bragga (stosowanych w telekomunikacji wielofalowej WDM, do kompensacji dyspersji światłowodów jednomodowych i do celów czujnikowych). Wyniki prac były referowane na licznych konferencjach, a także publikowane, np. w *International Journal of Optoelectronics*. Osobną grupę tematyczną stanowiła anemometria dopplerowska (Kazimierz Jędrzejewski). W tej tematyce koncentrowano uwagę głównie na badaniach dotyczących analogowych i cyfrowych procesorów do obróbki bardzo trudnego sygnału dopplerowskiego. Wieloletnie prace teoretyczne i konstrukcyjne nad modulatorami światła (których efektem była m.in. rozprawa habilitacyjna Jerzego Helsztyńskiego pt. *Optymalizacja elektrooptycznych modulatorów światła* (1981 r.) — wyróżniona nagrodą Wydziału IV PAN) prowadzono także pod kątem możliwości zastosowania modulatora w części optycznej anemometru dopplerowskiego (również interferencyjnego). Kolejny kierunek prac związany był z wzorcami częstotliwości i dotyczył badań nad układem stabilizacji częstotliwości lasera He–Ne z wewnętrznymi zwierciadłami (Lech Lewandowski). Z wzorcami częstotliwości wiązała się także praca koncepcyjno-konstrukcyjna dotycząca optoelektronicznego demodulatora częstotliwości bez heterodynowania optycznego, mało wrażliwego na modulację natężenia promieniowania (rozprawa doktorska L. Lewandowskiego — 1980 r. oraz wspólny patent J. Helsztyńskiego i L. Lewandowskiego).

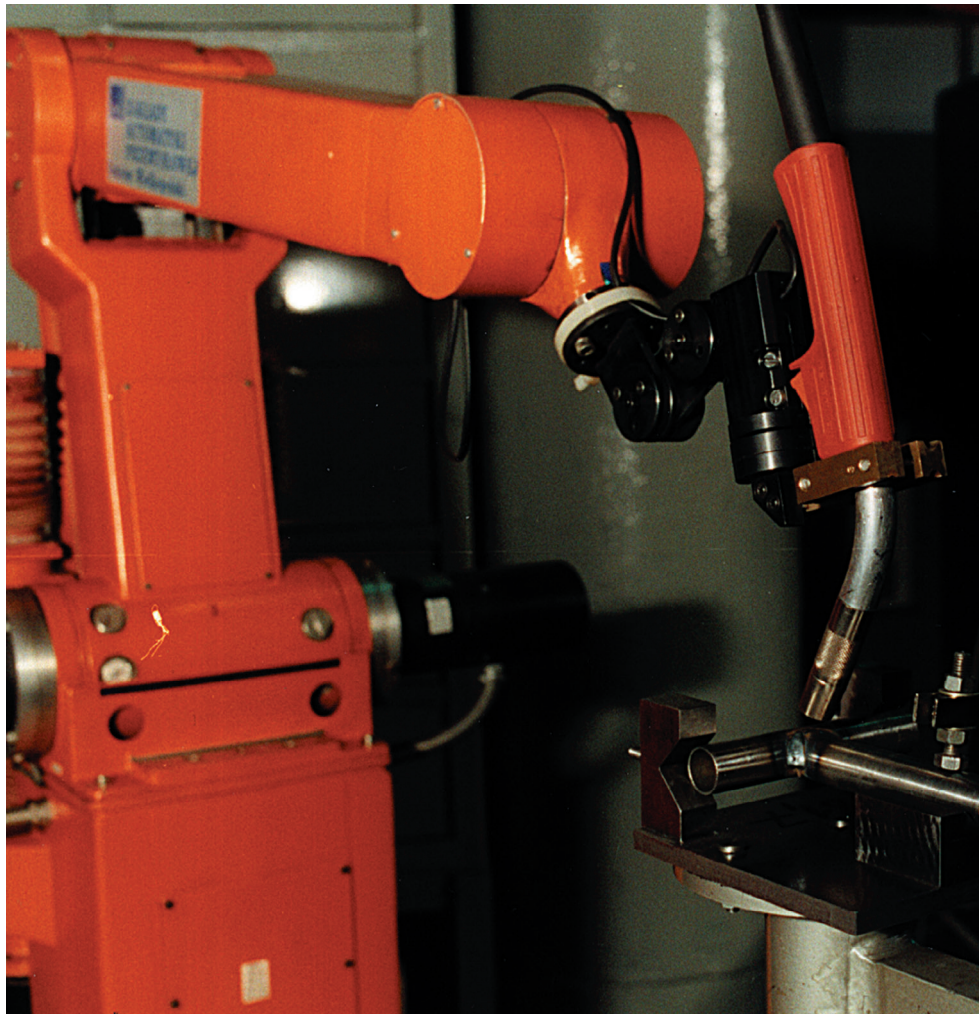
Przedmiotem zainteresowania Zespołu Układów Optoelektronicznych są także zagadnienia pomiaru długości fali i widm źródeł promieniowania. Opracowano i wykonano szereg użytkowych modeli rezonatorów Fabry-Perota do analizy widm laserów He–Ne oraz — o dużym zakresie przestrajania — widm laserów półprzewodnikowych (Wiesław Jasiewicz). W tej grupie tematycznej trzeba umieścić stworzenie skomputeryzowanego systemu do pomiaru transmitancji spektralnej na podstawie zmodernizowanego spektrofotometru VSU-2G (zastosowano nową siatkę dyfrakcyjną na długość fali wybłyszczenia 1,5 μm , dodano napęd — silnik krokowy i nowy fotodetektor oraz w pełni skomputeryzowano). System powstał z myślą o zastosowaniu do pomiaru transmitancji spektralnej m.in. światłowodowych siatek Bragga.

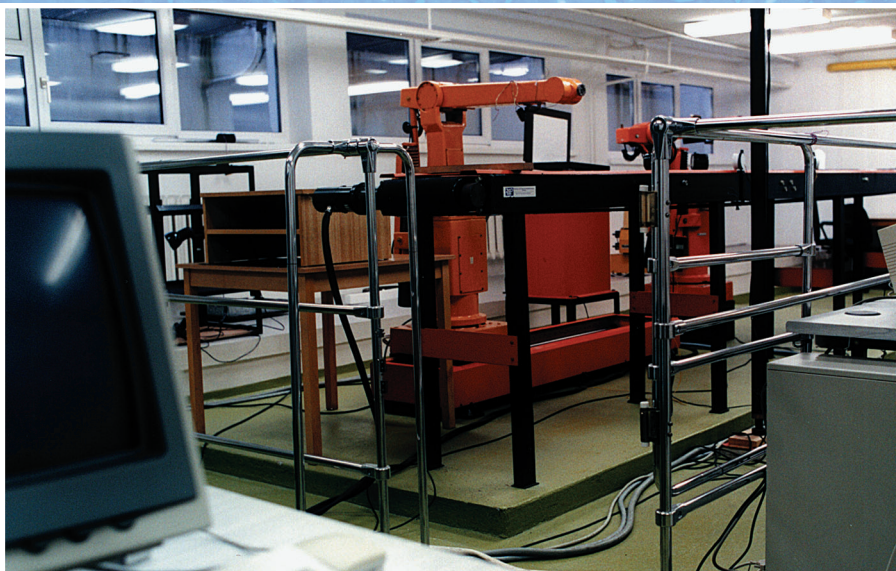
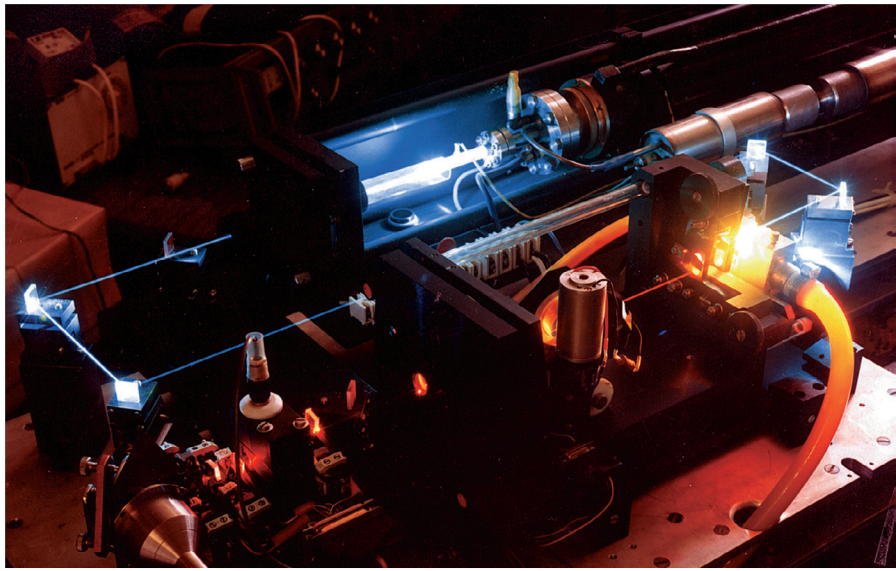
Przedmiotem badań prowadzonych przez Zespół Układów Optoelektronicznych są także czujniki optoelektroniczne do pomiaru różnych wielkości nieelektrycznych. Przewyższają one niektórymi parametrami czujniki innego rodzaju, np. pod względem czułości (zwłaszcza czujniki interferencyjne). Warto wymienić tutaj prace prowadzone w Programie Priorytetowym „Inżynieria Fotoniczna”. I tak, opracowano i wykonano użytkowy model bezkontaktowego czujnika drgań z interfejsem działający na zasadzie pomiaru natężenia światła odbitego od obiektu drgającego (minimalna mierzona amplituda drgań 0,1 μm , zakres częstotliwości drgań 20 Hz–300 kHz). Ponadto, opracowano opcjonalną głowicę optyczną zwiększającą odległość pomiaru z 1 mm do 40 mm (J. Helsztyński, L. Lewandowski, W. Jasiewicz); wyniki prac publikowano w poważnych czasopismach. Ryszard Romaniuk i jego współpracownicy zainteresowani są pomiarami dotyczącymi środowiska naturalnego. Artur Dybko uzyskał stopień doktora za rozprawę pt. *Światłowodowy czujnik pH do zastosowań w inżynierii środowiska* (1996 r.), powstał światłowodowy system pomiarowy do monitoringu stężenia jonów hydroniowych pH w naturalnych ciekach wodnych oraz stacja meteorologiczna monitorująca w sposób ciągły środowisko (wyniki monitoringu udostępniane są przez Internet). Krzysztof Poźniak, od wielu lat współpracujący z Instytutem Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego i ośrodkiem naukowym Deutsches Elektronen Synchrotron w Hamburgu, jest autorem szybkich, wielokanałowych i rozproszonych elektronicznych systemów do pomiaru tła w spektrofotometrze opracowanych w ramach międzynarodowego eksperymentu ZEUS.

Inicjatorem tematyki technologicznej w Zespole Układów Optoelektronicznych jest jego obecny (od 1997 r.) kierownik Kazimierz Jędrzejewski. Początkowo prace dotyczyły wytwarzania przewężanych sprzęgaczy kierunkowych, obecnie wykorzystywane są światłowodowe siatki dyfrakcyjne Bragga. Zespół będzie wkrótce dysponował stanowiskiem wyposażonym w nowoczesną aparaturę technologiczną do wytwarzania siatek Bragga.

Potencjalne możliwości wykorzystania czujników optoelektronicznych również w postaci czujników rozproszonych przestrzennie (np. do pomiaru naprężeń w dużych obiektach, takich jak mosty, zapory wodne, również płyty nośne samolotów itp.) wydają się nieograniczone. Dotychczas w małym zakresie wykorzystywano te możliwości, jednak liczba zastosowań czujników optoelektronicznych szybko wzrasta.

Jeżeli chodzi o prognozy na przyszłość, to zapewne w stosunkowo bliskiej przyszłości będą kontynuowane prace nad możliwością wykorzystania znanych zjawisk do pomiaru różnorodnych wielkości, będą opracowywane nowe czujniki, zaś istniejące będą doskonałe; zapewne w większym stopniu wykorzystane zostaną czujniki biologiczne. Wobec zwiększających się zdolności obliczeniowych komputerów pojawią się nowe, doskonalsze, pakiety oprogramowania przeznaczone do zastosowań metrologicznych. Wszelkie prognozy opierają się jednak w znacznej mierze na aktualnej wiedzy, a więc nie można wykluczyć, że pojawią się odkrycia, które zrewolucjonizują nasze widzenie świata i przyszłe technologie. Któż w latach czterdziestych czy pięćdziesiątych XX wieku mógł przewidzieć tak dynamiczny rozwój elektroniki? Przecież jeszcze w roku 1955 znany fizyk Sir George Thomson sądził, że rola tranzystora będzie znikoma!





refleksja jubileuszowa, czyli pytanie o przyszłość

Jubileusze skłaniają zwykle do syntez historycznych i sumowania osiągnięć. Zadanie to zostało wykonane w siedmiu esejach składających się na niniejszy tomik. Jego tytuł zapowiada jednak coś więcej: próbę spojrzenia w przyszłość. No cóż, jej podjęcie okazało się zadaniem znacznie trudniejszym niż można było przypuszczać, a w konsekwencji wypowiedzi dotyczące przyszłości są więcej niż skromne. Jednym ze źródeł trudności jest tempo zmian zachodzących w obszarze działania Wydziału. Sprawia ono, że nawet bardzo staranna ekstrapolacja trendów rozwojowych, charakterystycznych dla minionego pięćdziesięciolecia, może okazać się prognozą zupełnie chybioną, prognozą budzącą uśmiech na twarzy naszych wnuków, tak jak to się stało z dziewiętnastowiecznymi przewidywaniami dotyczącymi skutków wykładniczego narastania liczby koni dorożkarskich w miastach... Zmianom ewolucyjnym towarzyszą bowiem stosunkowo częste — w porównaniu z innymi dziedzinami nauki i techniki — rewolucje naukowe i technologiczne, czyniące ekstrapolację nieużytecznym narzędziem prognozowania. Nie oznacza to, oczywiście, że o przyszłości nie można lub nie trzeba rozmawiać. Wprost przeciwnie, tym większa zdaje się być potrzeba takiej refleksji, tyle tylko, że musi ona dopuszczać subiektywizm w stopniu znacznie większym niż refleksja historyczna. Motorem takiej refleksji są pytania, które stawia nam rzeczywistość, które sobie zadajemy wystawiani na próbę niełatwych doświadczeń. Czytając eseje zawarte w tym zbiorze — a ten przede wszystkim — pamiętać należy, że ich autorzy prezentują swoje osobiste poglądy, niezależnie od funkcji, jakie pełnią lub pełnili w strukturach zarządzania Wydziałem. Taka konwencja istotnie łagodzi autocenzurę, sprzyja więc generacji nowych idei, a tym samym pogłębieniu refleksji środowiskowej na temat instytucjonalnej tożsamości i dalszego rozwoju Wydziału — nawet jeśli ma charakter nieprofesjonalny (z punktu widzenia metodologii badań historycznych) i wysoce subiektywny (ze względu na osobiste zaangażowanie autorów w tworzenie historii Wydziału). Próba nowego spojrzenia na historię i teraźniejszość Wydziału jest jednak tylko wstępem do właściwej refleksji na temat kierunków ewolucji Wydziału, a więc jego przyszłości. Pójdźmy więc o krok dalej...

Na naszych oczach dokonuje się rewolucja cywilizacyjna:

- płyta kompaktowa wyparła już całkowicie tradycyjną płytę winylową jako nośnik dźwięku;
- płyta DVD¹ wypiera tradycyjną kasetę wideo typu VHS² jako nośnik obrazu i dźwięku;
- cyfrowy aparat fotograficzny wypiera aparat z kliszą wywoływaną chemicznie;
- komputer osobisty typu *notebook*, wyposażony w odpowiednio bogaty zestaw urządzeń peryferyjnych (wewnętrznych i zewnętrznych), zastępuje coraz większą liczbę tradycyj-

¹ Ang. *Digital Versatile Disk*.

² Ang. *Vertical Helix Scan*.

Roman Z. Morawski

prof. dr hab.
Gmach Elektroniki, p. 445
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa
tel. (48 22) 660-7721
e-mail:
r.morawski@ire.pw.edu.pl

nych przedmiotów codziennego użytku: maszynę do pisania, odtwarzacz muzyki i filmu, podręczną bibliotekę słowników i encyklopedii, drukarnię i laboratorium fotograficzne, telefon i faks, doradcę finansowego i matrymonialnego, a nawet sprzedawcę sklepowego;

- telefonia komórkowa i sieć *Internet* spajają miliony ludzi w szczególnego rodzaju układ społeczny, w którym wymiana informacji może odbywać się w sposób natychmiastowy w nieznanej dotychczas skali;
- pieniądze „plastikowe” wypierają tradycyjne monety i banknoty, tzn. rośnie liczba operacji finansowych przeprowadzanych bez odwoływania się do tych ostatnich, a przy użyciu kart płatniczych lub kredytowych;
- inteligentne mikrosystemy przejmują coraz większą liczbę funkcji nie tylko w technicznej infrastrukturze przemysłu, usług i badań naukowych, ale także we wszechogarniającym monitoringu procesów przemysłowych, środowiska naturalnego, sieci telekomunikacyjnych, pacjentów w szpitalach, procesów zarządzania i... życia prywatnego.

Wszystko to — i dobre, i złe — dzieje się za sprawą technik informacyjnych w szerokim rozumieniu tego terminu (ang. *information technology*), obejmującego nie tylko informatykę i telekomunikację, ale także obszary wiedzy związane z fizycznym substratem przechowywania i przetwarzania informacji; wraz z metodami i technikami pozyskiwania ilościowej informacji o procesach fizycznych, chemicznych i biologicznych (a więc z pomiarami) oraz z metodami i technikami przetwarzania tej informacji do celów sterowania systemami technicznymi, biologicznymi i społecznymi. Wszystko to dzieje się z udziałem społeczności Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych — od lat co najmniej pięćdziesięciu — i dlatego na społeczność tę spada część odpowiedzialności za dokonujące się na naszych oczach gwałtowne przemiany cywilizacyjne. Wielka to odpowiedzialność, bo wielkie są owe przemiany i trudne do przewidzenia ich długofalowe konsekwencje. Miniony wiek XX pokazał, jak ryzykowne jest pozostawianie owej odpowiedzialności wyłącznie w rękach polityków i jak zawodne są w tym względzie mechanizmy demokracji. Doświadczenie transformacji ekonomiczno-ustrojowej, jaka dokonała się w Polsce w latach dziewięćdziesiątych, upewnia nas co do trafności tej obserwacji: kolejne ekipy rządzące nie tylko nie były w stanie wypracować strategii rozwoju sfery nauki i szkolnictwa wyższego, ale nawet nie znalazły czasu na rozwiązanie podstawowych problemów legislacyjnych i finansowych tej sfery dotyczących. Konsekwencje tego stanu rzeczy są wielce negatywne w skali całego kraju, powstały bowiem bardzo silne uwarunkowania działające na rzecz systematycznego obniżania standardów badawczych i edukacyjnych:

- spadek realnych nakładów na kształcenie jednego studenta wymusza ciągłe ograniczanie przez uczelnie zakresu świadczeń dydaktycznych na rzecz studenta, zakresu uznawanego za minimum niezbędne do nadania dyplomu ukończenia studiów wyższych;
- utrzymywanie płac nauczycieli akademickich na drastycznie niskim poziomie, przy jednoczesnym tolerowaniu („dla dobra” gwałtownie rozwijającego się **ilościowo** sektora szkół niepublicznych) ich wieloetatowości, doprowadziło do szkodliwej dekoncentracji ich wysiłku dydaktycznego, powodującej w wielu przypadkach ograniczenie tej działalności na rzecz Politechniki Warszawskiej do formalnie wystarczającego minimum i rezygnację z działalności badawczej;
- przelewające się przez media strumienie informacji o demoralizacji i nieudolności na szczytach władzy politycznej kreują atmosferę permissywizmu etycznego, w której łatwo o usprawiedliwienie dla zaniedbań, braku zaangażowania, a nawet oczywistych naruszeń etycznych.

Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, działając w obszarze technik priorytetowych i rynkowych, jest w szczególny sposób wystawiony na trudną próbę oddziaływania zewnętrznych czynników dezintegrujących. Na absolwentów specjalności informatycznych i telekomunikacyjnych czekają bowiem stanowiska pracy opłacane na poziomie zbliżonym do standardów zamożniejszych krajów europejskich. Nic więc dziwnego, że nie sposób ich zatrzymać na Wydziale, oferując im wynagrodzenia nie dające żadnych szans na założenie rodziny i zapewnienie jej socjalnego minimum. Jeśli to się jednak wciąż zdarza, to tylko dlatego, że zachodzi nadzwyczajna koincydencja okoliczności: kandydat do kariery akademickiej jest silnie umotywowany intelektualną atrakcyjnością pracy badawczej, może liczyć na dofinansowanie rodziców lub innego sponsora, jest gotów odroczyć moment założenia rodzi-

ny. Na absolwentów specjalności związanych z techniką mikrosystemów czekają intelektualnie atrakcyjne i dobrze płatne miejsca pracy — niestety, głównie za granicą: w Stanach Zjednoczonych, Kanadzie i Japonii, w Zjednoczonym Królestwie, Niemczech i Szwajcarii. Powoduje to ich odpływ, tymczasowy lub trwały; odpływ, którego już nie nazywamy „ucieczką”, ale który uszczupla potencjał kadrowy kraju i przyczynia się — w dyskretny sposób — do formowania atmosfery niewiary w jego perspektywy rozwojowe. Natomiast na absolwentów specjalności związanych z inżynierią biomedyczną, techniką pomiarową i automatyką czekają wprawdzie miejsca pracy, intelektualnie atrakcyjne i ściśle odpowiadające ich kwalifikacjom, ale na ogół nisko płatne (np. w placówkach państwowej służby zdrowia) lub niepewne (np. w powstających i znikających firmach lokujących się w niszach technologicznych z tymi dziedzinami związanych). I znowu jest to zjawisko deprymujące, bo zniechęcające potencjalnie zainteresowaną młodzież do kształcenia się w specjalnościach, które mają najwyższą dynamikę rozwojową w krajach technologicznie przodujących; wystarczy wspomnieć, że np. w Stanach Zjednoczonych zapotrzebowanie na absolwentów inżynierii biomedycznej od blisko 10 lat zwiększa się o 5–7% rocznie, podczas gdy dla inżynierów oprogramowania wskaźnik ten nie przekracza 0,5%, a dla inżynierów telekomunikacji jest ujemny. Rynek ofert alternatywnej pracy dla nauczycieli akademickich Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych jest bogaty i różnorodny; kusi nie tylko wysokimi płacami, ale także — a może przede wszystkim — perspektywą samorealizacji zawodowej, nie skrępowanej akademicką biurokracją i chronicznym niedoborem środków finansowych na aparaturę i oprogramowanie. Podejmowanie dodatkowej pracy poza Wydziałem Elektroniki i Technik Informacyjnych — w niepublicznych szkołach wyższych i międzynarodowych korporacjach związanych głównie z informatyką i telekomunikacją — przynosi niekiedy pewne korzyści Wydziałowi jako instytucji (kontrakty badawcze, donacje aparaturowe), częściej jednak oznacza jedynie zubożenie potencjału kadrowego Wydziału.

Zarysowana sytuacja stawia Wydział wobec trudnych dylematów, których rozstrzygnięcie odbywa się w sposób znamieny dla demokracji akademickiej, tj. w toku długotrwałych dyskusji i niekończących się sekwencji drobnych decyzji odwzorowujących osiągnięte kompromisy. Trudność owych dylematów bierze się, przede wszystkim, ze zderzenia systemu tradycyjnych wartości akademickich, takich jak dążenie do prawdy naukowej i dbałość o wysoki poziom kształcenia, ze światem wartości ekonomicznych i mechanizmów rynkowych. Decyzje dotyczące nowych programów kształcenia, decyzje dotyczące zmian strukturalnych na Wydziale, tak jak decyzje kadrowe, są pochodną rozstrzygnięć o charakterze strategicznym, zapewniających równowagę między bieżącymi potrzebami rynku pracy, długofalowymi potrzebami polskiej gospodarki w zakresie technik informacyjnych oraz osobistymi aspiracjami członków społeczności akademickiej Wydziału. Zadajemy więc sobie trudne pytania, najczęściej pozostawiając je bez definitywnej odpowiedzi:

- Czy za wszelką cenę, wbrew zniechęcającym okolicznościom zewnętrznym, powinniśmy rozwijać specjalności badawcze, nie cieszące się zainteresowaniem studentów i odbiorców wyników badań?
- Czy musimy każdego roku rekrutować aż 700 studentów na studia dzienne I stopnia? Czy nie moglibyśmy ograniczyć się do 300, a zwolnione „moce przerobowe” skierować na edukacyjną, badawczą lub konsultacyjną działalność przynoszącą Wydziałowi dodatkowe dochody?
- Czy powinniśmy uczestniczyć w masowym kształceniu inżynierów, czy raczej stać się elitarną szkołą magistrów i doktorów?
- Czy powinniśmy kultywować działalność wymagającą użycia kosztownej aparatury badawczej, czy raczej dokonać eliminacji obszarów badań, które takiej aparatury wymagają?
- Czy powinniśmy funkcjonować w dotychczasowej strukturze sześciu instytutów, czy raczej pomyśleć o restrukturyzacji, nie wykluczając wyodrębnienia dwóch nowych wydziałów?
- Czy powinniśmy uczestniczyć w wyścigu po granty Komitetu Badań Naukowych, granty Unii Europejskiej i inne środki na badania, rozdzielane przez agencje rządowe lub ponadrządowe, czy raczej postawić na bezpośrednią współpracę z przemysłem i sferą usług, w tym z firmami, które powstały za sprawą naszych kolegów — członków społeczności akademickiej Wydziału?

Nie unikniemy odpowiedzi na te pytania na progu drugiego pięćdziesięciolecia istnienia Wydziału, nawet jeśli nowelizacja *Ustawy o szkolnictwie wyższym* z czerwca tego roku wej-

dzie w życie zgodnie z jej duchem, a nie tylko literą. Pozostaną wszak wszystkie inne tu wspomniane uwarunkowania zewnętrzne; tym bardziej, że niektóre z nich wydają się mieć charakter ponadnarodowy. Do takich niewątpliwie należy zjawisko inflacji dyplomów (ang. *grade inflation*), o którym podczas dorocznej konferencji *American Society for Engineering Education* (Albuquerque, 2001) mówili i Amerykanie, i Francuzi, i na temat którego my też — niestety — mieliśmy coś do powiedzenia³. Nie unikniemy więc odpowiedzi na trudne pytania, choć wiemy, że będzie to proces trudnej dyskusji dla całego środowiska i jeszcze trudniejszych decyzji dla przyszłego kierownictwa Wydziału. Tak więc próby formułowania odpowiedzi na kluczowe pytania dotyczące przyszłości Wydziału powinny być podejmowane w świadomości przemian, jakie dokonują się w szkolnictwie wyższym w skali cywilizowanego świata. Wspomniemy tu tylko o niektórych z nich.

Trójstopniowość studiów — istniejąca „od zawsze” w Zjednoczonym Królestwie, Stanach Zjednoczonych, Kanadzie i Japonii — staje się kanonem kształcenia w Europie kontynentalnej, po tym jak w 1999 r. przedstawiciele ponad 30 rządów podpisali tzw. *Deklarację Bolońską*⁴. Załamuje się monopol uczelni na świadczenie usług edukacyjnych na poziomie wyższym: w samych tylko Stanach Zjednoczonych ponad 1000 instytucji nieakademickich, głównie przemysłowych, świadczy już takie usługi. Rozpoczął się proces odchodzenia od zasady „jedności miejsca, czasu i akcji” w nauczaniu: coraz częściej usługi dydaktyczne świadczone są na odległość, asynchronicznie, bez wielu tradycyjnych rygorów akademickich dotyczących tempa studiowania. Zmienia się szybko rola nauczyciela akademickiego w procesie dydaktycznym: dominanta jego aktywności przesuwana się z przekazywania wiedzy na motywowanie do uczenia się i na organizowanie warunków do samodzielnego studiowania, co obejmuje także opracowywanie i aktualizację nowoczesnych materiałów dydaktycznych. Wszystko to dzieje się w związku z nadzwyczajnym w skali historycznej rozwojem nośników wiedzy oraz narzędzi dostarczania wiedzy tym, którzy zainteresowani są jej przyswajaniem. Zmienia się szybko struktura wiedzy. Przeżyły się ukształtowane na początku XIX wieku podziały na dyscypliny naukowe i techniczne. W inżynierii jest to szczególnie istotne, jako że jej rozwój jest bezpośrednio związany z potrzebami społecznymi, a te coraz częściej pojawiają się na pograniczach owych tradycyjnych dyscyplin. Techniki informacyjne w praktyce społecznej integrują się z różnorodnymi rodzajami ludzkiej aktywności. Produktywne wykonywanie zawodu inżyniera w tym zakresie wymaga więc co najmniej zdolności do rozumienia języka owych różnorodnych rodzajów aktywności. Dlatego obok zapotrzebowania na specjalistów pojawia się coraz częściej zapotrzebowanie na „generalistów” — na nowe wydanie ludzi Renesansu: inżynierów technik informacyjnych otwartych na głęboką współpracę z lekarzami, biotechnologami, kierownikami przedsiębiorstw, socjologami czy historykami... Jednocześnie zmieniają się kandydaci na studia — ich postawy życiowe, przygotowanie do pracy intelektualnej — i to, być może, jest najważniejszy element nowej sytuacji, w jakiej się znaleźliśmy na progu XXI wieku. Przede wszystkim rośnie ich intelektualny dystans do fizycznej rzeczywistości — głównie z powodu wszechobecności rzeczywistości wirtualnej, ale nie tylko. Ich predyspozycje do eksperymentowania są coraz bardziej ograniczone także z powodu wycofywania się szkół średnich z prowadzenia zajęć laboratoryjnych wspomagających lekcje fizyki, chemii czy biologii. Z drugiej strony mamy do czynienia z procesem coraz poważniejszego ograniczenia zdolności absolwentów szkół średnich do abstrakcyjnego myślenia. Składa się na to wiele przyczyn, z których najważniejsze — to dominująca rola kultury obrazów w ich wczesnej formacji, dominujące nastawienie szkół średnich na przygotowywanie kandydatów do studiów na najmodniejszych kierunkach — takich jak biznes, ekonomia, zarządzanie czy marketing, dominujące wśród młodzieży nastawienie na szybki sukces finansowy wymagający raczej wąskiej specjalizacji niż gruntownego przygotowania podstawowego i wreszcie — postmodernistyczny sposób myślenia, charakterystyczny dla wielu postmarksistowskich środowisk akademickich, promowany intensywnie przez media, podważający tradycyjne wartości — także takie, jak mądrość, logika myślenia czy systematyczna filozofia.

³ A. Kraśniewski, R. Z. Morawski: *Decline of Academic Standards in Engineering Education? — Polish Experience*, Proc. 2001 ASEE Annual Conf. (Albuquerque, USA, June 23–27, 2001), Session 1360.

⁴ *The European Higher Education Area*, Joint Declaration of the European Ministers of Education, convened in Bologna on the 19th of June 1999.

Unikowe nastawienie młodzieży do eksperymentu wzmacniane jest przez sygnały docierające z rynku pracy: najbardziej poszukiwane kwalifikacje — to kwalifikacje inżyniera oprogramowania potrafiącego administrować siecią komputerową w banku lub firmie telekomunikacyjnej. Dyskretny urok wirtualnej rzeczywistości czyni spustoszenie w mentalności młodzieży; traci ona poczucie granic między światem obrazów a rzeczywistością, zainteresowanie operowaniem obiektami fizycznymi; traci odruch sprawdzania wyników operacji przeprowadzanych na modelach za pomocą odpowiednich eksperymentów fizycznych oraz krytycyzm względem wyników obliczeń wykonanych za pomocą komputera.

Zdolność do przetrwania jest paradygmatem naszej cywilizacji, po odrzuceniu którego pozostaje do wyboru relatywizm lub nihilizm. Nie poddając się obezwładniającej sile postmodernistycznego myślenia, trzeba więc zadać sobie pytanie o zdolność Wydziału do przetrwania przemian cywilizacyjnych, które niesie ze sobą wiek XXI. Pytanie to — niewątpliwie trudne — przekłada się na kilka prostszych, choć też niełatwych:

- Na ile potrzebni jesteście Politechnice Warszawskiej, polskiemu szkolnictwu wyższemu, polskiemu społeczeństwu, zachodniej cywilizacji...?
- Na ile zagrażają nam patologie na szczytach władzy politycznej, które — przybierając w latach dziewięćdziesiątych charakter chroniczny — doprowadziły do drastycznych zaniedbań w sferze szkolnictwa wyższego?
- Na ile jesteście zdolni — mimo niekorzystnych uwarunkowań zewnętrznych — do odtworzenia potencjału intelektualnego Wydziału?
- Na ile jesteście w stanie propagować przez pokolenia i rozwijać system wartości ukształtowany przez 50 lat istnienia Wydziału, a przysparzający mu tak sympatyków, jak i niechętnych w kraju i na świecie?

Mamy swoje słabości, o których — choć niezbyt chętnie — rozmawiamy niekiedy we własnym gronie. Ładnie się nie zgadzając co do wielu z nich, próbujemy w chwilach szczególnych (takich jak dyskusja nad *Memorandum w sprawie kształcenia informatyków w Politechnice Warszawskiej* z dnia 16 maja 2000 r.) bronić jedności i spójności Wydziału. Czy jednak nie za mało korzystamy ze szczególnej cechy Wydziału, jaką jest — w skali Politechniki — jego rozmiar wyrażający się liczbą 300 nauczycieli akademickich i 3500 studentów? Czy nie nazbyt często płacimy za ten rozmiar, nic na nim nie zyskując? A wszak możliwości są ogromne. Trudno byłoby znaleźć — nie tylko w skali kraju — drugą taką instytucję, która byłaby w stanie merytorycznie pokryć wszystkie etapy procesu rodzenia się np. wielkiego systemu monitoringu przemysłowego — systemu obejmującego zarówno pomiary na taśmie produkcyjnej, jak i koordynację procesu decyzyjnego w strukturach zarządzania.

I na koniec — szczypta refleksji historyzoficznej. Najpotężniejsza z cywilizacji udokumentowanych przez źródła historyczne, cywilizacja łacińska, w wieku XX wydała straszliwe owoce: dwie światowe wojny, dziesiątki milionów ofiar ludzkich, zamęt w sferze duchowości. Co bardziej przenikliwi myśliciele już w latach dwudziestych XX stulecia pokazali nieubłaganą logikę rozwoju tej cywilizacji, w której tak kluczową rolę odegrała nauka i technika, a zwłaszcza wyzwolona w dobie Renesansu obsesja postępu naukowo-technicznego...⁵ Choć świat przetrwał magiczną cezurę czasu, rok 2000, a czarne prorocтва owych myślicieli nie spełniły się do końca — być może, dzięki temu, że zostały przez nich zwerbalizowane — w wiek XXI weszliśmy z bagażem niepokoju, który — jeśli nie zostanie poddany refleksji filozoficznej — będzie uporczywie podsycał cywilizacyjną neurozę, przybierającą coraz to nowe imiona (postmodernizm, dekonstruktywizm, *political correctness* — to tylko niektóre z nich) i coraz to nowe, aberracyjne, formy wyrazu (techno, graffiti, PACS — to znowu tylko niektóre z nich). Czy w tej sytuacji możemy sobie pozwolić na czysto techniczne kształcenie inżynierów i na czysto naukową formację przyszłych naukowców?

Jak widać, więcej tu pytań niż odpowiedzi. Będziemy na nie odpowiadać już jutro, już za rok, a na niektóre zapewne przez całe następne pięćdziesięciolecie. A co potem? Zobaczymy. A raczej zobaczą nasze wnuki.

⁵ Oswald Spengler, *Zmierzch Zachodu*, 1922; Nikołaj Bierdiajew, *Nowe średniowiecze*, 1924; Marian Zdzichowski, *Renesans a rewolucja*, 1925; José Ortega y Gasset, *Bunt mas*, 1929.



Redakcja merytoryczna
Roman Z. Morawski

Opracowanie redakcyjne
Barbara Szczepankowska

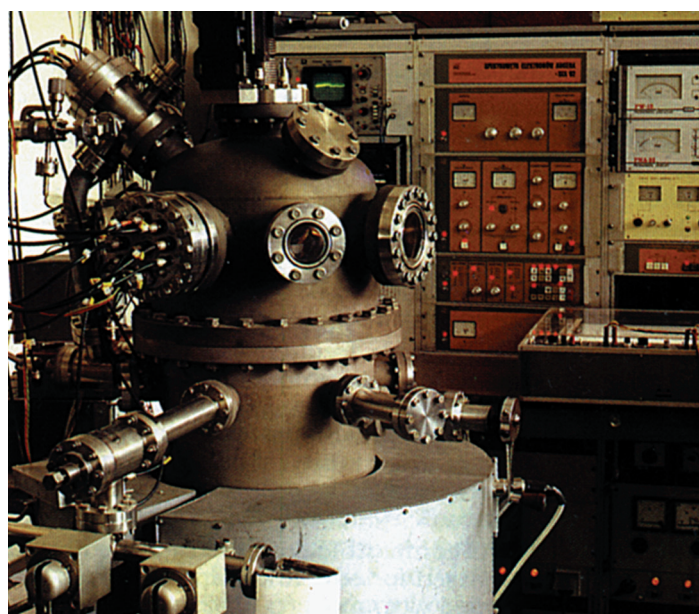
Opracowanie graficzne i skład komputerowy
Danuta Czudek-Puchalska

Korekta
Wanda Bukowska

© Copyright by Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej.
Warszawa 2001

ISBN 83-914580-4-0

Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, ul. Polna 50, 00-644 Warszawa, tel. 825-75-18
Druk ukończono we wrześniu 2001 r. Zamówienie nr 320/2001. Druk i oprawa: P.P. EVAN

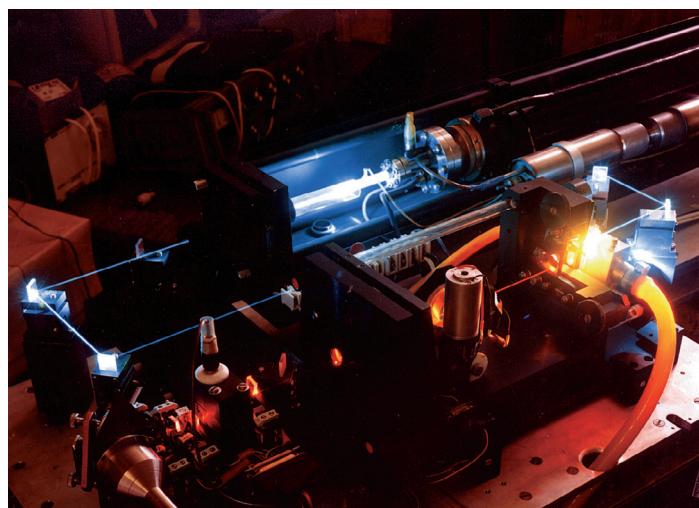


Politechnika Warszawska

Wydział Elektroniki
i Techniki Informatycznych

<http://www.elka.pw.edu.pl>

Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa



ISBN 83-914580-4-0