

zwolonej energii wybuch bomby atomowej odpowiada wybuchowi około 20.000 ton trinitrotoluolu. Efekt niszczący bomby atomowej w porównaniu na przykład do 10-tonowych bomb tzw. „block busters“ (z ładunkiem po 5 ton trinitrotoluolu) nie jest jednak oczywiście w stosunku 20.000 : 5. Można przyjąć, że bomba atomowa pod względem skuteczności w stosunku do budynków betonowych lub murowanych stanowi ekwiwalent co najmniej 167 „block busterów“ 10-tonowych.

Pozostałe artykuły rozpatrują szereg zastosowań reakcji jądrowych do celów medycznych oraz szereg kwestii technicznych. W jednym z nich dr Charles A. Thomas, dyrektor Monsanto Chemical Company, podaje, że koszt wytworzenia 1 kilowat-godziny w elektrowni czerpiącej energię ze stosu atomowego obliczałby się już przy obecnym stanie techniki na mniej więcej 0.8 centa, w porównaniu do 0.65 centa w elektrowni opalanej normalnie węglem.

Ostatni artykuł jest wnikliwym studium zagadnień praktycznych związanych z możliwościami kontroli prac w dziedzinie energii atomowej przez specjalny organ Organizacji Narodów Zjednoczonych celem niedopuszczenia do wykroczeń przeciw układowi zakazującym produkcji broni atomowej.

LUDWIK NATANSON

## NOWOCZESNE MASZYNY MATEMATYCZNE

Praca naukowa należy bezsprzecznie do najbardziej ciekawych i porywających czynności. Dotyczy to zwłaszcza wielkich odkryć naukowych. Nauka nie składa się jednak z samych wielkich odkryć. Tych jest stosunkowo niewiele, aczkolwiek ich ciężar gatunkowy jest wysoki. Jest jednak jeszcze coś w rodzaju cementu łączącego te odkrycia. Jest to ich dalszy rozwój, rozliczne zastosowania do szczególnych zagadnień i wreszcie odkrywanie wszelkiego rodzaju związków, zachodzących między tymi odkryciami. Ta praca może być niesłychanie interesująca, ale może też zawierać czynności żmudne i nieciekawe.

Jeśli chodzi o zastosowania matematyki do zagadnień naukowych, to często musimy wykonywać tego rodzaju mało interesujące czynności rachunkowe. Układamy zazwyczaj jakieś równanie, odpowiadające danemu zagadnieniu, i ta część pracy jest ciekawa. Rozwiązanie jednak tych równań bywa niekiedy bardzo skomplikowane i wymaga rachunków trwających bardzo długo.

Zdarzają się zagadnienia, w których przeprowadzenie rachunków zajęłoby jednemu człowiekowi całe życie, a mogłoby nawet rozciągnąć się na pokolenia. Wyniki tych rachunków są niekiedy dla postępu w danej dziedzinie wiedzy bardzo ważne, jak np. w fizyce jądrowej lub aerodynamice, w której obywano się dotychczas doświadczeniami na modelach mimo to, że odpowiednia teoria już istniała.

Człowieka i jego trud w wykonywaniu skomplikowanych rachunków mogą zastąpić w wielu przypadkach maszyny do liczenia, pracują one w dodatku o wiele szybciej. Najnowsze typy tych maszyn, zwane (niesłusznie) mózгами elektronicznymi, zbudowano w Stanach Zjednoczonych A. P. Warto zdać sobie sprawę z tego, w jakim stopniu mogą te maszyny zastąpić mózg ludzki.

Maszyny do liczenia zastępują mózg w tym samym mniej więcej stopniu, w jakim mechanizmy innego rodzaju zastępują mięśnie. Można je więc stosować wszędzie tam, gdzie mamy do wykonania rachunki powtarzające się według pewnej rutyny i takie, które można z góry przewidzieć i rozplanować. Teoretycznie rutyna może być nieskończenie skomplikowana, aczkolwiek w praktyce są pewne ograniczenia. Maszyna jednak nie może sprostać sytuacji, która wymaga sądu i która nie była przewidziana przez mózg.

Rozważmy prosty przykład rachunku, który może być wykonany przez maszynę do liczenia<sup>1</sup>. Przypuśćmy, że dajemy maszynie dwie liczby i każemy jej wykonywać na nich następujące działania: pomnożyć je przez siebie i dodać otrzymując w ten sposób dwie nowe liczby; powtórzyć ten sam proces na otrzymanych dwóch nowych liczbach itd.<sup>2</sup>

Jeśli dwie liczby dane są 1 i 2, to wykonując wskazane działania otrzymamy następującą serię par liczb:

1	2	6	30	330	13.530	5.019.630	69.777.876.630	.....
2	3	5	11	41	371	13.901	5.033.531	.....

Przykład powyższy wskazuje na to, jak skomplikowane arytmetycznie może być zagadnienie, którego sformułowanie jest proste. Zagadnienia występujące w praktyce są daleko bardziej skomplikowane.

Rozważmy dalej, jakie umiejętności musi posiadać człowiek, który by potrafił wykonać powyższy rachunek:

1. Musi mieć pamięć, aby pamiętać co najmniej ostatnią parę liczb występujących w rachunku. Może się jednak zdarzyć, że trzeba pamiętać wszystkich

<sup>1</sup> Por. S. Lilley, Discovery, styczeń 1947, s. 23-9: ENIAC, ASCC and ACE, Machines that solve complex mathematical problems.

<sup>2</sup> Przykład ten nie ma znaczenia praktycznego, ale ilustruje w uproszczony sposób wiele z cech występujących przy zagadnieniach praktycznych.

kie liczby występujące w rachunku, gdyż jest to z tych czy innych względów konieczne. W praktyce pamięć przybiera formę zapisania rezultatu. Automatywna maszyna musi zastąpić to jakimś urządzeniem, które by przyjmowało w sposób jednoznaczny różne stany, w zależności od tego, jaką liczbę chcemy zapamiętać, i potrafiło utrzymywać się w tych stanach tak długo, jak tego wymaga plan rachunku.

2. Musi znać tablice dodawania, odejmowania, mnożenia i dzielenia. Maszyna zastępuje te zdolności urządzeniami mechanicznymi lub elektrycznymi. Przykładem jest koło zębate, które przesuwa się o tyle zębów, ile jednostek zawiera dana liczba. Jest to najprostsza forma jednostki dodawania.

3. Musi znać pewne reguły, jak np. reguły mnożenia liczb wielocyfrowych lub ogólnie reguły typu: weź liczby napisane na takim a takim miejscu, wykonaj nad nimi takie a takie działania i wreszcie zapisz wyniki w takim a takim miejscu. Reguły mnożenia zostały już dawno zmechanizowane. Drugi ogólniejszy typ reguł doczekał się mechanizacji w ostatnio zbudowanych elektrycznych maszynach do liczenia.

4. Zagadnienie może wymagać zmiany reguł rachunku w pewnych jego fazach. Sygnałem do takiej zmiany jest przeważnie mniejszość, równość lub większość jednej z liczb występujących w rachunku względem drugiej i nie jest rzeczą trudną skonstruować urządzenie wykonujące czynność zmiany.

5. Wreszcie może się zdarzyć konieczność używania tablic, tzn. znalezienia w pewnym spisie danej liczby, następnie odczytania i zużytkowania w przepisany sposób liczby obok niej stojącej. I ten rodzaj czynności daje się łatwo zmechanizować.

Pierwsza maszyna do dodawania była skonstruowana we Francji przez Blaise Pascala w roku 1642, pierwsza maszyna do mnożenia zaprojektowana w Niemczech przez Leibniza w roku 1671. Praktycznie zrealizował ją dopiero Thomas w roku 1820 we Francji. Projekt pierwszej uniwersalnej maszyny do liczenia powstał w Anglii w roku 1832 i jest dziełem Babbage'a. Jej realizacja zastąpiła dopiero w r. 1942 w Ameryce dzięki pracom H. A. Aikena<sup>3</sup>.

Do rozwiązywania zagadnień z rachunku nieskończonościowego wykonano pewną liczbę tzw. analizatorów różniczkowych, mogących całkować i rozwiązywać równania różniczkowe. W zasadzie każda maszyna posiadająca jednostki mnożenia i dodawania może całkować. Można bowiem całkę, jak wiadomo,

przedstawić z dowolnie dużą dokładnością jako sumę pewnej skończonej liczby iloczynów. Analizator różniczkowy jest jednak zbudowany na innej podstawie. Posiada on obracające się tarcze, których poszczególne pozycje przedstawiają wartości zmiennych. Te tarcze są połączone ze sobą przy pomocy specjalnych jednostek, które zmuszają je do poruszania się zgodnie z relacjami wyrażonymi przez dane równanie (mamy więc do czynienia z ciągłą w znaczeniu matematycznym zmianą wartości zmiennych). Analizator waży około 100 ton, zawiera około 2000 lamp elektronowych, 150 motorów elektrycznych i kosztuje przeszło 500.000 dolarów. Maszyny tego typu znajdują się w Anglii w Cambridge i w Ameryce w Instytucie Technologii w Massachusetts.

Pierwszą maszyną uniwersalną, posługującą się nieciągłymi zbiorami liczb (por. przykład wyżej podany) jest tzw. ASCC (Automatic Sequence Controlled Calculator) czynny od maja 1944 r. w Uniwersytecie Harvard. Wykonuje on działania nad liczbami dwudziestotrzycyfrowymi, posiada 72 mechanizmy dodawania, które mogą również działać jako jednostki pamięci (patrz wyżej p. 1), 60 jednostek, mogących magazynować liczby, jednostki do mnożenia i dzielenia i wreszcie takie, które odpowiadają tablicom  $\log_{10} x$ ,  $\sin x$  i wykonują interpolacje. Rezultaty mogą być notowane przez automatyczne maszyny do pisania lub przez wykonywanie innych znaków (dziurawienie) na odpowiednich kartach.

Wszystkie jednostki mogą nadawać i przyjmować wyniki rachunków, jak również zlecenia co do sposobu ich wykonywania (por. wyżej p. 4) przy pomocy impulsów elektrycznych. Kluczem całego mechanizmu jest system kontrolny. Zawiera on instrukcje dla poszczególnych jednostek, tyżące się działania w określonym czasie, w określony sposób i nad określonymi liczbami. Instrukcje te są przetłumaczone według pewnego systemu umownego (kodu) na system otworów, znajdujących się na taśmie. Taśma ta przesuwa się po układzie kontaktów elektrycznych, które, trafiając na otwór, są włączane i przesyłają impulsy elektryczne do poszczególnych części maszyny.

Szybkość wykonywania rachunków jest ograniczona tylko konstrukcją samego przyrządu. Jest ona mniej więcej 100 razy większa, niż szybkość, z jaką można liczyć na zwykłej ręcznej maszynie do liczenia. Maszyna ASCC ma 15 m długości i 2,40 m wysokości. Składa się z 750.000 oddzielnych części i ma około 1.100 km przewodów elektrycznych. Kosztuje 200-500.000 dol.

W ASCC większość operacji jest wykonywana przez zamykanie i otwieranie kontaktów przy pomocy urządzeń elektrycznych. Najnowsza istniejąca ma-

<sup>3</sup> Te i następne szczegóły czerpiemy z wydawnictwa Unesco: (Nat. Sci.) 24/1947 pt. Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture. Rapport sur la question des laboratoires de recherche et des observatoires des Nations Unies: rozdział 7; Instituts de Mathématiques appliquées (machines à calculer), s. 33-45.

szyna do liczenia ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer)<sup>2</sup>, znajdująca się w Uniwersytecie w Pensylwanii, zastępuje te kontakty lampami elektronowymi, których ma 17 tysięcy. Zwiększa to wybitnie szybkość wykonywania rachunków. Jej twórcą jest dr J. P. Eckert i dr John Mauchly. Zbudowana była głównie do celów balistyki.

W Anglii Departament Badań Naukowych i Przemysłowych planuje obecnie budowę jeszcze doskonalszego typu maszyny do liczenia ACE (Automatic Computing Engine). Jej koszt ma wynosić od 100 do 125 tysięcy funtów szt. Będzie ona szybsza i bardziej uniwersalna od ASCC i ENIAC.

Inna maszyna, tego samego typu co ENIAC, jest obecnie budowana w Uniwersytecie Princeton pod kierownictwem prof. J. von Neumana. Zawierać ona będzie około 2000 lamp standardowych i około 100 lamp specjalnych. Dodawanie i odejmowanie będzie trwało około  $10^{-5}$  sek., mnożenie i dzielenie — około  $10^{-4}$  sekund. Drugi ulepszony ENIAC jest projektowany w Ameryce do obsługiwaniania intendencji Stanów Zj., nie wiadomo jednak, czy jego budowa jest już zaczęta.

Inne kraje również projektują budowę wielkich maszyn do liczenia. W Centre National de la Recherche Scientifique we Francji trwają pod kierownictwem dra L. Couffignola prace nad planem takiej maszyny. W Związku Radzieckim także istnieje już pewna liczba wielkich maszyn do liczenia<sup>3</sup>.

Żadna z powyższych maszyn nie stanowi jeszcze ostatecznej formy przyrządu do liczenia. Sekretariat Unesco zasięgał w tej sprawie informacji u wielu specjalistów. Ich zgodna opinia stwierdza, że musi upłynąć jeszcze kilka lat, zanim będzie zbudowany standarowy typ maszyny, nadający się do produkcji przemysłowej. To też Unesco, która rozporządza znacznymi sumami na utworzenie międzynarodowych instytutów matematyki stosowanej, dąży tymczasem raczej do wykształcenia personelu, który by umiał obsługiwać te maszyny, niż do budowy samych maszyn. Idzie tu zwłaszcza o te kraje świata, gdzie takiego personelu jeszcze nie ma. Unesco przewiduje, że do urządzenia samych międzynarodowych instytutów matematyki stosowanej będzie można przystąpić dopiero za 3 do 5 lat.

JAN RZEWUSKI

<sup>2</sup> Opisana w Nature, 1946, vol. 158, s. 500 i w Discovery, January 1947, s. 23-7.

<sup>3</sup> W czasie ostatniej wojny Instytut Matematyczny im. Stiektłowa w Moskwie posunął bardzo znacznie naprzód prace w kierunku konstrukcji maszyn matematycznych. Instytut posiada specjalne laboratorium do tego celu, które zajmuje się w szczególności sposobami rozwiązywania równań różniczkowych za pomocą automatów do rachowania.