PROBLEMY

ORGAN TOWARZYSTWA WIEDZY POWSZECHNEJ

Rok XVII **1961** **Nr 5 (182)**

MIĘDZYNARODOWY ZESZYT PRZYJAŹNI

Od kilku lat co roku „PROBLEMY" wydają w maju numer międzynarodowy. Na treść tegorocznego zeszytu przyjaźni składają się, poza artykułami opisującymi osiągnięcia nauki polskiej, prace autorów z Czechosłowacji, NRD, Węgier i ZSRR oraz artykuły autorów polskich omawiające kulturę obcych krajów.

TREŚĆ:

Stolik operatora w maszynie *ZAM*-2. Na pierwszym planie wyjście taśmowe (reperforator), dalej wejście (czytnik taśmy).

Z NASZYCH PRACOWNI BADAWCZYCH

Polskie maszyny cyfrowe

Mgr BOGDAN W. MIŚ,
programista Biura Obliczeń i Programów
Zakładu Produkcji Doświadczalnej
Maszyn Matematycznych PAN

LUDZIE zawsze pragnęli uwolnić się od bezmyślnej i żmudnej pracy. Mechanizowano i automatyzowano coraz to nowe procesy — od produkcji przemysłowej aż do związanego, zdawałoby się, tylko z mózgiem — LICZENIA.

NIECO HISTORII

PROBLEM mechanizacji i automatyzacji procesu liczenia jest prawie tak samo stary jak sama umiejętność liczenia. Nie mówiąc już o najprymitywniejszej maszynie do liczenia — szeroko stosowanych przez pierwszoklasistów dziesięciu palcach, wspomnimy tu tylko o znanych już w starożytności liczydłach i abakach [1]. Ale o mechanizacji liczenia mówić można dopiero z chwilą skonstruowania arytmometru.

Idea konstrukcyjna arytmometru pochodzi jeszcze od Blaise Pascala (XVII w.).

[1] Abak — przyrząd do liczenia w czasach starożytnych u Greków i Rzymian, podobny do liczydeł i do dziś używany na Wschodzie.

Kluczem do niej jest pomysł takiego rozmieszczenia 10-zębowych kół zębatych na wałku, ażeby obrót o kąt pełny jednego z nich powodował obrót kolejnego kółka z prawej strony o jeden ząb. Jest to prosta interpretacja mechaniczna liczenia dziesiątkami — 10 jednostek niższego rzędu tworzy jednostkę rzędu wyższego. W ten sposób można wykonywać mechaniczne dodawanie — a to już jest dużo, ponieważ każde inne działanie arytmetyczne można sprowadzić do dodawania.

Dla przykładu pokażemy, jak sprowadza się do dodawania — odejmowanie. Wykonajmy odejmowanie.

$$\begin{array}{r} 265 \\ -\ 516 \\ \hline 251 \end{array}$$

Załóżmy teraz dla uproszczenia, że nasz arytmometr ma tylko 6 pozycji, tzn. można na nim wykonywać działania na liczbach co najwyżej 6-cyfrowych. Umówmy się także utożsamiać zapis liczby 265 z zapisem 000265. Uzupełnijmy następnie kolejne cyfry tego zapisu do dziewiątek. Otrzymamy liczbę

999 734

Teraz DODAJMY do niej drugi składnik naszego działania:

$$\begin{array}{r} 999\ 734 \\ +\ 000\ 516 \\ \hline 1\ 000\ 250 \end{array}$$

Porównajmy wyniki odejmowania i dodawania. Widać, że w drugim działaniu dostaliśmy o 1 za mało na miejscu jednostek i o 1 za dużo na siódmej pozycji arytmometru; ale ma on tylko 6 pozycji, zatem ta ostatnia jedynka nie zmieści się już w jego okienku. Stosując odpowiednią przekładnię możemy ją przenieść na miejsce jednostek, uzyskując prawidłowy wynik.

Uważny Czytelnik stwierdzi, że nie jest to ściśle zastąpienie odejmowania dodawaniem, ponieważ odejmowanie tkwi w „uzupełnianiu do dziewięciu". Niewątpliwie Czytelnik będzie miał rację, lecz biorąc pod uwagę, że to uzupełnianie odpowiada mechanicznie obrotowi kółek zębatych w kierunku przeciwnym zwykłemu, widać, że tę część działania można zastąpić naciśnięciem odpowiedniej dźwigni, powodującej zmianę kierunku obrotów. Tak więc ta część działania jest niezwykle łatwa do zmechanizowania.

Nietrudno już teraz sobie wyobrazić liczenie zmechanizowane całkowicie. Ludziom to jednak nie wystarczało. Ręczne kręcenie korbką arytmometru było męczące i zbyt wolne; powstały więc arytmometry o napędzie elektrycznym. To jednak też okazało się mało, w uzyskaniu jednak większej szybkości pracy przeszkadzała bezwładność części mechanicznych arytmometru. Dopiero postępy techniki elektronicznej pozwoliły konstruktorom uwolnić się od balastu mechanizmów i stworzyły możliwość zbudowania prawdziwych automatów do liczenia. Zanim jednak opowiemy o nich dokładniej, musimy zreferować pewne zagadnienie czysto matematyczne.

Z takich elementów (zwanych panelami) składają się rejestry maszyn XYZ i ZAM-2.

UKŁAD BINARNY

MÓWIMY, że nasz system liczenia jest systemem pozycyjnym, dziesiętnym. Znaczy to, że: 1) dziesięć jednostek niższego rzędu tworzy jednostkę rzędu wyższego i 2) w zapisie liczb w tym systemie wartość cyfry jest ściśle związana z jej pozycją w liczbie. Innymi słowy mówiąc, zapis 123,45 stanowi instrukcję wykonania następujących działań:

$$123{,}45 = 1.10^2 + 2.10^1 + 3.10^0 + 4.10^{-1} + 5.10^{-2}$$

Ponadto wiadomo powszechnie, że przy tym systemie dysponujemy dziesięcioma cyframi: 0,1, ..., 9.

Stosunkowo nietrudno spostrzec, że wybór 10 za podstawę systemu jest dość przypadkowy; w gruncie rzeczy za podstawę można przyjąć dowolną liczbę całkowitą n. Cyframi wówczas będą symbole oznaczające liczby 0,1,...,n—1. *Problemy* pisały w swoim czasie obszerniej o systemie dwunastkowym; teraz przedstawimy pewne fakty dotyczące najprostszego możliwie systemu zwanego układem dwójkowym (binarnym).

W układzie binarnym podstawą jest liczba 2, tzn. dwie jednostki rzędu niższego tworzą jednostkę rzędu wyższego. W związku z tym mamy również tylko dwie cyfry: 0 i 1. Dla przykładu, w układzie binarnym $2 = 1 + 1 = (10)_2 = 1 . 2^1 + 0.2^0$ [Znaczek $(\ )_2$ oznacza, że liczba w nawiasie jest zapisana w systemie dwójkowym. W praktyce symbol ten często się opuszcza.]

Czytelnik łatwo sobie przeliczy dla wprawy, że np. 101101 oznacza w systemie binarnym liczbę 45, albo że liczbę dziesiętną 11 pisze się binarnie jako 1011 itp.

Jakie zalety ma system binarny i jakie ma on wady w porównaniu z systemem dziesiętnym? Podstawową jego zaletą jest prostota wykonywanych działań, co można zobaczyć na poniższym mnożeniu:

DZIESIĘTNIE		BINARNIE
23	23 = 10111	10111
× 9	9 = 1001	1001
207	207 = 11001111	10111
		10111
		11001111

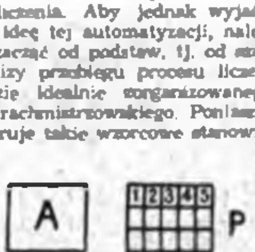
Widać, że mnożąc liczby binarnie wykonujemy działania najprostsze — mnożenia przez 1 i dodawania, które są niezwykle łatwe. Widać jednak też, że mnożeń tych musimy wykonać znacznie więcej niż w systemie dziesiętnym.

Człowiek woli na ogół wykonywać trudniejsze, bardziej złożone działania w małej ilości. Okazuje się, że automat do liczenia „woli" postępować odwrotnie, tzn. wykonywać większe ilości prostych operacji. „Woli" oczywiście w tym sensie, że konstruktorom łatwiej jest tę drugą ewentualność zaprojektować. Wynika to stąd, że system binarny ma niezwykle prostą interpretację elektryczną: jeżeli umówimy się, że występowanie pewnego impulsu prądu oznacza 1, brak zaś impulsu — 0, to np. taki ciąg impulsów:

możemy utożsamiać z zapisem binarnym 101101, tj. z liczbą 45. Przy tej interpretacji można też skonstruować stosunkowo mało złożone urządzenia liczące na impulsach elektrycznych według reguł arytmetyki liczb binarnych.

AUTOMATYZACJA PROCESU LICZENIA

Z CHWILĄ odkrycia interpretacji elektrycznej układu binarnego, przy bujnym rozwoju techniki elektronicznej powstały warunki umożliwiające automatyzację procesu liczenia. Aby jednak wyjaśnić zasadniczą ideę tej automatyzacji, należy, jak zawsze, zacząć od podstaw, tj. od szczegółowej analizy przebiegu procesu liczenia, na przykładzie idealnie zorganizowanego stanowiska rachmistrzowskiego. Poniższy schemat ilustruje takie wzorcowe stanowisko:



Składa się ono z 5 części: miejsca *R*, zajmowanego przez rachmistrza; arytmometru *A*; stolika *WE* (wejścia), na którym kładzie się rachmistrzowi instrukcje, dotyczące jakości i kolejności wykonywania działań, wraz z liczbami danymi; stolika *WY* (wyjście), zaopatrzonego w urządzenie do drukowania wyników (np. maszyna do pisania); ostatnim składnikiem tego stanowiska jest pudełko *P*, zawierające pewną liczbę ponumerowanych przegródek — urządzenie to przyjęto nazywać pamięcią.

Aby teraz prześledzić przebieg procesu liczenia, weźmy konkretny przykład. Niech rachmistrz ma do rozwiązania następujące proste zadanie: obliczyć wartość $u = x \cdot y + z$, gdzie $x = 0{,}1305$, $y = 1{,}1732$, $z = 0{,}0811$.

Umówmy się też co do sposobu porozumiewania z rachmistrzem, przyjmując pewien kod, w którym podawać będziemy mu instrukcje. A oto przebieg obliczeń:

Plik instrukcji, zapisanych każda na oddzielnej kartce, oraz dane liczby x, y, z kładziemy na stoliku *WE*. Na sygnał START rachmistrz sięga ręką na stolik. Z pliku kartek podnosi pierwszą, na której znajduje instrukcję *„P12"*. Oznacza ona, że następne kartki ma wkładać kolejno do pudełka *P*, poczynając od dwunastej przegródki i nie czytając ich. Ma tak postępować aż do napotkania umówionego sygnału „KONIEC WPROWADZANIA", którym może być np. kartka o niestandardowym kształcie.

W tym momencie na stoliku znajdują się już jedynie liczby x, y, z — a rachmistrz sięga ręką do 12 przegródki pamięci wyjmując kartkę z pierwszą instrukcją. Czyta ją i wykonuje. Na kartce jest napisane CZ 1, co w przyjętym przez nas języku znaczy: „to, co masz aktualnie na stoliku *WE*, umieść w przegródce o numerze 1". Umieszcza więc tam liczbę x. Dalej wyjmuje z 13 przegródki kartę *„CZ 2"*, potem z 14 przegródki „CZ 3" i po wykonaniu tych instrukcji ma w pamięci liczby dane kolejno w przegródkach 1, 2, 3. Następne instrukcje, wykonywane kolejno przez rachmistrza, zestawiono w poniższej tablicy:

4. UA 1	.....	umieść w arytmometrze zawartość komórki 1;
5. MN 2	.....	pomnóż to przez zawartość komórki 2;
6. DO 3	.....	dodaj zawartość komórki 3;
7. ZA 4	.....	wynik umieść w komórce 4;
8. DR 4	.....	wydrukuj zawartość komórki 4;
9. STOP	.....	przerwij pracę.

W tym momencie praca została wykonana. Jakie wnioski można wyciągnąć z jej analizy?

Podstawowym spostrzeżeniem, jakie powinien zrobić uważny Czytelnik, jest fakt, że od rachmistrza wymaga się niesłychanie mało; musi on tylko znać kod, w którym porozumiewa się z nim układający instrukcje matematyk, oraz musi biegle liczyć na arytmometrze. Do tych zaś operacji nie jest potrzebny człowiek, może je wykonywać AUTOMAT, najlepiej elektroniczny — ponieważ działa najszybciej (o automacie mechanicznym myślał już matematyk angielski Ch. Babbage w początkach XIX wieku, jednak nie udało mu się wówczas doprowadzić swojej konstrukcji do końca). Tak więc zastępując w wyżej podanym schemacie rachmistrza — urządzeniem elektronicznym otrzymujemy najogólniejszy schemat maszyny matematycznej. Ma ona pięć podstawowych rejestrów: wejście, wyjście, arytmometr, pamięć i STEROWANIE zamiast rachmistrza. Nieco szczegółowiej budowę ich rozpatrzymy dalej, przy okazji omawiania polskich maszyn XYZ i ZAM-2. Teraz

Arytmometr i sterowanie maszyny XYZ. Widok z tyłu.

zajmiemy się procesem sporządzania instrukcji dla maszyny, czyli tzw. programowaniem.

PROGRAMOWANIE

WRÓĆMY jeszcze do tablicy z instrukcjami dla zadania obliczenia wartości $a = x \cdot y + z$. Zapisano ją w pewnym umówionym kodzie. Taki kod nazywa się zwykle kodem (albo językiem) zewnętrznym maszyny matematycznej. Jest on w zasadzie dowolny i oznaczenia poszczególnych instrukcji (zwanych w teorii maszyn ROZKAZAMI) zależą głównie od matematyków obsługujących to urządzenie. Występuje jednak pewna własność kodu rozkazowego, która już jest związana ze szczegółami konstrukcji maszyny. Tą własnością jest WIELOADRESOWOŚĆ. W podanym powyżej przykładzie kodu rozkazy są JEDNOADRESOWE, tzn. składają się z części operacyjnej (np. DO — dodaj) mówiącej, CO zrobić, i z części adresowej (liczba), określającej komórkę pamięci, do której się dany rozkaz odnosi. Jest to możliwe tylko wtedy, gdy maszyna ma pewien jeden wyróżniony rejestr, w którym wykonują się operacje arytmetyczne. W naszym wypadku takim rejestrem jest arytmometr. Tak jest w polskich maszynach matematycznych, ale nie jest to jedyne możliwe rozwiązanie. Istnieją maszyny dwuadresowe — takie, w których rozkaz składa się z części operacyjnej i dwu części adresowych (np. mnożnej i mnożnika); istnieją również maszyny jeszcze bardziej złożone pod tym względem: trzy- a nawet pięcioadresowe. Najbardziej rozpowszechnione na świecie są jednak maszyny jednoadresowe ze względu na maksymalną prostotę wykonywanych operacji.

Zestaw instrukcji (rozkazów) sporządzony dla konkretnego zagadnienia nazywa się PROGRAMEM tego zagadnienia, czynność zaś sporządzania tego zestawu nazywa się programowaniem. Musimy z góry powiedzieć, że nie jest to praca najłatwiejsza i czas, w jakim matematyk układa program, jest niewspółmiernie długi w porównaniu z czasem, w jakim maszyna wykona obliczenia. Niewtajemniczonemu mogłoby się wydawać, że wobec tego zysk czasu nie jest wielki. Żeby tę kwestię wyjaśnić, musimy sięgnąć raz jeszcze do omawianego już przykładu. Zauważmy, że program tam ułożony nie operuje konkretnymi liczbami, tylko adresami komórek pamięci, w których zostały one umieszczone. W ten sposób, jeśli zdarzy się analogiczne obliczenie, różniące się od naszego jedynie wartością danych liczb — możemy je wykonać bez powtórnego programowania. W ten sposób, ośrodek obliczeniowy wykonując pewną liczbę programów standardowych jest w stanie rozwiązać często bardzo szeroki zakres typowych zagadnień matematycznych. Niektó-

Po lewej stronie fotografii — formularz z programem, zakodowanym w języku XYZ; po prawej — w takiej postaci program wprowadza się do maszyny (karta perforowana).

Kierownictwo Biura Obliczeń i Programów: matematyk doc. dr K. Bochenek (z lewej) i kierownik BOP — mgr K. Moszyński.

rzy twierdzą również, że tzw. biblioteka programów, jeśli jest dostatecznie obszerna, jest warta tyleż, co maszyna. Wielkie ośrodki obliczeniowe, jak amerykański IBM lub radzieckie Centrum Obliczeniowe, dysponują setkami programów, pozwalających rozwiązywać nadsyłane zagadnienia możliwie prędko.

Mówiliśmy do tej pory o języku zewnętrznym maszyny. Ma ona jednak także swój język wewnętrzny, którym jest system binarny. Mianowicie każdy rozkaz jest zapisywany w tym języku jako liczba binarna, np. jeśli dysponujemy maszyną o „słowach sześciobitowych" (tzn. maszyna ma „miejsce" na liczby binarne sześciocyfrowe) i umawiamy się, że trzy miejsca przeznaczamy na zakodowanie części operacyjnej i tyleż na część adresową — w takim wypadku maszyna interpretuje rozkaz jako liczbę, zatem:

001 001 znaczyć może CZ 1

W ten sposób powstają duże możliwości traktowania rozkazów jak liczb i wykonywania na nich rozmaitych operacji arytmetycznych. Są to typowe metody programowania. Stwarza to jednak dodatkowe zadania dla sterowania, które musi nie tylko kierować wykonywaniem operacji, ale i rozróżniać liczby od rozkazów. Tak też jest to zorganizowane w polskich maszynach.

MASZYNY *XYZ* I *ZAM*-2

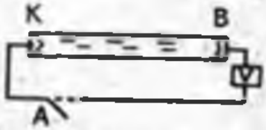
PRZED dwoma przeszło laty ruszyła w Zakładzie Aparatów Matematycznych PAN pierwsza polska maszyna matematyczna *XYZ*.[1] Był to początek początków tego rodzaju maszyn w Polsce — *XYZ* był i jest traktowany jako model laboratoryjny, czyli tzw. przedprototyp serii maszyn *ZAM*-2. Niemniej należy przyznać zespołowi konstruktorów, którym kierował doc. dr L. Łukaszewicz, że jak na model — *XYZ* spisuje się jeszcze dotychczas całkiem dobrze. Biuro Obliczeń i Programów, eksploatujące to urządzenie, pozostaje w ciągłym kontakcie z kilkudziesięcioma zakładami przemysłowymi i naukowymi, dla których rozwiązano już na *XYZ* ponad setkę najrozmaitszych problemów matematycznych.

Maszynę *XYZ* zbudowano w technice lampowej, co powoduje, że jej stojaki, zawierające ponad dwa tysiące lamp, zajmują sporo miejsca. Maszyna ma wszystkie te rejestry, o których mówiliśmy powyżej, i jest jednoadresowa. Jest ona także stałoprzecinkowa, tzn. wszystkie liczby wprowadzane do niej pod postacią ciągów impulsów elektrycznych traktuje jako ułamki właściwe (mniejsze od jedności). Nie oznacza to, rzecz jasna, że *XYZ* nie może rozwiązywać zagadnień na liczbach większych niż 1, ale takie operacje wymagają już specjalnego zaprogramowania. „Słowa" maszyny *XYZ* są 36-bitowe, tzn. można wykonywać rachunki na liczbach o 36 cyfrach binarnych. Odpowiada to około 12 cyfrom dziesiętnym. W razie potrzeby można zwiększyć liczbę cyfr za pomocą specjalnego programu do 72 i więcej znaków binarnych.

Nie zatrzymując się specjalnie nad szczegółami konstrukcji *XYZ*, omówimy jedynie obszerniej pamięć. Jest ona w maszynie naszej dwojaka: statyczna i dynamiczna. Pamięć statyczna — to wirujący bęben, pokryty analogiczną substancją jak taśmy do magnetofonu. Liczby i rozkazy są na nim zapamiętywane też na tej samej zasadzie, co w magnetofonie. Jest to pamięć trwała i pojemna — zawiera bowiem miejsce na 8192 liczby 36-bitowe. Jej wadą jest jednak niedużą (w porównaniu z działaniem maszyny) szybkość. Dlatego też nie można jej używać w bezpośrednim sprzężeniu z układami liczącymi, używa się też jej raczej w charakterze magazynu. Natomiast pamięć dynamiczna jest bardzo szybka, ale mało pojemna — jej więc używa się bezpośrednio przy wykonywaniu obliczeń. Pamięć dynamiczna jest rozwiązana konstrukcyjnie bardzo po-

[1] Por. *Problemy*, nr 11 z 1958 r., str. 830.

myslowo. Poniższy rysunek przedstawia zasadę jej działania.



Ciąg impulsów przedstawiający liczbę wprowadza się przez urządzenie *A* do rury rtęciowej (tzn. wypełnionej rtęcią) poprzez kryształek kwarcu *K*, grający rolę generatora impulsów ultradźwiękowych. Generator ten zamienia impulsy elektryczne na ultradźwiękowe, które stosunkowo powoli przepłynąwszy przez rurę zostaną na drugim jej końcu odebrane przez odbiornik *B*, przetworzone ponownie na impulsy elektryczne i wzmocnione przez wzmacniacz *V*. W tym czasie urządzenie *A* zamknie obwód (linia kreskowana) i w ten sposób ciąg impulsów zostaje „uwięziony" w rurze. W razie potrzeby sygnał sterujący otworzy drogę i liczba „spłynie" do układów liczących.

Powiedziano już, że pamięć rtęciowa jest bardzo szybka. Zajmuje ona jednak sporo miejsca i jest bardzo wrażliwa na zmiany temperatury otoczenia. Ma ona też niewielką stosunkowo pojemność 512 liczb (36-bitowych). Wydaje się, że nie jest to dużo, ale za pomocą wyłącznie tej pamięci można np. rozwiązać układ około 20 równań algebraicznych liniowych. Za pomocą obu rodzajów pamięci można naturalnie rozwiązywać znacznie obszerniejsze problemy.

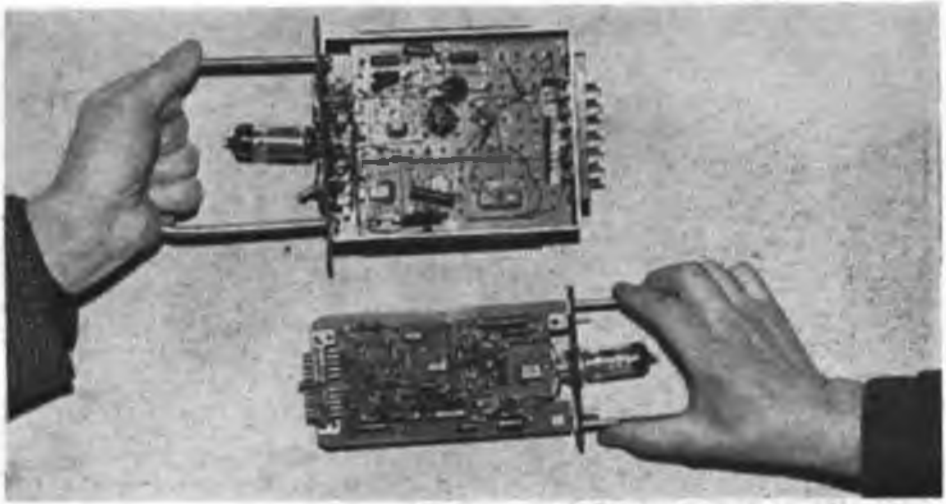
Obok pojemności pamięci podstawowym wskaźnikiem jakości maszyny jest liczba operacji, wykonywanych przez nią w ciągu sekundy. Dla maszyny *XYZ* jest to 800 dodawań i odejmowań lub ok. 350 mnożeń i dzieleń. Wspomniane wskaźniki kwalifikują przeto tę maszynę do klasy maszyn średnich, które według opinii fachowców szczególnie nadają się do zastosowań przemysłowych.

W ostatnich miesiącach oddaje się do użytku drugą maszynę opracowaną w *ZAM*-ie. Jest nią maszyna *ZAM*-2, stanowiąca udoskonalenie *XYZ*. Dla laika jest ona przede wszystkim mniejsza od poprzedniej, są jednak i istotniejsze różnice. Maszyna ta ma np. od razu wejście i wyjście na taśmie perforowanej (dziurkowanej) w specjalnym kodzie, które jest znacznie sprawniejsze od stosowanego do tej pory w *XYZ* wejścia na kartach statystycznych. Co prawda, w ciągu dwu lat swego istnienia *XYZ* również nieco został udoskonalony (dorobiono np. wyjście na taśmie i poprzez dalekopis, zamiast starego — na kartach), i już „dorobił" się on także taśmowego wejścia, które znajduje się na razie w sferze eksperymentów.

W maszynie *ZAM*-2 zastosowano jeszcze szereg innych udoskonaleń. Jednym z nich jest pewien dodatkowy rejestr, który umożliwi znacznie szybsze wykonywanie operacji, mimo że szybkość *ZAM*-2 będzie nieco mniejsza od *XYZ*. Inne udoskonalenie — to inny niż w *XYZ* język zewnętrzny, bardziej przejrzysty i łatwiejszy do opanowania.

W tej chwili trudno jest mówić o jakości maszyny *ZAM*-2, ponieważ nie pracuje ona

Rury rtęciowej pamięci maszyny *XYZ*.



Postęp konstrukcyjny: u góry panel z maszyny *XYZ*, u dołu — maszyny *ZAM*-2. Widoczna znaczna różnica wielkości.

jeszcze eksploatacyjnie. Jednak próby, które już poczyniono, pozwalają stwierdzić, że będzie to już maszyna z prawdziwego zdarzenia, na niezłym europejskim poziomie. Że zaś takie maszyny są potrzebne, świadczy dotychczasowa praktyka Biura Obliczeń, które rozwiązuje bez przerwy liczne zagadnienia.

NA ZAKOŃCZENIE tego — z konieczności — niepełnego i fragmentarycznego szkicu powiedzmy sobie jedno: opracowanie rdzennie polskiej maszyny matematycznej jest nie byle jakim sukcesem. W dodatku maszyny opracowywane przez Zakład Aparatów Matematycznych są niezwykle tanie: koszt *ZAM*-2 wynosi ok. 5 mln. zł, podczas gdy maszyny japońskie uchodzące za tanie kosztują ok. 60 tys. dolarów.

Zespół pracowników Zakładu Produkcji Doświadczalnej Maszyn Matematycznych PAN uruchamiający maszynę *ZAM*-2. Drugi od prawej — inż. S. Kowalski, kierownik tej grupy.

Wszystkie zdjęcia wykonał Zygmunt Szurek.