

# 50 lat polskich komputerów. Historia romantyczna (cz. 1)

Wojciech Nowakowski

**W 1948 roku, w wyniszczonym kraju, kilku entuzjastów kończących przerwane wojną studia postanowiło zbudować matematyczną maszynę cyfrową podobną do skonstruowanej zaledwie rok wcześniej w USA. Bez potrzebnej wiedzy, materiałów, narzędzi i pieniędzy. To może być tylko polska historia.**

W czwartek 23 grudnia 1948 roku, w Gmachu Fizyki Doświadczalnej przy ul. Hożej w Warszawie, z inicjatywy wybitnego polskiego matematyka Kazimierza Kuratowskiego, profesora Uniwersytetu Warszawskiego, dyrektora świeżo organizowanego Państwowego Instytutu Matematycznego, spotkało się kilku entuzjastów elektronicznych maszyn liczących. Byli to, obok inicjatora spotkania: prof. Andrzej Mostowski, matematyk zajmujący się głównie logiką matematyczną i algebrą, dr Henryk Greniewski, matematyk i logik, oraz trzech młodzi inżynierowie znający się ze studiów na Politechnice Gdańskiej: Krystyn Bochenek, Leon Łukaszewicz i Romuald Marczyński, późniejsi profesorowie. Wszyscy oni znali już publikacje na temat pierwszej elektronicznej maszyny matematycznej ENIAC.

Profesor Kuratowski podzielił się z zebranymi swoimi wrażeniami z naukowego pobytu w USA. Stwierdził, że niezwykle ważne dla zastosowań matematyki mogą być elektroniczne maszyny liczące, które widział za oceanem, i że chociaż jedna taka maszyna powinna być zbudowana w kraju. W rezultacie tego spotkania zapadła decyzja powołania w ramach Państwowego Instytutu Matematycznego Grupy Aparatów Matematycznych (GAM) w wyżej wymienionym składzie, pod kierunkiem Henryka Greniewskiego. Zamierzenie było właściwie nierealne, albowiem maszyna ENIAC, wzorzec prac, była gigantem, zawierającym przeszło 18 000 lamp elektronowych. W kraju wyniszczonym wojną nie było ani właściwego sprzętu, ani materiałów, ani też niezbędnego doświadczenia w budowie tak złożonych urządzeń. Nie tylko zresztą w tej dziedzinie.

W pierwszym półtorarocznym okresie GAM nie miała nawet lokalu w jeszcze zburzonej Warszawie. Jak pisał we wspomnieniach Leon Łukaszewicz:

„Okres ten więc upływał nam na planowaniu zajęć laboratoryjnych, studiowaniu zaczynającej docierać literatury zagranicznej oraz spotkaniach seminaryjnych. Jednym z tematów tych spotkań było poprawne zdefiniowanie pojęcia maszyny liczącej, a więc problemu, mówiąc współcześnie, z zakresu matematycznych podstaw informatyki. Prowadził je oczywiście, jako logik, dr Henryk Greniewski.”



Leon Łukasiewicz (fot. Janina Wasierowska-Bierzanek, na licencji [Creative Commons Uznanie autorstwa – Na tych samych warunkach 3.0](#))

Dopiero jesienią 1950 roku GAM otrzymał trzy pokoje w odbudowywanym gmachu dawnego Warszawskiego Towarzystwa Naukowego przy ul. Śniadeckich 8. W jednym z nich odbywały się wspólne spotkania, w drugim znajdował się magazyn części i elementów, a w trzecim, największym – laboratorium dla trzech zespołów. Krystyn Bochenek pracował nad Analizatorem Równań Algebraicznych Liniowych (ARAL), Leon Łukasiewicz nad Analizatorem Równań Różniczkowych (ARR) zaś Romuald Marczyński opracowywał maszynę cyfrową: Elektroniczną Maszynę Automatycznie Liczącą (EMAL).

W trakcie prac do grupy dołączyło wielu bardzo zdolnych młodych entuzjastów maszyn matematycznych. Byli to między innymi (wymienieni w kolejności dołączania) inżynierowie: Zygmunt Sawicki, Zdzisław Pawlak, Andrzej Łazarkiewicz, Jerzy Fiett, Wojciech Jaworski, Stanisław Majerski, Jerzy Dańda, Marek Karpiński, Eugeniusz Nowak i Tadeusz Jankowski; matematycy: Adam Empacher, Andrzej Wakulicz, Antoni Mazurkiewicz, Tomasz Pietrzykowski, Józef Winkowski, Jerzy Swianiewicz, Krzysztof Moszyński, Paweł Szeptycki, Jan Borowiec, Jan Wierzbowski, Stefan Sawicki, Andrzej Wiśniewski, Zofia Zjawin-Winkowska i Ewa Zaborowska oraz laboranci: Michał Bochańczyk, Henryk Furman, Andrzej Świtalski, Konrad Elżanowski, Antoni Ostrowski i Henryk Przybysz.

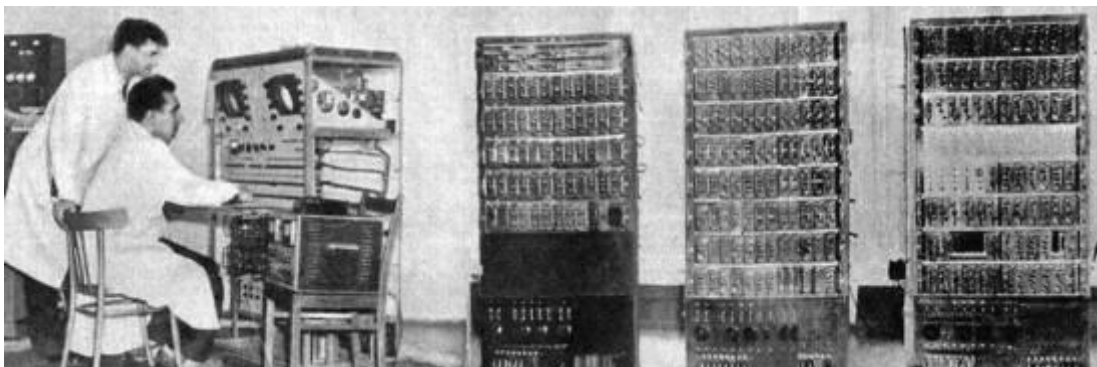
Prace konstrukcyjne nad komputerami rozpoczęto w GAM w 1952 roku. Pierwszym powstałym urządzeniem była stosunkowo szybka ultradźwiękowa pamięć rtęciowa zbudowana w 1953 roku przez Romualda Marczyńskiego z Henrykiem Furmanem. Działanie pamięci ultradźwiękowej opiera się na dużo mniejszej prędkości rozchodzenia się fali akustycznej (w tym przypadku w stalowej rurze wypełnionej rtęcią) w porównaniu z sygnałem elektrycznym, co umożliwia zbudowanie linii opóźniającej. Z informatycznego punktu widzenia był to więc rejestr FIFO, z krążącą ze stałą prędkością informacją. Opracowana pamięć rtęciowa miała do 1959 roku decydujący wpływ na konstrukcje dalszych polskich maszyn, w tym XYZ.

W roku 1953 Leon Łukaszewicz ukończył swój Analizator Równań Różniczkowych (ARR), który składał się z 400 lamp elektronowych i rozwiązywał układy równań różniczkowych z dokładnością do kilku promili. Parametry rozwiązywanych równań zmieniało się łatwo przez pokręcanie gałkami potencjometrów, a efekty tych zmian były natychmiast widoczne. Otrzymywane rozwiązania można było obserwować jednocześnie na kilku ekranach. Takimi możliwościami jeszcze długo nie dysponowały urządzenia cyfrowe. Była to pierwsza w kraju systematycznie eksploatowana maszyna licząca. Jej twórcy otrzymali nagrodę państwową II stopnia w dziale nauki (1955).

## EMAL i XYZ

Pierwszą polską maszyną cyfrową był EMAL, budowany w latach 1953–1955. Była to maszyna szeregową, dwójkową, jednoadresową, zbudowana z 1000 lamp, z rtęciową pamięcią ultradźwiękową o pojemności 512 słów 40-bitowych (32 rury z rtęcią) i pracującą na częstotliwości 750 kHz. Maszyna ta niestety nigdy w pełni nie pracowała ze względu na niemożliwość osiągnięcia odpowiedniej niezawodności. Dostępne wtedy w Polsce elementy (lampy, łączówki, itp.) były złej jakości i powodowały problemy bardzo trudne do pokonania przy konstrukcji tak dużej maszyny. W rezultacie, mozolnie uruchomione zespoły maszyny po dwu lub trzech dniach przestawały funkcjonować. Naprawy wymagały ciągłego dobierania wartości podzespołów, co przy dużej złożoności całego urządzenia było zadaniem beznadziejnym.

Na początku 1956 roku kierownictwo Instytutu (od 1952 roku włączonego do PAN) zdecydowało, aby wszystkie siły ówczesnej GAM – przemianowanej na Zakład Aparatów Matematycznych PAN (w skrócie ZAM), a wkrótce potem na Instytut Maszyn Matematycznych – połączyć w jeden zespół pod kierunkiem Leona Łukaszewicza, z zadaniem ponownej próby zbudowania maszyny cyfrowej. Tym razem, dzięki poprzednim doświadczeniom, prace zakończono sukcesem – jesienią 1958 roku uruchomiono pierwszą polską poprawnie funkcjonującą maszynę cyfrową, nazwaną XYZ.



Pierwsza polska elektroniczna maszyna cyfrowa XYZ, 1958 r. (fot. domena publiczna)

Organizacja logiczna maszyny była wzorowana na architekturze IBM 701. Podstawowymi układami logicznymi były dynamiczne przerzutniki na jednej triodzie (wymagające dwa razy mniej lamp), podobne do stosowanych w rosyjskich BESM 6, oraz diodowo-ferrytowe bramki składające się z transformatora impulsowego i ostrzowych diod germanowych. Z maszyny EMAL, po udoskonaleniu, pochodziła rtęciowa, akustyczna pamięć operacyjna. Ze względu na to, że nie odznaczała się ona niezbędną niezawodnością, zastąpiono ją pamięcią opartą na tej samej zasadzie działania, lecz innej konstrukcji – rury z rtęcią zastąpiono drutami niklowymi jako akustowodami.

Stworzenie oprogramowania dla XYZ było wyzwaniem. Wspomina Antoni Mazurkiewicz:

„Programować zaczęliśmy abstrakcyjnie, bez maszyny i bez jakichkolwiek doświadczeń. Początkowo jedynie Andrzej Wakulicz i Adam Empacher wiedzieli, co to jest elektroniczna maszyna cyfrowa i na czym polega jej programowanie, potem matematycy pracujący przy maszynach analogowych (Józef Winkowski, Tomasz Pietrzykowski i ja) dołączyli do wtajemniczonych. Żaden z nas nie widział wówczas działającej maszyny cyfrowej, wiedzę o oprogramowaniu czerpaliśmy z nielicznych publikacji zagranicznych; pamiętam, że jedną z nich była książka Wilkesa z Wielkiej Brytanii. Było to jedyne źródło naszej wiedzy o kodach, adresach, pseudorozkazach, tworzeniu pętli i rozgałęzień.”

XYZ była dynamiczną maszyną szeregową, liczącą w arytmetyce binarnej. Maszyna nie miała początkowo statycznej pamięci, tylko wspomnianą akustyczną pamięć RAM. Później dodano magnetyczną pamięć bębnową. Urządzenia wejścia/wyjścia to prymitywna konsola sterująca i reproducer kart (później czytnik/perforator taśmy). Wykonywała ona, dzięki szybkiej pamięci akustycznej, około 800 operacji na sekundę, co dawało jej przewagę szybkości nad wszystkimi maszynami cyfrowymi, jakie zdołały zbudować inne ośrodki krajowe w ciągu następnych kilku lat.

Tak opisywał pierwsze dni pracy polskiego komputera Antoni Mazurkiewicz:

„Oglądaliśmy z przejęciem wzrastanie zawartości liczników (wówczas dla nas zawrotnie szybkie, zmienność dopiero szóstego bitu od końca dawała się zauważyć! XYZ liczył bowiem z niebagatelną w tym czasie szybkością ok. 1000 operacji arytmetycznych na sekundę). Na drugim oscyloskopie można było zobaczyć na własne oczy, jak powstaje wynik dodawania, mnożenia, a nawet podzielenia dwóch słów binarnych. W tym czasie charakterystyczny był w Zakładzie Aparatów Matematycznych widok programisty siedzącego przy pulpicie XYZ, wpatrującego się w owe oscyloskopy i naciskającego jeden klucz, bardzo ważny i najczęściej używany, powodujący wykonanie pojedynczego kolejnego rozkazu programu (z angielska „single shot”). Tak właśnie uruchamiało się programy – wykonywało się mianowicie kolejno instrukcję po instrukcji i obserwowano się na oscyloskopie efekty ich działania. Najwięcej kłopotów było z wyprowadzaniem wyników. Początkowo jedynym medium wyjściowym były karty perforowane. Urządzenie wyjściowe dziurkujące karty było wielkości biurka, niezmiernie ciężkie, masywne i hałasujące tak, że wyprowadzanie wyników było słychać w całym gmachu przy ul. Śniadeckich 8. Co więcej, nie było na miejscu urządzenia tabulującego zawartość kart, trzeba było jeździć z kartami do Głównego Urzędu Statystycznego, aby dowiedzieć się, co maszyna naniosiła na karty wyjściowe.”

Organizowane dla władz oraz szerokiej publiczności pokazy XYZ wywoływały ogromne zainteresowanie. Powtórzmy zatem nazwiska autorów opracowania. Kierownictwo: Leon Łukaszewicz, projekt logiczny i elektronika: Antoni Mazurkiewicz, Zdzisław Pawlak, Jerzy Fiett,

Stanisław Majerski, Zygmunt Sawicki, Jerzy Dańda, oprogramowanie: Antoni Mazurkiewicz, Jan Borowiec, Krzysztof Moszyński, Jerzy Swianiewicz, Andrzej Wiśniewski.

Maszyna XYZ już wkrótce po swoim uruchomieniu została oddana do regularnej eksploatacji w Biurze Obliczeń i Programów – wydzielonej jednostce Zakładu Aparatów Matematycznych. Biuro to wykonywało liczne odpłatne zamówienia, co przyniosło nam cenne doświadczenia. Pomyślna eksploatacja maszyny miała dla początków rozwoju polskiej informatyki przełomowe znaczenie. Wykazała przede wszystkim, że wytwarzanie sprawnie działających uniwersalnych maszyn cyfrowych o niemałych jak na owe czasy możliwościach obliczeniowych jest w Polsce osiągalne. Problematyką tą zainteresowały się więc szybko władze gospodarcze. Od tej chwili rozwój informatyki w Polsce stał się sprawą państwową.

### **Pierwsza produkcja. IMM PAN i ZAM-2**

Z dużym rozmachem przystąpiono do organizacji przemysłowej produkcji maszyn cyfrowych. W tym celu już w 1959 roku utworzono Zakład Produkcji Doświadczalnej Maszyn Matematycznych przy IMM, w skrócie Zakład Doświadczalny IMM. Zatrudniono w nim wkrótce zespół inżynierów o dużym doświadczeniu w produkcji profesjonalnego sprzętu elektronicznego. Pierwszym zadaniem tego Zakładu było opracowanie udoskonalonej i nadającej się do seryjnej produkcji wersji maszyny cyfrowej XYZ pod nazwą ZAM-2. Nie było to łatwe zadanie wobec braku jakichkolwiek doświadczeń w produkcji maszyn matematycznych. W 1961 roku wyprodukowano pierwsze maszyny ZAM-2, a do roku 1964 Zakład Doświadczalny IMM opuściła seria dwunastu tych komputerów. W międzyczasie, w 1963 roku, Instytut Maszyn Matematycznych, liczący już wraz z Zakładem Doświadczalnym około 800 pracowników, został przeniesiony w całości z PAN do urzędu Pełnomocnika Rządu do Spraw Informatyki.



Komputer ZAM2, poprawiona wersja komputera XYZ produkowana w IMM (fot. domena publiczna)

Komputery ZAM-2 miały, podobnie jak XYZ, masowe pamięci bębnowe oraz szybką ultradźwiękową pamięć operacyjną. W tej ostatniej średni czas dostępu wynosił 0,5 ms. Wszystkie inne komputery budowane do roku 1965 miały jedynie pamięci bębnowe o średnim czasie dostępu 5 milisekund, były więc wielokrotnie wolniejsze. Ponadto Maszyny ZAM-2 były w latach 1961–1965 najlepiej oprogramowanymi komputerami produkowanymi w kraju. System Adresów Symbolicznych SAS (makroassembler) oraz System Automatycznego Kodowania SAKO zwany też polskim Fortranem były osiągnięciami wyprzedzającymi wszystkie kraje sąsiednie. SAS i SAKO opracowane zostały w latach 1957–1960 przez zespoły, do których należeli w różnych okresach: Leon Łukaszewicz, Antoni Mazurkiewicz, Jan Borowiec, Ludwik Czaja, Jowita Koncewicz, Maria Łącka, Tomasz Pietrzykowski, Stefan Sawicki, Jerzy Swianiewicz, Piotr Szorc, Alfred Szurman, Józef Winkowski i Andrzej Wiśniewski.

Warto wspomnieć, że przy maszynie tej pracował jako operator Konrad Fijałkowski, późniejszy wybitny profesor informatyki i znany literat, autor nowel i powieści *science fiction*. W 1963 roku opublikował on w WNT monografię maszyny ZAM-2. Autor niniejszego artykułu również pracował na maszynie ZAM-2 w ramach ćwiczeń z programowania prowadzonych dla studentów Wydziału Elektroniki PW przez wspomnianą wyżej Zofię Zjawin-Winkowską w 1962 roku.

Za osiągnięcia związane z XYZ i ZAM-2 pracownicy IMM zostali nagrodzeni w roku 1964 kolejną nagrodą państwową II stopnia. W skład nagrodzonego zespołu weszli: Zygmunt Sawicki jako kierownik realizacji XYZ oraz pierwszego egzemplarza ZAM-2, Antoni Mazurkiewicz jako kierownik realizacji SAKO, Eugeniusz Nowak jako wybitny konstruktor bębnow magnetycznych, Jerzy Rossian oraz Eligiusz Rosolski reprezentujący konstruktorów i technologów Zakładu Doświadczalnego IMM

oraz Stanisław Kowalski, Stanisław Majerski, Krzysztof Moszyński, Jerzy Swianiewicz, Tadeusz Zemła i Władysław Ciastoń.

W roku 1961 Instytut Maszyn Matematycznych otrzymał rządowe zlecenie opracowania nowoczesnego komputera do przetwarzania dużej ilości danych i nadającego się między innymi do zarządzania przedsiębiorstwami czy systemów bankowych. W efekcie w 1963 roku powstał prototypowy komputer ZAM-41. Wyposażony był w opracowane w Instytucie szybkie pamięci ferrytowe, pamięci bębnowe oraz pamięci masowe na taśmach magnetycznych – o długim czasie dostępu, lecz dużej pojemności. Komputer ZAM-41 mógł wykonywać kilka niezależnych zadań jednocześnie. W latach 1967–1970 w Zakładzie Doświadczalnym IMM wyprodukowano szesnaście tych maszyn.

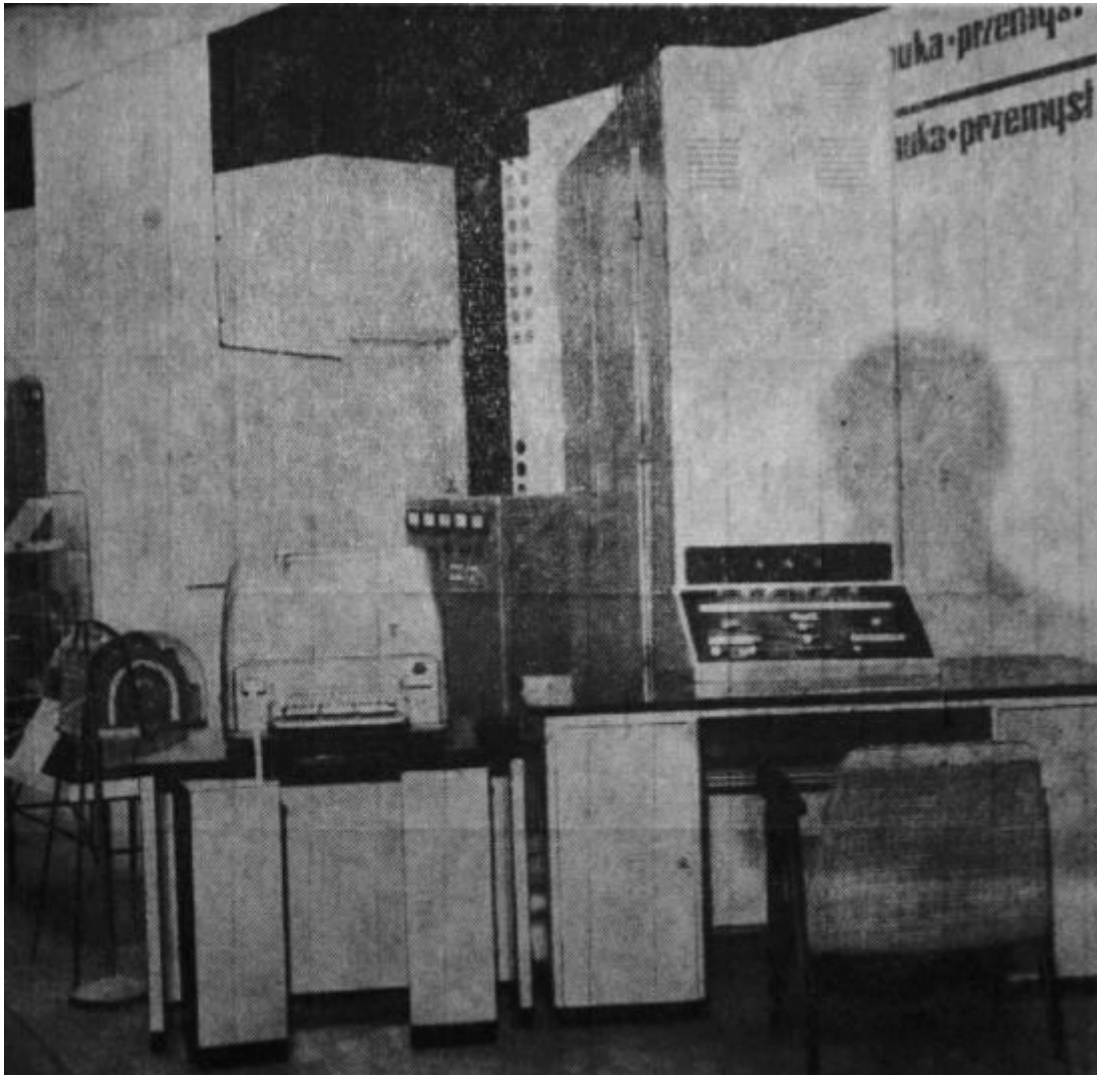
Wielkim osiągnięciem IMM i jego Zakładu Doświadczalnego rzutującym na rozwój całej polskiej informatyki w latach 60. były opracowania wspomnianych już magnetycznych pamięci bębnowych. Warto o tej technice powiedzieć więcej. Prace nad pamięcią bębnową rozpoczęte w 1958 roku w Zakładzie Aparatów Matematycznych PAN umożliwiły jej wykorzystanie w 1960 roku w maszynie XYZ. Bęben miał pojemność ok. 300 kilobitów. Pamięć ta była bardzo czuła na zmiany wymiarów wywołane wahaniami temperatury. W następnym modelu, przewidzianym dla komputera ZAM-2, podwojono liczbę głowic i pojemność. Zastosowano też taki dobór materiałów, aby zmiany wymiarów współpracujących ze sobą elementów pod wpływem temperatury kompensowały się nawzajem, dzięki czemu wyeliminowano termostat. W latach 1961–1966 zbudowano kilkadziesiąt tych pamięci, przy czym lampy zastąpiono tranzystorami oraz wprowadzono nowy bęben, o zmniejszonej do 12  $\mu\text{m}$  grubości warstwy magnetycznej przy odległości głowic od powierzchni 16  $\mu\text{m}$ . Dzięki temu zwiększono gęstość zapisu z 6 do 9 bitów/mm, a pojemność pamięci do około 1 Mb. Taką pamięć oraz kolejne ulepszone wersje (na przykład z głowicami unoszącymi się nad powierzchnią bębna na poduszce powietrznej) stosowano nie tylko w ZAM-41, ale również w maszynach Odra 1204 i 1300 (ELWRO) i Robotron 300 produkowanych w NRD.

### **UMC-1. Politechnika Warszawska**

Prace w dziedzinie elektronowych układów liczących prowadzono w latach pięćdziesiątych także na Politechnice Warszawskiej. W katedrach Konstrukcji Telekomunikacyjnych i Radiofonii (kierownikiem był prof. Antoni Kiliński) oraz Technologii Sprzętu Elektronicznego opracowano między innymi serię przeliczników elektronowych dla potrzeb rodzącej się energetyki jądrowej. Podstawowym problemem w tych urządzeniach było zapewnienie dostatecznej niezawodności. Prace te stanowiły zatem znakomite przygotowanie do podjęcia konstrukcji komputerów, w których parametry niezawodnościowe były zawsze kwestią pierwszoplanową.

W roku 1958 późniejszy profesor Zdzisław Pawlak (1926–2006) przeszedł z Zakładu Aparatów Matematycznych PAN, gdzie właśnie uruchomiono pierwszą polską maszynę cyfrową XYZ, do Katedry Konstrukcji Telekomunikacyjnych i Radiofonii PW. Zaproponował realizację koncepcji budowy komputera pracującego w korzystnej konstrukcyjnie arytmetyce o podstawie -2.

W 1960 roku zbudowany został prototyp tego komputera, któremu nadano nazwę UMC-1. Był to pierwszy komputer produkowany w Polsce seryjnie, najpierw w liczbie pięciu sztuk na Politechnice Warszawskiej, a następnie, po przekazaniu jego dokumentacji do ELWRO w 1961 roku – w serii dwudziestu pięciu sztuk do 1964 roku.



Komputer UMC-1 (fot. domena publiczna)

Maszyny UMC-1 były stosunkowo wolnymi lampowymi komputerami wyposażonymi wyłącznie w pamięć bębnową. W roku 1965 opracowano tranzystorową wersję tych maszyn (UMC-10) oraz uruchomiono ich trzy egzemplarze. Ciekawostką jest to, że na maszynie UMC-10 tworzone pierwsze w Polsce prognozy numeryczne w Państwowym Instytucie Hydrologiczno-Meteorologicznym.

Jak się okazało, minusdwójkowa arytmetyka maszyn UMC dawała tylko nieznaczne oszczędności sprzętowe, natomiast wyraźnie utrudniała ich oprogramowanie. Z tego względu pomysł ten zarzucono. Cenną cechą komputerów UMC była ich wysoka niezawodność.

W roku 1963 Katedry Konstrukcji Telekomunikacyjnych i Radiofonii PW oraz Technologii Sprzętu Elektronicznego zostały połączone w Katedrę Budowy Maszyn Matematycznych, którą przekształcono w 1970 roku w Instytut Budowy Maszyn Matematycznych PW, a w roku 1975 – w Instytut Informatyki PW, którymi kierował prof. Antoni Kiliński (1906–1989).

W Instytutach tych zaprojektowano i wyprodukowano wiele wyspecjalizowanych systemów komputerowych jak na przykład ANOPS (ANalizator Okresowych Przebiegów Szumowych zespołu



prof. Konrada Fijałkowskiego, wspomnianego już jako operatora ZAM-2) czy GEC-20 – maszynę do rutynowych obliczeń geodezyjnych.

## Bibliografia

- Bilski Eugeniusz, *Wrocławskie Zakłady elektroniczne ELWRO. Okres maszyn cyfrowych typu Odra*, nr „Informatyka”, 8–12/1989, s. 26–30.
- Borowiec Jan, Mazurkiewicz Antoni, Wierzbowski Jan, *Osiągnięcia Instytutu Maszyn Matematycznych w oprogramowaniu i zastosowaniach maszyn cyfrowych*, „Informatyka”, nr 3/1973, s. 8–11.
- Fielt Jerzy, *Problemy realizacji technicznej polskich komputerów do 1968 roku*, „Informatyka”, nr 8–12/1989, s. 6–9.
- Fielt W., Rosolski Eligiusz, *Działalność produkcyjna i udział Instytutu Maszyn Matematycznych w tworzeniu polskiego przemysłu sprzętu informatyki*, „Informatyka”, nr 3/1973, s. 19–24.
- Greniewski Marek J., *Kilka uwag o powołaniu Centrum Obliczeniowego PAN*. [w:] *40 lat informatyki w Polsce*, Materiały konferencji PTI, Warszawa 1988.
- Groszkowski Janusz, *Parę słów z okazji jubileuszu Instytutu Maszyn Matematycznych*, „Informatyka”, nr 3/1973, s. 1–5.
- Kiliński Antoni, *O osiągnięciach Instytutu Informatyki Politechniki Warszawskiej zastosowanych w praktyce*, „Informatyka”, nr 8–12/1989, s. 21–23.
- Knysz Józef, *Elektroniczne maszyny matematyczne*, [w:] *Rozwój techniki w PRL*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1965.
- Lewandowski Konrad T., *Termopile polskiej informatyki*, „Mówią Wieki”, nr 12/2002 (516), s. 44.
- Łukaszewicz Leon, *Informatyka polska powstała w PAN*, „Nauka”, nr 3/2003, s. 75–78.
- Tenże, *O początkach informatyki w Polsce*, [w:] *40 lat informatyki w Polsce...*
- Tenże, *Od Grupy Aparatów do Instytutu Maszyn Matematycznych*, „Informatyka”, nr 8–12/1989, s. 2–4 i 23.
- Tenże, Mazurkiewicz Antoni, *System automatycznego kodowania SAKO*, Zakład Narodowy im. Ossolińskich–Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, Wrocław–Warszawa–Kraków 1966.
- Madey Jan, Sysło Maciej M., *Początki Informatyki w Polsce*, „Informatyka”, nr 9/2000 i 10/2000.
- Majerski Stanisław, Marczyński Romuald, *Ewolucja struktur i architektury maszyn cyfrowych*, materiały na sesję naukową z okazji Roku Nauki polskiej i XV-lecia IMM, IMM, Warszawa 1973, s. 24.
- Majerski Stanisław, Mazurkiewicz Antoni, *XYZ – pierwsza polska elektronowa maszyna cyfrowa*, „Młody Technik”, nr 12, Warszawa 1958, str. 7–12.
- Marczyński Romuald, *Jak budowałem aparaty matematyczne w latach 1948–1950*, „Informatyka”, nr 8–12/1989, s. 16–19.
- Mazurkiewicz Antoni, *Jak się programowało XYZ czyli początki programowania w Polsce*, „Informatyka”, nr 8–12/1989, s. 10–12.
- Moszyński Krzysztof, *Moja praca w Biurze Obliczeń i Programów w Zakładzie Aparatów Matematycznych Polskiej Akademii Nauk* [w:] *40 lat informatyki w Polsce...*
- Nowak Eugeniusz, Sawicki Zygmunt, *Pamięci maszyn cyfrowych konstrukcja i technologia*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1972.
- Pawlak T., *Konstrukcje Instytutu Maszyn Matematycznych*, „Informatyka”, nr 3/1973, s. 11–18.

Wiele mało znanych szczegółów i informacji uzyskałem bezpośrednio od pana Romana Czajkowskiego, bezpośredniego uczestnika większości opisywanych wydarzeń.

O autorze:

[Wojciech Nowakowski](#):

Profesor nadzwyczajny w Instytucie Maszyn Matematycznych w Warszawie. W latach 1967–1990 był pracownikiem naukowo-dydaktycznym Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej, gdzie uzyskał stopień doktora. Od 1990 roku jest pracownikiem naukowym Instytutu Maszyn Matematycznych, gdzie kierował zespołem systemów pomiarowych sterowanych cyfrowo, a obecnie prowadzi prace związane z metodami szyfrowania transmisji cyfrowych. Jest autorem kilku książek oraz kilkudziesięciu artykułów naukowych i popularno-naukowych.

**Wolna licencja** – ten materiał został opublikowany na licencji [Creative Commons Uznanie autorstwa – Na tych samych warunkach 3.0 Polska](#). (CC BY-SA 3.0)

Artykuł źródłowy pochodzi z Portalu historycznego [Histmag.org](#)

**Przeczytaj [drugą część artykułu](#).**