

# 3

## Rozwój informatyki w krajach socjalistycznych

### 3.1.

#### Najważniejsze osiągnięcia w budowie komputerów w Związku Radzieckim

W Związku Radzieckim skonstruowano do 1976 r. około 100 modeli różnych komputerów, z których prawie każdy był wykorzystywany w praktyce. Kilkanaście modeli zostało uruchomionych w seriach produkcyjnych. Osiągnięcia te można przyrównać tylko do prac w USA. Rozwój japońskiego przemysłu informatycznego wykazuje wysoką dynamikę, ale jego wyroby powstały jako naśladownictwo wyrobów amerykańskich i francuskich.

Z historii informatyki radzieckiej wynika, że miała ona duży wpływ na rozwój informatyki w krajach socjalistycznych. Pierwsze konstrukcje komputerów powstające w Polsce i Czechosłowacji miały już około 20 wzorów komputerów w Związku Radzieckim i drugie tyle w USA. W sferze zastosowań przełomowym elementem zwiększającym ilościowy zasięg informatyki w krajach socjalistycznych były komputery radzieckie MINSK 22, MINSK 23, które w Polsce i CSRS zainstalowano w latach sześćdziesiątych po kilkadziesiąt sztuk. Wobec braku dostaw krajowych maszyn (na tym tle można również ocenić nie tylko poziom myśli konstrukcyjnej ale i „siłę przebicia” owej myśli) komputery MINSK odegrały poważną rolę w popularyzowaniu informatyki.

Podobnie jak i w innych krajach pierwsze maszyny liczące były analogami. W 1941 r. w Ukraińskiej Akademii i Nauk (UAN) skonstruowano pierwszy radziecki analizator równań różniczkowych. Seryjna produkcja została zorganizowana w Sestrojewskiej Fabryce w Woskowsku. Po wojnie, nadal były prowadzone w tej dziedzinie prace w UAN, uwięczone stranzystorowanymi modelami MN-10 (dla równań nieliniowych, szós-

tego rzędu), MN-14 (dla symulowania złożonych systemów, opisywanych nieliniowymi równaniami różniczkowymi do 20 zmiennych). Instytut Automatyzacji i Zdalnego Sterowania UAN można uważać za ośrodek wiodący w konstrukcji analogowych maszyn. Profesor Puszkow zbudował tam kilkanaście modeli, w tym analizator trójwymiarowych ram. Dalsze prace polegały na projektowaniu hybrydowych układów (analogowo-cyfrowych). Na przykład zmodyfikowana wersja maszyny MN-10 (MN-10 M). Została sprzężona z cyfrowym komputerem DNIEPR, a MN-11 z BESM3M dla potrzeb modelowania inżynierskiego.

Odpowiednikiem kalkulatora IBM 604 był, powstały w 1950 r., kalkulator lampowy EW-80. Ulepszona wersja EW-80-3 powstała w 1960 r., a w rok później zorganizowana została seryjna produkcja, która stała się sukcesem. W Instytucie Maszyn Liczących (NIT szczotmasz) powstała w 1961—1962 r. maszyna cyfrowa do przetwarzania danych ATE-80, stranzystorowana, z pamięcią bębnową 1 K, cyklem 20 milisek. i prędkością liczenia 500 operacji/sek. Produkcja została uruchomiona w 1967 r. w Wilnie.

Kierunek automatyzacji przetwarzania danych był na drugim miejscu w porównaniu z rozwojem maszyn do obliczeń numerycznych.

Dorobek ze współpracy sił alianckich w okresie II wojny światowej można także zauważyć w budowie maszyn liczących. Prawie w tym samym okresie co Amerykanie, podjęli prace Ukraińcy nad komputerami. W 1948 r. w Ośrodku obliczeniowym (UAN), akademik S. A. Lebiediew podjął prace nad maszyną MESM („Mały Elektroniczny System Maszynowy”), którą ukończył w 1951 r. Był to pierwszy europejski sekwencyjny — wewnętrznie sterowany komputer. Miał pamięć zbudowaną na obwodach Flip-Flop o pojemności 31 słów. Lista rozkazów obejmowała 63 instrukcje. Maszyna posiadała 8 tys. lamp. W porównaniu z komputerem ENIAC wyróżniała się pojemniejszą o 50% pamięcią i miała 10 tys. lamp mniej.

Zasadniczy rozwój budowy komputerów rozpoczął się po śmierci J. Stalina w 1953 r. Warto dodać, że w 1957 r. został wystrzelony SPUTNIK, wyrażający wysoki poziom techniki w układach elektronicznych. Szczególnie pozytywną rolę po 1953 r. w rozwoju informatyki odegrał admirał A.I. Berg (radiowiec). Trzeba tu wspomnieć, że koncepcje cybernetyczne były w okresie stalinowskim traktowane za błędne. Przenoszenie koncepcji funkcjonowania między układami żywymi a martwymi uznano za celowe ograniczenie rozwoju intelektualnego człowieka, inspirowane przez kapitalistów. Dlatego rola A. I. Berga była szczególnie trudna. Nie będąc „informatykiem” (termin w owym czasie nie znany) został Przewodniczącym Komitetu Cybernetyki przy Prezydium Akademii Nauk ZSRR. Po 1953 r. rozwój budowy komputerów w ZSRR miał szczególnie korzystny okres, jeśli

nawet nie epogeum. Projekt rodziny maszyn URAL został ukończony w 1954 r., a w 1955 r. rozpoczęła się seryjna produkcja. W tychże latach weszły do eksploatacji maszyny BESM-1, STREŁA i LEM-1. Rozpoczęte w tym okresie badania i prace rozwojowe przyniosły rezultaty w latach sześćdziesiątych, w których powstało kilkadziesiąt modeli komputerów. Działo się to w okresie „zimnej wojny”, tak że wysiłek organizacyjny był szczególnie wysoki i dobrze zorganizowany. Osoba admirała A.I. Berga jako politycznego reprezentanta informatyki była nieprzypadkowa. Na rysunku 3.1. przedstawiono schemat rozwoju konstrukcji ważniejszych komputerów radzieckich.

Pionierem budowy maszyn radzieckich jest S.A. Lebediew. Po ukończeniu w 1951 r. maszyny MESM w Kijowie, został przeniesiony do Moskwy, gdzie objął kierownictwo Instytutu Mechaniki Precyzyjnej i Budowy Maszyn Liczących. W 1952 r. ukończył projekt maszyny BESM-1 („Szybkiego Elektronicznego Systemu Maszynowego”), dając początek rodzinie maszyn do obliczeń numerycznych. Maszyna BESM-6 uznana jest za najszybszy komputer radziecki. W 1957 r. S.A. Lebediew skonstruował maszynę M-20 do zastosowań gospodarczych. Komputer BESM-1 można przyrównać do komputera IBM 701. Powstał nawet rok wcześniej, przed maszyną amerykańską (1953 r.). BESM-1 był maszyną 3-adresową, ze słowem 39-bitowym, ze zmiennym automatycznym przecinkiem, posiadał 4 tys. lamp oraz pamięć na akustycznych liniach opóźniających, prędkość liczenia wynosiła 1000 operacji/sek. W 1954 r. pamięć wymieniono na lampę Williamsa, przyspieszając liczenie do 8 tys. operacji/sek. W 1957 r. ponownie ulepszono pamięć, stosując pamięć ferrytową o pojemności 1 K słów. Pamięć pomocnicza na bębnie magnetycznym miała 5120 słów, a na taśmach magnetycznych 30 K słów. Wejście i wyjście było na taśmie papierowej, wydruk następował z prędkością 1 tys. wierszy numerycznych na minutę. Była to niezawodna maszyna, zbudowana w jednym egzemplarzu.

Równolegle z S.A. Lebediewem prowadził prace w Moskwie U.J. Basilewskij w Instytucie Mechaniki i Projektowania Instrumentów Ministerstwa Przemysłu Radiowego. Jego komputer STREŁA stał się w 1953 r. pierwszym radzieckim komputerem wytwarzanym seryjnie w moskiewskiej fabryce maszyn analitycznych SAM.

Z amerykańskich maszyn w seryjnej produkcji był tylko UNIVAC I. Firma IBM była wówczas na etapie seryjnego wytwarzania tylko kalkulatora IBM 604.

STREŁA była wzorowana na BESM-1, o czym świadczy podobny 3-adresowy układ, długie słowo (43-bitowe). Prędkość liczenia wynosi 3 tys. operacji/sek. Wiele tych maszyn jest nadal w użyciu. Konstruktor U. J. Basilewskij jest architektem rodziny maszyn URAL, których pro-



dukcja na szerszą skalę rozpoczęła się w 1955 r. w Fabryce SAM w Penzie. Są to najbardziej niezawodne i jedno z najpopularniejszych maszyn w ZSRR.

Jak wynika z historii rozwoju konstrukcji maszyn liczących, seria URAŁ była, oprócz serii UNIVAC 1000, pierwszą koncepcją budowy rodziny maszyn.

Maszynę URAŁ-1 można porównać do maszyny IBM 650, ale trzeba podkreślić przy tym większy nacisk położony na obliczenia numeryczne. Była to pierwsza radziecka jednoadresowa maszyna licząca w stałym przecinku z prędkością 100 operacji/sek. Pamięć bębnowa ma 1 K 36-bitowych słów w 10 ms. cyklu. Transfer danych WE/WY odbywał się w kodzie dziesiętnym. Pojemność taśm magnetycznych wynosiła 40 K słów.

Zakładowy zespół fabryki w Penzie, pod kierunkiem B.I. Ramajewa (który współpracował z U.J. Basilewskim przy URAŁ-1) zbudował w 1958 r. komputer URAŁ-2, a w 1960 r. URAŁ-4. Obie maszyny były nadal lampowymi z pamięciami ferrytowymi 2 K 40-bitowych słów, liczące z prędkością 5 tys. operacji/sek. Obie maszyny różniły się od komputera URAŁ-1 pojemnością pamięci operacyjnej i masowej. URAŁ 2 mógł przechowywać na taśmach magnetycznych 100 K słów, a URAŁ 4 aż do 5 M słów. URAŁ 4 mógł przetwarzać dane alfanumeryczne. Był uważany za główną radziecką maszynę do przetwarzania danych. Maszyna URAŁ 2 była pierwszą radziecką maszyną, którą eksportowano. Między innymi w Polsce były wykorzystywane 2 egzemplarze tej maszyny, w owym czasie jedyne obok komputerów ELLIOTT 803 i 2 GIER, zagraniczne komputery do obliczeń numerycznych.

Wadą komputera URAŁ-4 była konwersja danych kodowanych dziesiętnie na kod dwójkowy w jednostce centralnej.

Dalszy rozwój maszyn URAŁ prowadził do zbudowania trzech wymiennych modeli URAŁ 11, URAŁ 14 i URAŁ 16. W projektowaniu ograniczono liczbę różnych modułów układów, stosując układy półprzewodnikowe zbadane w 1961 r. w prototypie maszyny URAŁ 10. Rodzina tych maszyn powstała w pierwszej połowie lat sześćdziesiątych, kiedy w świecie utrwaliła się koncepcja maszyn reprezentowana przez serię IBM 1400. Projekty maszyn zostały ukończone w 1963 r., a produkcję seryjną rozpoczęto w 1964/1965 r., tj. w pierwszym roku sprzedaży rodziny komputerów IBM 360. Prototyp komputera URAŁ-16 został ukończony w 1965 r., a produkcja rozpoczęła się w niewielkich ilościach w dwa lata później. Zostało wyprodukowanych około 100 maszyn URAŁ 11 i 200 maszyn URAŁ 14. W tym samym okresie, kiedy produkcja tych maszyn była w pełnym rozruchu, powstała konstrukcja polskich komputerów ZAM-11, ZAM-21, ZAM-41 — zbliżonych nawet w koncepcji numeracji. Opóźnienie tych maszyn, do maszyn radzieckich wynosiło wówczas parę lat.

Maszyna URAŁ 11 jest dwójkowa, jednoadresowa ze słowem 24-bitowym, stałoprzecinkowa, liczy z prędkością 3 tys. operacji/sek. Pamięć ferrytowa rozbudowywana w modułach 4 K do 16 K, z cyklem 9  $\mu$ s. Można do niej podłączać do 16 urządzeń zewnętrznych.

Maszyna URAŁ 14 ma identyczną wewnętrzną organizację informacji jak URAŁ 11, liczy z prędkością 10 tys. operacji/sek, z pamięcią wewnętrzną do 64 K, wieloprogramowa (do 7 programów) można do niej podłączać do 27 urządzeń zewnętrznych. Maszynę można łączyć w układy wielomaszynowe oraz podłączać zdalne końcówki.

Maszyna URAŁ 16 posiada podwójne 64-bitowe słowo, pamięć operacyjną do 512 K. Liczy w stałym i zmiennym automatycznym przecinku z prędkością do 70 tys. operacji/sek. Jest wieloprogramowa.

Wobec wielkiego zapotrzebowania na te maszyny ostatnie modele nie były eksportowane.

Oprócz maszyn BESM i URAŁ, trzecią najpopularniejszą rodzinę maszyn radzieckich stanowią komputery MINSK, produkowane w Republice Białoruskiej. Prekursorem tych maszyn są maszyny M1, M2, M3 zaprojektowane przez I.S. Bruka z Instytutu Elektronicznych Maszyn do Sterowania Radzieckiej Akademii Nauk w Moskwie. Maszyna M1 powstała w 1951 r. jako mniejsza, ekonomiczna wersja maszyny BESM-1. Była wolna, liczyła z prędkością 30 operacji/sek. W 1959 r. pamięć bębnowa komputera M3 została wymieniona na pamięć ferrytowaną 2 K. Zwiększyła się przez to prędkość liczenia do 1500 operacji/sek.

Jakkolwiek komputery M miały wpływ na konstrukcję maszyn MINSK, trzeba wymienić I.V. Lebiediewa<sup>1</sup>, który skonstruował w latach 1954—1955 pierwszy białoruski komputer, zwany LUCH. Powstał on w Instytucie Fizyki i Matematyki Białoruskiej Akademii Nauk. Jest to mała maszyna, licząca z prędkością do 4 tys. operacji/sek. Szereg złożonych funkcji matematycznych zostało od razu wbudowanych w *hardware* (jak np. wyciąganie pierwiastków), co później zostało wykorzystane w maszynach MIR (obecnie jest podstawowym rozwiązaniem w minikalkulatorach). Maszyna LUCH była wykorzystywana w sterowaniu procesami chemicznymi.

Fabryka im. Ordżonikidze w Mińsku jest głównym ośrodkiem rozwoju komputerów na Białorusi, a także jednym z główniejszych ośrodków Związku Radzieckiego. Maszyny serii MINSK zostały zaprojektowane przez V. V. Przijałkowskiego we współpracy z G. D. Smirnowem, N. A. Maltremem, V. K. Nadeszenko i innymi. Prace nad komputerami MINSK rozpoczęto w 1956 r., a zakończono w 1959 r. Produkcja seryjna rozpoczęła się w 1960 r. Wybudowano około 200 maszyn.

<sup>1</sup> Nie należy mylić z Sergiejem Lebiediewem, twórcą maszyn BESM.



Wszystkie maszyny tej serii, z wyjątkiem modeli 23 i 32, były zaprojektowane dla potrzeb sterowania procesami technologicznymi.

MINSK 1 jest 2-adresowy, liczący w stałym przecinku z prędkością do 3 tys. operacji/sek. Pamięć o pojemności 1 K 31-bitowych słów z cyklem 25  $\mu$ s. Pojemność pamięci taśmowej wynosi 64 K. Był to jedyny model z tej serii, w którym wykorzystano lampy. W pozostałych modelach wykorzystywano tranzystory i półprzewodniki.

Prace nad komputerem MINSK 2 zakończono w 1961 r. Produkcję rozpoczęto w 1962 r. Wyprodukowano około 300 maszyn tego typu. Jest to już nowocześniejsza maszyna. Także 2-adresowa, dwukrotnie szybsza od komputera MINSK 1. Pamięć ferrytowa ma pojemność 8 K 37-bitowych słów z cyklem 24  $\mu$ s. W komputerze MINSK 2 jest już możliwe współbieżne wykonywanie operacji WE/WY z operacjami w jednostce centralnej.

Następcą maszyny MINSK 2 jest model MINSK 22, który różni się od poprzedniczki rozbudowanymi możliwościami urządzeń zewnętrznych. Zamiast 4 jednostek taśm magnetycznych — maszyna MINSK 22 może mieć podłączonych 16 jednostek, każda o pojemności 100 tys. słów 37-bitowych. Prędkość wymiany informacji między TM a PAO wynosi 2500 słów/sek. Prototyp komputera MINSK 22 powstał w 1963 r., a produkcja seryjna rozpoczęła się w 1965 r. Ponad 300 maszyn tego typu zostało wyprodukowanych, z czego 20% wyeksportowano, w tym jedną maszynę do Holandii. W okresie 1961—1964 zbudowano kilka modeli maszyn MINSK, jak MINSK 11, MINSK 12, MINSK 14, które nie weszły do produkcji seryjnej. Dla potrzeb obliczeń numerycznych wyprodukowano MINSK 22 M (podobnie jak tę funkcję spełnia model IBM 360/44).

W celu udoskonalenia automatyzacji przetwarzania danych zbudowano w 1964 r. (produkcję uruchomiono w 1966/1967 r.) MINSK 23. Jest to jedyna radziecka maszyna ze zmienną długością słowa. Pojemność PAO do 40 K. Prędkość liczenia wynosi około 2,5 tys. operacji/sek.

Największą i najszybszą z maszyn MINSK jest model MINSK 32, różni się od swych poprzedniczek dość znacząco. Pojemność pamięci może wynieść 64 K, prędkość liczenia wzrosła do 35 tys. operacji/sek. Liczy w trybie równoległym. Jest maszyną wieloprogramową (do 4 programów). Umożliwia podłączenie zdalnych końcówek przez linie telefoniczne lub telegraficzne. Maszyna została zaanonsowana w 1967 r., by wejść do produkcji w latach 1968/1969. Powstała w okresie gdy w Polsce uruchomiono maszynę ZAM 41 o bardzo zbliżonych parametrach. Prace nad tą maszyną, prowadzone w nieprzemysłowym ośrodku trwały od 1962 r. W celu podwyższenia produktywności maszyn, dwaj specjaliści E.V. Jewrejnow i U.G. Kosarew pracowali nad wielomaszynowym układem MINSK 222, złożonym z MINSK 2 i MINSK 22.

Łączną produkcję maszyn MINSK można oszacować na ponad 1000 sztuk, co stawia ją oprócz angielskiej serii ICL 1900 na pierwszym miejscu w całej Europie<sup>2</sup>. Był nawet taki okres, w którym wobec opóźnień maszyn RIAD rozważano możliwość postawienia na przyspieszony rozwój dostaw maszyn MINSK.

W okresie, w którym powstawały maszyny „produkcyjne” URAŁ i MINSK, pionier budowy komputerów — Sergiej A. Lebiediew ulepszył BESM 1. Po wprowadzeniu w miejsce lamp techniki półprzewodnikowej i zwiększeniu pojemności pamięci operacyjnej i zewnętrznej — powstał BESM 2. Jest to maszyna 3-adresowa, dwójkowa, zmiennoprzecinkowa, z PAO 2 K — 39-bitowym słowem, bębniem i 4 taśmami magnetycznymi. Podczas gdy cykl maszyny wynosi 10  $\mu$ s, to cykl PAO jest 6  $\mu$ s. Prędkość liczenia 10 tys. operacji/sek. Maszyn tych wyprodukowano około 100 sztuk w Zakładach w Uljanowsku.

Maszyny URAŁ miały zaspokajać potrzeby automatyzacji przetwarzania danych. Natomiast maszyny BESM miały spełniać tę rolę w zakresie obliczeń numerycznych ośrodków badawczych (naukowych).

Dla potrzeb obliczeń inżynierskich przewidziana została seria maszyn M. Konstrukтором tej serii był również S. A. Lebiediew, wraz z M. K. Sulimem z Moskiewskiej Fabryki SAM. Maszyna M 20 była w 1959 r. najnowocześniejszym komputerem radzieckim. Jak wszystkie maszyny S. A. Lebiediewa, jest 3-adresowa, z długim 42-bitowym słowem, wykonująca 20 tys. operacji/sek. Pamięć wewnętrzna wynosiła 4 K słów (ale 45-bitowych) z 6  $\mu$ s cyklem, ma wejście i wyjście na karty oraz drukarkę numeryczną. Pamięć pomocnicza na bębnie ma 4 K słów, a na taśmach magnetycznych 75 K słów. Zbudowana została z 4500 lamp i 35 tys. diod.

W 1959 r. IBM dysponował porównywalnym modelem 709. Dopiero w 1961 r. nastąpiła pierwsza dostawa maszyn lampowych IBM 7090, a w 1964 r. maszyn tranzystorowanych IBM 7094. Model IBM 709, miał PAO o pojemności 2 K — 36-bitowych słów i cykl 24  $\mu$ s, a więc miał znacznie gorsze parametry od M 20. Z maszyn europejskich, najsławniejsza po francuskiej GAMMA 60, była angielska maszyna ATLAS. Prototyp tej maszyny powstał na Uniwersytecie w Manchester w 1961 r., a seria produkcyjna została uruchomiona przez Ferrantiego w 1963 r. Nic dziwnego, że autorzy maszyny M 20 zostali przedstawieni do Nagrody Państwowej.

Dalsze ulepszenia M 20 doprowadziły do zbudowania maszyn M 50 i M 180<sup>3</sup>. Dość ciekawe wydarzenia miały miejsce w związku z tranzystoryzacją M 20, którą przeprowadzono nieoficjalnie. W wyniku tego zabiegu powstała w 1964 r. wersja M 220. Drogi twórców M 20 rozeszły się, kiedy M. K. Sulim został mianowany zastępcą przewodniczącego Państwowego

<sup>2</sup> Nie uwzględnia się tu produkcji komputera GAMMA 10 i ICL 1004.

<sup>3</sup> Strona radziecka musiałaby dobrać do tej nazwy od FUJITSU.



Komitetu ds. Radiotechniki. Przeciwwstawiał się S. A. Lebiediewowi w jego zamiarze tylko stranzystorowania maszyny, bez zmian w jej organizacji logicznej. Między innymi chodziło o wprowadzenie wielopoziomowego indeksowania, zrównoleglenia operacji WE/WY, wprowadzenia systemu przerywań oraz utworzenie jednego poziomu pamięci z pamięci ferrytowej i bębnowej. Cechy te zostały wprowadzone w dwa lata później w komputerze ATLAS. Natomiast S. A. Lebiediew zwykł wprowadzać ulepszenia bardzo powoli (warto przypomnieć, że BESM 2 tylko niewiele różnił się od BESM 1). Ostatecznie komisja pod przewodnictwem A. A. Dorodniczy-na zaakceptowała istnienie M 220, którą przekazano do Instytutu S. A. Lebiediewa, gdzie otrzymała nazwę BESM 3. Do produkcji weszła w 1964 r. pod nazwą BESM 4 i BESM 3M. Łącznie wyprodukowano ich po 50 sztuk. W stosunku do M 20, prędkość liczenia M 220 nie uległa zmianie, zwiększyła się pojemność pamięci do 16 K — 47-bitowych słów (w tym 2 bity dla kontroli parzystości). Pamięć bębnową zwiększono 6-krotnie do 24 K, a pamięć taśmową powiększono 50-krotnie do 4 M słów. Maszyna BESM 4 miała większą pojemność bębnową (64 K słów) i taśmową (8 M słów).

Dalsze prace S. A. Lebiediewa polegały na zbudowaniu najszybszego radzieckiego komputera. Wysiłek jego został uwieńczony sukcesem, jakim okazała się maszyna BESM 6 (jej prototyp nazwano VESNA). Zaprojektowana w 1964—1965 r. i uruchomiona w produkcji w 1966 r. w moskiewskiej fabryce SAM. Wyprodukowano jej kilkadziesiąt sztuk. W 1969 r. S. A. Lebiediew i jego zespół otrzymał Nagrodę Państwową za BESM 6.

BESM 6 ma 50-bitowe słowo, jest 1 adresowa (pierwsza maszyna Lebiediewa), dzięki czemu prędkość liczenia wzrosła do 1 mln operacji/sek. PAO posiada pojemność 32 K słów 50-bitowych. Pamięć ferrytowa ma cykl 2  $\mu$ s. W organizacji pamięci zastosowano także najnowocześniejsze rozwiązania jak: stronicowanie, zakładkowanie (*overlap*), dynamiczną alokację, pamięć notatnikową 500 nanosekundową (*scratch — pad memory*). Ponadto zastosowano wyprzedzające przeglądanie listy rozkazów do wykonania (*look ahead*), przerywanie programu, 16 rejestrów indeksowych, pośrednie adresowanie, zabezpieczenie segmentu pamięci oraz wieloprogramowość. Maszyna została zbudowana z 120 tys. diod i 40 tys. tranzystorów germanowych.

BESM 6 można uważać za odpowiednik maszyny IBM 7094 i ATLAS. Gdyby S. A. Lebiediew usłuchał rady Sulima i od razu zmodyfikował M 20 w sugerowanym kierunku, wówczas jego nowa maszyna, ewentualny BESM 6, powstałaby przed wspomnianymi maszynami. Według publikacji L. N. Korolewa i N. A. Mielnikowa (zastępcy S. A. Lebiediewa), zespół pracuje nad maszyną klasy CDC 6600, to jest ewentualnym BESM 8.



Wielkim ośrodkiem badawczo-rozwojowym informatyki jest Instytut Cybernetyki Ukrainńskiej Akademii Nauk w Kijowie. Ośrodek wyrósł z grupy S. A. Lebediewa, która opracowała komputer MESM. Po jego przeniesieniu do Moskwy, ośrodek kijowski stanowił oddział Moskiewskiego Instytutu Mechaniki Precyzyjnej i Budowy Maszyn Liczących. W 1956 r. Oddział został zreorganizowany w niezależny Ośrodek Obliczeniowy, którego dyrektorem został akademik W. M. Głuszkow. Wiele osiągnięć ośrodka na polu cybernetyki spowodowało przemianowanie go w 1962 r. na Instytut Cybernetyki. W. M. Głuszkow za prace w informatyce otrzymał tytuł Bohatera Pracy Socjalistycznej oraz nagrody: im. Lenina (1964 r.) i Państwową (1968 r.). Natomiast Instytut otrzymał Order Lenina. W. M. Głuszkow (wiceprezes UAN) uważany jest za politycznego lidera informatyki w ZSRR, którą to pozycję przejął po admirale A. I. Borgu.

Po przejściu od S. A. Lebediewa ośrodka kijowskiego, W. M. Głuszkow zdecydował, że ośrodek powinien zajmować się także budową maszyn liczących. Był to bardzo charakterystyczny okres w całej informatyce światowej. Budowa komputerów bardziej fascynowała niż ich wykorzystanie. Obecnie sytuacja się odwróciła. Okazuje się, że łatwiej jest zbudować komputer, trudniej go wyprodukować, a jeszcze trudniej wykorzystać go z sensem. Ale ówczesne ośrodki obliczeniowe musiały same zaopatrywać się, czyli budować sprzęt dla siebie.

Po komputerze MESM, przystąpiono do wykończenia, zaprojektowanego w 1951 r. modelu SESM („pośredni” między MESM a BESM), wyspecjalizowanego w rozwiązywaniu równań liniowych do 480 stopnia. Wykorzystano metodę iteracyjną Gaussa-Seidla. Obliczenie macierzy  $18 \times 18$  wymagało 148 iteracji w ciągu 2 godzin.

Pierwszy komputer KIJEW ośrodek zbudował w 1958 r. Był wykorzystywany do modelowania zagadnień ekonometrycznych gospodarki ukraińskiej. Maszyna KIJEW jest 3 adresowa, lampowa, z ferrytową PAO 2 K — 41-bitową (typu BESM 2). Prędkość liczenia wynosi 5 tys. operacji/sek.

Dalsze prace rozwojowe Instytutu Cybernetyki koncentrowały się na konstruowaniu maszyn do sterowania procesami technologicznymi (KIJEW-67 w 1967 r., DNIEPR 1 i DNIEPR 2 w latach 1962—1964) i do obliczeń numerycznych małej skali (PROMIN-M, MIR 1 i MIR 2). Seryjna produkcja tych maszyn była zorganizowana w Zakładach Budowy Instrumentów w Sewierodonecku na Ukrainie. Maszyny PROMIN i MIR są małych rozmiarów, wymagają 5 m<sup>2</sup> pola powierzchni i zużywają około 5 kW energii. Maszyny MIR mają wiele funkcji wbudowanych w *hardware*, co już raz zostało zrealizowane w komputerze LUCH (1954—1955). MIR 1 liczy z prędkością 250 operacji/sek., posiada nierozbudowywalną PAO o pojemności 4 K — 12-bitowych słów i cyklu 24  $\mu$ s. W 1969 r. powstała

wersja MIR 2 ze świetlnym piórem. Za tę maszynę zespół został nagrodzony Nagrodą Państwową.

Prace w zakresie sterowania procesami technologicznymi za pomocą komputerów są prowadzone w Instytucie Maszyn Sterujących w Siewierodonecku na Ukrainie. Instytut zbudował dwa hierarchiczne systemy maszyn SOU-1 (1965—1966) i ASWT (1969). Oba systemy miały być odpowiednikami maszyn IBM 360. Początkowo nawet S. A. Lebediew, który zwykle realizował najbardziej zaawansowane projekty, podobnie nazwał owe przedsięwzięcie ITM-360 (skrót od nazwy kierowanego przez niego Instytutu). Obawiając się prawdopodobnie zbyt dużej koncentracji prac w jednym miejscu, a także ze względu na potrzebne odmienne podejście do tego projektu niż prezentowane w budowie najszybszych maszyn do obliczeń BESM w ramach Akademii Nauk — owe zadanie zostało przypisane grupie przemysłowej Ministerstwa Budowy Instrumentów, Środków Automatyzacji i Systemów Sterowania ZSRR. Wydaje się, że patronat naukowy i polityczny nad tym przedsięwzięciem sprawował W. M. Głuszko. Świadczy o tym m.in. fakt, że w serii M 1000, M 2000, M 3000 — wykorzystano układy logiczne maszyn MIR.

W hierarchicznym systemie SOU 1 na pierwszym poziomie uplasowano maszynę MPPI 1 do konwersji analogowo-cyfrowej. Na drugim poziomie maszyna UM 1 kieruje parą maszyn MPP 1. W celu podniesienia niezawodności stosuje się dwie maszyny UM-1. Całością steruje maszyna nadzorcza KWM 1, która w wypadku szczytów może przejąć przetwarzanie z maszyn podległych.

Maszyna UM 1 ma 30 różnych operacji na stałej długości słowa 21-bitowego — dwójkowego. Posiada 16 priorytetowy system przerywań, możliwość automatycznego indeksowania rozkazów, modyfikowanie adresu odbywa się dzięki rejestrowi indeksowemu. Przetwarza z prędkością 300 operacji/sek. Pojemność PAO wynosi 4 K — 21-bitowych słów.

Maszyna MPP 1 może działać w kilku systemach jako: a) automatyczny kolektor informacji z programowo zapytywanych czujników; b) matematyczny procesor określający wartości parametrów, c) informator operatora o stanie kontrolowanych przebiegów procesów, d) sygnalizator alarmowych sytuacji; przesyłacz informacji do innych elementów systemu SOU 1.

Maszyna KWM 1 jest jednoadresowa, ze zmiennym przecinkiem, dwójkowa, wykonująca do 100 tys. operacji/sek. Pamięć ferrytowa ma pojemność 32 K — 50-bitowych słów, z możliwością adresowania półsłowa. Cykl wynosi 8  $\mu$ s. Pojemność pamięci zewnętrznej wynosi 20 M słów. Zestaw podstawowy składa się z 4 jednostek taśm magnetycznych, czytnika i perforatora kart oraz drukarki. Maszyna posiada możliwość wyprzedzającego przeglądania 7 rozkazów (*look ahead*), (podobnie jak w STRETCH).



adresowanie pośrednie jest wielopoziomowe. Dwie maszyny można połączyć w zestaw wieloprocesorowy, dający 64 automatyczne kanały WE/WY. Występuje 6 rejestrów indeksowych, a rozkazy mogą być podwójnie indeksowane.

Maszyna KWM 1 była drugą po BESM 6 (3 mln rubli). Ze względu na zwiększenie wymienności informacyjno-programowej w ramach systemu SOU 1 ulepszono go w postaci systemu ASWT.

Maszyny ASWT posiadają listę rozkazów zbliżoną do maszyn IBM 360, są bajtowe, gdzie półsłowo wynosi 16 bitów, słowo 32, a podwójne słowo 64. Maszyny posiadają pamięci wewnętrzne o cyklu 8  $\mu$ s oraz pamięci stałe (*read only storage*). Funkcje maszyn M 1000, M 2000 i M 3000 odpowiadają maszynom w systemie SO1. Najszybsza maszyna M 3000 działa z prędkością 60 tys. operacji/sek. Między innymi maszyny te zostały zastosowane w systemie SYRENA dla rezerwacji miejsc lotniczych AREO-FLOTU.

Niezwykle sprawnie rozwija się konstrukcja maszyn w Armeńskiej Republice. Początkowo Erywań, stolica, miał jedną fabrykę odbiorników radiowych, obecnie w kilku miejscach są fabryki przemysłu elektronicznego i informatycznego. Jak zwykle w takich sprawach w Związku Radzieckim — ośrodkiem krystalizującym dalsze prace było Laboratorium Maszyn Liczących przy Instytucie Matematycznym i Mechaniki podległym Armeńskiej Akademii Nauk. W latach 1956—1957 z tego laboratorium powstał Instytut Maszyn Liczących kierowany przez S. N. Mergelyana.

W krótkim czasie Instytut skonstruował w 1961 r. pierwszy w pełni stranzystorowany komputer w ZSRR — RAZDAN-2. W latach 1968—1969 powstał tu także pierwszy radziecki komputer na obwodach scalonych — NAIRI-3. Ośrodek ten zbudował na początku lat siedemdziesiątych model JS-1030, który w Polsce został zmodyfikowany na R-32.

Ośrodek ten posiada jeszcze jeden rekord ZSRR, a mianowicie — maszyna NAIRI-1 została wyprodukowana w 500 egzemplarzach, której to liczby nie osiągnęła żadna z pozostałych maszyn radzieckich do 1970 r.

W trzy lata od chwili założenia Instytutu, powstał pierwszy armeński komputer ARAGATS (10 tys. operacji/sek, pamięć ferrytowa 1 K, z cyklem 16  $\mu$ s) na lampach elektronowych, w konstrukcji zbliżony do moskiewskiego komputera M-20. Zmniejszone jego wersje w postaci maszyn ARAGATS i EREVAN zostały wycofane z produkcji na rzecz powiększenia serii produkcyjnych maszyn DNIEPR i VNIEM.

Maszyna RAZDAN-1 (1960 r.) była prototypem maszyny RAZDAN-2, drugiej generacji. Mała, 2-adresowa, z pamięcią ferrytową 2 K — 36-bitowych słów, o cyklu 24  $\mu$ s i pamięci taśmowej na 120 K słów.

W 1967 r. Instytut wypuścił dużą maszynę RAZDAN-3 do obliczeń naukowych i inżynierskich. Maszyna jest 2-adresowa, ze zmiennym prze-

cinikiem, dwójkowa, w pełni stranzystorowana. Liczy z prędkością 25 tys. operacji/sek., pamięć ferrytowa 32 K — 48-bitowych słów, o cyklu 8—10  $\mu$ s. Pamięć bębnowa o pojemności 10 M słów.

O jej konstrukcji może świadczyć porównanie z BESM-6. RAZDAN-3 wymaga 160 m<sup>2</sup> pola powierzchni, gdy BESM-6 wymaga 200 m<sup>2</sup>, ale BESM-6 zużywa 20 kW, podczas gdy RAZDAN-3 pobiera 50 kW.

Maszyna armeńska liczy około 30 razy wolniej, ale tyle samo też jest tańsza.

Największym sukcesem okazała się maszyna 3-generacji NAIRI-3. Posiada pamięć stałą, w której można emulować inne maszyny. Może pracować w systemie abonenckim z 64 użytkownikami. Jej poprzedniczką była maszyna NAIRI-1, której produkcja rozpoczęła się w 1965 r. Można ją porównać do IBM 1620.

W Litewskiej Republice, w Wilnie, został utworzony Kombinat SIGMA, który rozpoczął produkcję w latach 1964—1965 wielokonfiguracyjnego zestawu RUTA 110. Model RUTA-110 I był przeznaczony dla typowych systemów przetwarzania danych z wykorzystaniem taśm magnetycznych. Model RUTA-110 D, dla systemów zapytaniowych wymagających dysków, a model RUTA-110 K dla najmniejszych instalacji bez pamięci zewnętrznych. RUTA liczy z prędkością 2 tys. operacji/sek., posiada pamięć około 16 K, pracuje w podziale czasu ze zdalnymi użytkownikami końcówek. Maszyny RUTA można przyrównać do serii IBM 1400. Oprócz komputera URAŁ i MINSK były głównym trzonem radzieckich maszyn do przetwarzania danych, powstałych przed serią RIAD.

Oprócz przedstawionego głównego nurtu prac konstrukcyjnych, w celach historycznego zapisu warto odnotować inicjatywy związane z budową komputerów LEM, SETUN i VNIEM oraz innych. Komputer LEM-1 powstał w 1955 r. w Laboratorium Elektromodelowania Wszechzwiązkowego Instytutu Informacji N-T-E (WIINITI). Był to komputer przewidziany do wyszukiwania informacji. Wobec lepszych wyników działania maszyn URAŁ, prace nad komputerem LEM zostały zawieszone.

Niezwykle oryginalnym i chyba jedynym w świecie tego typu komputerem był SETUN. Posiadał 3 stanową logikę (—1, 0, 1), która miała gwarantować najlepsze wykorzystanie układów. Został zbudowany w 1958 r. na Uniwersytecie Moskiewskim, pod kierunkiem N. P. Bruszczzenowa, który pracował z U. J. Basilewskim nad STRIEŁĄ.

Na Uniwersytecie Leningradzkim powstała w latach 1959—1960 maszyna MYAMLIN (od autora A. N. Myamlina), która była pierwszą radziecką maszyną do bieżącego przetwarzania i posiadała pełny system kontroli błędów. Jak na owe czasy była bardzo szybka w stosunku do pozostałych maszyn, liczyła z prędkością 50 tys. operacji/sek.



W 1960 r. powstała maszyna do przetwarzania danych ERA, która została wyparta przez tranzystorowane maszyny URAL.

Komputery VNIIEM powstały w latach 1961—1963 we Wszechzwiązkowym Instytucie Elektromechaniki. Dalszy ich rozwój został wstrzymany przez wybranie maszyn M-220 i MINSK 22 jako lepszych. Jakkolwiek parametry VNIIEM-3 są bardzo interesujące. Powstał w 1966 r., liczył z prędkością 40 tys. operacji/sek., mógł być łączony aż w sześciomaszynowy układ. Był przystosowany do współpracy z różnymi urządzeniami zewnętrznymi, w tym z konwerterami analogowo-cyfrowymi. Komputer ten można nazwać „Niechcianym” (podobnie jak polskie komputery ZAM), bowiem Ministerstwo Konstrukcji Instrumentów, Środków Automatyki i Systemów Sterowania nie znalazło producenta na maszynę powstałą poza resortem.

Maszyna UM-1-NKh jest drugą oprócz MIR-2 maszyną, której zespół konstruktorów został nagrodzony Nagrodą Państwową, w tym samym 1969 r. Maszyna powstała jako wspólny projekt Ministerstwa Przemysłu Elektronicznego oraz Ministerstwa Konstrukcji Instrumentów, Środków Automatyki i Systemów Sterowania.

Produkcja tej maszyny została uruchomiona w 1967 r. w Fabryce Maszyn Elektrycznych w Leningradzie. Maszyna przeznaczona jest do sterowania procesami technologicznymi. Posiada 4 bloki pamięci, które z pamięcią stałą (512 K) są bezpośrednio połączone z akumulatorem. Długość słowa wynosi 15 bitów. Pamięć stała służy jako interpreter i do przechowywania stałych. Pamięć operacyjna zbudowana jest na ferrytowych talerzach (jedyna konstrukcja radziecka). Lista rozkazów zawiera 32 instrukcje (w tym 15 arytmetycznych), jest albo 2 albo 3 adresowa, liczy z prędkością 1 tys. operacji/sek., w systemie równoległym i asynchronicznym. Rozmiar maszyny jest typu „biurowego” (*desk-size*).

Klasą dla siebie jest komputer ELEKTRONIKA K-200, prawdopodobnie wykorzystywany na statku kosmicznym LUNACHOD-1. Maszyna posiada 24-bitowe słowo, działa asynchronicznie, lista rozkazów zawiera 32 instrukcje, średnia prędkość liczenia wynosi 40 tys. operacji/sek. Całkowita pamięć wynosi 48 K słów, z tego połowa w PAO, cykl wynosi 20  $\mu$ s. Pamięć stała ma 4 K i cykl 17  $\mu$ s. Występują 24 poziomy przerywań. Liczba urządzeń WE może dojść do 8192 i WY tyle samo. Prócz typowych urządzeń zewnętrznych może być podłączone wyjście głosowe. Zbudowana jest z hybrydowych obwodów scalonych, wykorzystując 17 różnych modułów. Każdy obwód jest zdublowany, a możliwość błędu liczenia może pojawić się co 2 tys. godzin pracy maszyny. Zasilanie wymaga prądu o częstotliwości 400 Hz. Zużycie energii wynosi 200 W. Wymiary wynoszą 58 × 70 × 66 cm, a waga 120 kg.

Oprogramowanie zawiera kompletną bibliotekę programów standar-

dowych. Dostępny jest interpreter dla symulowania programów K-200 na maszynach M-20, M-220, BESM-4. Do pamięci stałej mogą być wczytywane programy. Opis maszyny w broszurze wydanej w języku angielskim sugeruje, że maszyna może być oferowana na eksport do krajów Europy Zachodniej. Produkcja maszyny zlokalizowana jest w Zakładach Radiowych w Pskowie.

Wykaz niektórych wczesnych ważniejszych radzieckich komputerów, wymienionych dotychczas podano w tablicy 3.1.

Sytuacja w informatyce krajów socjalistycznych pod koniec lat sześćdziesiątych wyglądała w ten sposób, że rozwojowi zdolności konstruowania coraz to nowych komputerów nie towarzyszył wzrost zaufania użytkowników, że właśnie kolejny model będzie tym powszechnym sprzętem. Zjawisko występowania licznych ośrodków konstruowania sprzętu było korzystne do pewnego momentu, co przyczyniło się do rozwoju kadry i myśli konstrukcyjnej. Działalność nie poparta jednak służbą zbytu i usług posprzedażnych spowodowała brak zainteresowania potrzebami użytkowników. Dla bardziej zaawansowanych systemów informatycznych trzeba było importować kosztowny sprzęt z zagranicy. Ośrodki konstrukcyjne zaczęły stosować różnego rodzaju naciski w celu uzyskiwania preferencji. W szczególności miało to miejsce w Polsce, Czechosłowacji, na Węgrzech i w NRD. Kraje te nie były w stanie samodzielnie i bezkonfliktowo rozwinąć opłacalnej produkcji sprzętu informatycznego. W tej sytuacji doszło do utworzenia w 1968 r. Międzyrządowej Komisji do spraw ETO. Porozumienie to stworzyło podwaliny do jednego z największych, wspólnych projektów w 25-letniej historii RWPG. Przy realizacji JS EMC — RIAD (*Jednolitego Systemu Elektronicznych Maszyn Cyfrowych*) współpracuje około 20 tys. informatyków oraz 300 tys. pracowników-współkooperantów. Różnorodnymi pracami nad JS kieruje Rada Głównych Konstruktorów. Przodujące prace w każdym kraju koordynuje nominowany Główny Konstruktor. Generalnym Konstrukтором jest przedstawiciel Związku Radzieckiego. Szczegółowe zadania są opracowywane w ramach Rad Specjalistów i Grup Roboczych.

Rodzina maszyn RIAD-I JS EMC obejmuje 7 jednostek centralnych JS-1010, JS-1020, JS-1020A, JS-1030, JS-1040, JS-1050, JS-1060<sup>4</sup>. Określenia R-10, R-20 itd. przedstawiają potoczne synonimy poprzednio wymienionych oznaczeń kodowych. Podstawą koncepcji serii RIAD jest zbudowanie maszyn do różnych celów, wymiennych zarówno pod względem oprogramowania, jak urządzeń zewnętrznych. Z podziału zadań wynika specjalizacja: ZSRR w modelach R-20, R-30, R-50; Polski w R-30 (R-32; w polskim modelu zastosowano tylko inne rozwiązania technologiczne w

<sup>4</sup> W 1976 r. została uruchomiona w Mińsku produkcja komputerów R-60 (odpowiednik IBM 360/75).

Tablica 3.1.

Charakterystyka niektórych wczesnych komputerów radzieckich

Nazwa komputera	Adresy	Prędkość liczenia (1000 oper. /s)	Pojemność pamięci 1000 słów/ /cykl	Długość słowa (bitów)	Główne zastosowania	Orientacyjna cena (w tys. rubli)
M-1000	1	20 <sup>a</sup>	1/8 $\mu$ s	16	sterowanie	—
M-2000	1	40 <sup>a</sup>	8/8 $\mu$ s	32	różne	—
M-3000	1	100 <sup>a</sup>	8/8 $\mu$ s	32	różne	1000
BESM-2	3	8-10	2/6 $\mu$ s	39	obliczenia	350
BESM-4	3	20	8/10 $\mu$ s	45	obliczenia	250
BESM-6	1	1000 <sup>a</sup>	32/2 $\mu$ s	50	obliczenia	3000
M-20	3	20	4/6 $\mu$ s	45	sterowanie	500
M-220	3	20	4/6 $\mu$ s	47	różne	600
URAŁ-11	1	10	4/9 $\mu$ s	24	przetwarzanie danych	100
URAŁ-14	1	10	8/9 $\mu$ s	24	przetwarzanie danych	150
URAŁ-16	1	50-70	8/9 $\mu$ s	48	przetwarzanie danych	600
MINSK-22	2	5-6	4/24 $\mu$ s	37	przetwarzanie danych	250
MINSK-23	—	2-3	40 <sup>+</sup> /26 $\mu$ s	różna	przetwarzanie danych	—
MINSK-32	—	30-35	32/--	—	przetwarzanie danych	—
MIR-1	1	.25	4/24 $\mu$ s	12	obliczenia	—
PROMIN	1	.8	.162/--	32	obliczenia	500
DNIEPR-1	2	10	.512/18 $\mu$ s	26	sterowanie	100
RAZDAN-2	2	5	1/2/24 $\mu$ s	36	obliczenia	50
RAZDAN-3	2	20	16/8-10 $\mu$ s	48	obliczenia	150
NAIRI-2	2	4 <sup>a</sup>	2/20 $\mu$ s	36	obliczenia i pd	75
NAIRI-3	2	15-20	4/--	36	obliczenia i pd	—
VNIIEM-3	1	40	4/8 $\mu$ s	24	sterowanie	—
UM-I-NKh	2	1	2/--	15	sterowanie	—

\* — dodawani/s + -- znaków

układach niż w modelu radzieckim); NRD w R-40, w Czechosłowacji w R-20A, Bułgarii w R-20, Węgier w R-10. Modele czechosłowackie i węgierskie mają odmienną liczbę rozkazów, ale mogą współpracować z urządzeniami zewnętrznymi JS. Stąd występuje samodzielność tych krajów w zakresie tych modeli. Podobną samodzielność posiada NRD w odniesieniu do R-40. Natomiast modele R-20 i R-30 są zdublowane pod względem prac konstrukcyjno-oprogramowaniowych przez ZSRR.

Maszyna R-10 (jej prawozorem jest SDC 10010) przeznaczona jest do sterowania procesami i obliczeń numerycznych. Maszyna R-20 przewidziana jest do przetwarzania danych małego zakresu. Maszyny R-30 i R-40 są uniwersalne i można wykorzystywać zarówno do przetwarzania danych, jak i do obliczeń numerycznych, wymagających mocniejszych (od R-20) procesorów. Maszyna R-50 powinna być wykorzystywana przede wszystkim do obliczeń dużej skali. Stosunek wewnętrznego przetwarzania listy rozkazów według tzw. mieszanki administracyjnej na R-20 i R-50 wynosi jak 1:20. Analogiczne dla tzw. mieszanki obliczeniowej powiększa się do 1:50. Seria RIAD I zbliżona jest w swej budowie do serii IBM 360. Ważniejsze parametry serii RIAD I podano w tablicy 3.2. Warto zwrócić uwagę na dalszy rozwój maszyn BESM w kierunku wyprodukowania superkomputera BESM-X o prędkości wykonywania 15 mln operacji/sek.<sup>5</sup>

\*

Niektórzy obserwatorzy zagraniczni informatyki radzieckiej uważają, że charakteryzuje ją wielorakość kierunków. Ale właśnie to można uznać za jej najmocniejszą stronę. Dzięki mądrej polityce inicjowania prac w wielu ośrodkach doszło do pożądanego rywalizacji, a więc i do rozwoju myśli konstrukcyjnej. Gdy przyjrzeć się rozwojowi informatyki zachodniej, to trzeba przyznać, że i tam ma on podobny przebieg. Po okresie rozproszenia następuje okres konsolidacji — powstawania rodzin maszyn z dominującym systemem IBM 360 i 370. W ZSRR maszyny Jednolitego Systemu EMC spełniają obecnie tę funkcję. Właściwie to poza IBM nie ma jeszcze takiej firmy na świecie, która by prócz chęci miała porównywalny program produkcyjno-rozwojowy i bazę produkcyjną jak Jednolity System EMC. Należy chyba oczekiwać, że fakt istnienia JS EMC nie wygasi działania dotychczasowych ośrodków, które realizowałyby specjalistyczne zadania o charakterze uzupełniającym główny nurt konstrukcji i eksploatacji sprzętu. Chodzi o stworzenie podobnej sytuacji, w jakiej znajduje się firma IBM, nękana przez drobnych innowatorów i udoskona-

<sup>5</sup> Por. B. Szuprowicz, *Computers from Communist Countries*, „Datamation” 1976, nr 9, s. 81.

Tablica 3.2.  
Podstawowe dane techniczne maszyn Jednolitego Systemu EMC

Lp.	Kraj	WRL	CSRS	BRL/ZSRR	PRL/ZSRR	NRD	ZSRR
	Moduł — parametry	EC-1010	EC10-20A	EC-1020	EC-1030	EC-1040	EC-1050
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Typ centralnej jednostki przetwarzania	EC-2010	EC-2021	EC-2020	EC-2030	EC-2040	EC-2050
	Średnia szybkość operacji/sek	10 000	25 000—45 000	20 000	100 000—300 000	320 000	1 500 000
	Średnia szybkość (struktura)	dwojkowa w ko- dzie uzupełnienia- wym	dwojkowa, dziesiętna	dwojkowa, dziesiętna	bajtowa	dwojkowa, dziesiętna	dwojkowa, dziesiętna
	Długość maszynowego słowa	16 bitów	4 × (8+1) bitów	1 bajt	32 bity	8 bajtów	8 bajtów
	Typ sterowania	mikroprogra- mowe	mikroprogra- mowe	mikroprogra- mowe	mikroprogramowe	mikroprogra- mowe	układowe <sup>1</sup>
	Zestaw rozkazów	specjalny zestaw rozkazów. Roz- kazy JS EMC in- terpretowane	specjalne rozkazy sterujące	uniwersalny, zgodny ze stan- dardem JS EMC (143 rozkazy)	uniwersalny, zgod- ny ze standardem JS EMC (143 rozkazy)	uniwersalny, zgodny ze stan- dardem JS EMC (143 rozkazy)	uniwersalny, zgodny ze stan- dardem JS EMC
	Przystosowanie do współpracy w systemach wielomaszynowych i wieloprocesowych		tak, wejście bez- pośrednie do pa- mąci	nie	tak	tak, na wspólną pamięć lub kana- ły	tak
	Środki kontroli i diagnostyki	układowa, w pa- mąci programo- wa	układowa, pro- gramowa auto- nomiczna	układowa, pro- gramowa auto- nomiczna oraz on line	układowa, mikropro- gramowa autono- miczna on line	układowa, pro- gramowa	układowa, pro- gramowa
	Czasy wykonania operacji						
	a) odczyty-dodawanie w stałym przekroju	2,1—3,1 μs	20—30 μs	20—30 μs	2 μs	1,4—2,0 μs	0,65—2,0 μs
	b) odczyty-dodawanie w zmiennym przekroju		brak	50—70 μs	3,4 μs	2,3—3,6 μs	1,4—2,0 μs
	c) mnożenie stałoprzecinkowe	37,4—38,4 + 0,3 K	80—120 μs	220—350 μs	13 μs	2,0—2,0 μs	2,0—2,0 μs
	d) mnożenie zmiennoprzecinkowe		brak	480 μs	11 μs	6,5—13,1 μs	
	e) mnożenie zmiennoprzecinkowe podwójnych słów				25 μs	18,1 μs	3,2 μs
	f) dzielenie stałoprzecinkowe	45 μs	150 μs	400 μs	16 μs	16,2—17,3 μs	8,3 μs



2	g) dzielenie zmiennoprzecinkowe h) dzielenie zmiennoprzecinkowe słów pod- wójnej długości d) operacje krótkie	brak	400 $\mu$ s	13 $\mu$ s 38 $\mu$ s 2,0 $\mu$ s	46—52 $\mu$ s 5—11 $\mu$ s	10,4—20,3 $\mu$ s 1,4—2,0 $\mu$ s	7,2 $\mu$ s 12 $\mu$ s 0,65—2,0 $\mu$ s
	Pamięć operacyjna Oznaczenie pamięci operacyjnej w JS EMC	brak 15 $\mu$ s	20—30 $\mu$ s				
	Pojemność modułu	EC-3221 16 KB	EC-3220	128 KB	EC-3203 128 KB	EC-3204 256 KB + 4 KB	EC-3205 2 x 128 KB
	Maksymalna pojemność pamięci	64 KB	256 KB	1024 KB	512 KB	1024 KB + 8 KB	1024 KB
	Cykl pamięci (mikrosekundy)	2	2	1	1,25	1,35	1,25
	Czas dostępu (w nanosekundach)	1000	1000	400	800	450	800
	Zasada zapisu	2,5 D	2,5 D		2,5 D	2,5 D	2,5 D
	Długość słowa	18 bitów (16 inf. + 1 parzyst. + 1 ochrona pamięci)	2 bajty	36 bitów 4 bity (4 kon- trolne)	8 bajtów		8 bajtów
	Ochrona pamięci	1 bit w słowie pa- mięciowym	zapis, odczyt, pa- mięć kluczy	pamięć kluczy, zapis i zapis-odczyt	pamięć kluczy, zapis, odczyt		pamięć kluczy, zapis, odczyt
	Najmniejsza adresowalna jednostka	słowo 16 bitowe	1 bajt	1 bajt	1 bajt		1 bajt
3	Kanał multipleksorowy Oznaczenie w JS EMC	części EC-2010	części EC-2020		EC-4430	EC-4011	EC-4012
	Liczba subkanałów	maksymalnie 127	48—128 w zależno- ści od PAO	128	128	128 przy PAO 256 KB przy PAO 512 KB i 1024 KB	196
	Maksymalna liczba podłączalnych jednostek sterujących	10	8	8	8	10	8
	Maksymalna liczba podłączalnych urządzeń	136					256
	System wejście-wyjście	standard we-wy JS EMC	standard we-wy JS EMC	standard we-wy JS EMC	standard we-wy JS EMC	standard we-wy JS EMC	standard we-wy JS EMC
		OCT UPO 304 000 OCT UPO 304 000					

cd. tablicy 3.2.

L.p.	Moduł — parametry	Kraj	WRL	CSRS	CRL/ZSRR	PRL/ZSRR	NRD	ZSRR
1	2	3	4	5	6	7	8	
	Szybkość kanału a) w reżimie multipleksorowym b) w reżimie monopolowym	30 kB/s 140 kB/s	35 kB/s 220 kB/s	10—16 kB/s 100 kB/s	60 kB/s 180 kB/s 300 kB/s	20—25 kB/s 180—720 kB/s	30—110 kB/s 100—180 kB/s	
	Liczba kanałów w maszynie	1	1	1	1	1	1	
4	Kanał selektorowy Oznaczenie w JS EMC		część EC-2021	część EC-2020	EC-4430	EC-4034	EC-4035	
	Typ konstrukcji		część EC-2021	część EC-2020	samo- dzielna	samo- dzielna	samo- dzielna	
	Maksymalna liczba kanałów w maszynie		2	2	6	3	6	
	System wejścia—wyjścia		standard we-wy JS EMC	standard we-wy JS EMC	standard we-wy JS EMC	standard we-wy JS EMC	standard we-wy JS EMC	
	Maksymalna liczba podłączalnych jednostek sterujących		10	8	8	8	8	
	Szybkość przesyłania danych		236 kB/s	200—300 kB w zależności od ro- dzaju pracy	1300 kB/s	300—1300 kB/s	1300 kB/s	
	Baza elementu	układy scalone	układy scalone	układy scalone	układy scalone	układy scalone	układy scalone	

k—1000 b—bit

K—1024 B—байт

lających jej sprzęt. W ramach tej koncepcji wydaje się, że rynek winien być także otwarty na uzupełniające dostawy środków informatycznych z zagranicy, zarówno w zakresie sprzętu, jak i oprogramowania.

Ze względu na duże potrzeby wewnętrzne oraz ochronę własnych interesów osiągnięcia radzieckiej informatyki były za granicą najczęściej oceniane na podstawie małego eksportu maszyn URAŁ i MINSK.

Równocześnie można dodać, że w niektórych krajach socjalistycznych ośrodki konstrukcyjne były zorientowane na forsowanie własnych konstrukcji i nieuzasadnione wyolbrzymianie własnego dorobku.

Przedstawiona analiza rozwoju i zakresu budowy komputerów w ZSRR może pozytywnie zaskoczyć i budzić nie mniejszy podziw niż najgłośniejszy reklamowany rozwój informatyki w USA.

### 3.2.

## Wiodące osiągnięcia w budowie komputerów w niektórych krajach socjalistycznych

Najlepsze podstawy do rozwoju informatyki miały kraje, w których istniał przemysł maszyn biurowych i analitycznych. W Czechosłowacji i w NRD przemysł ten powstał jeszcze przed II wojną światową. W Bułgarii branża została intensywnie rozwinięta w latach sześćdziesiątych (ELKA). W latach siedemdziesiątych w Polsce rozwinięta została produkcja maszyn do pisania.

Na początku lat pięćdziesiątych powstał w Czechosłowacji<sup>6</sup> Instytut Maszyn Matematycznych, kierowany przez wybitnego teoretyka techniki obliczeniowej A. Svobodę. Pod jego kierunkiem powstały komputery SAPO i EPOS, których produkcję w 1958 r. rozpoczęła powersowska firma maszyn analitycznych ARITMA. W 1965 r. ARITMA ukończyła prototyp komputera do przetwarzania danych DP 100. W rok później została podjęta jego seryjna produkcja i eksport. W 1966 r. powstał komputer tzw. drugiej generacji MSP w Zavody Prumyslove Automatisace. Po dwóch latach zastąpił go w produkcji bardziej nowoczesny komputer ZPA 600, a potem ZPA 601. W 1972 r. do produkcji wszedł komputer tzw. trzeciej generacji ZPA 6000/20.

Trzecim ośrodkiem produkcyjnym jest TESLA w Pardubicach. W ośrodku tym uruchomiono produkcję maszyny TESLA 200, której pierwowzorem jest GAMMA 140. Maszyna ta nie weszła do produkcji we francuskiej firmie BULL, kiedy została wykupiona przez GE. Maszyna

<sup>6</sup> Szczegółowe omówienie rozwoju informatyki w Polsce podano w punkcie 3.3.