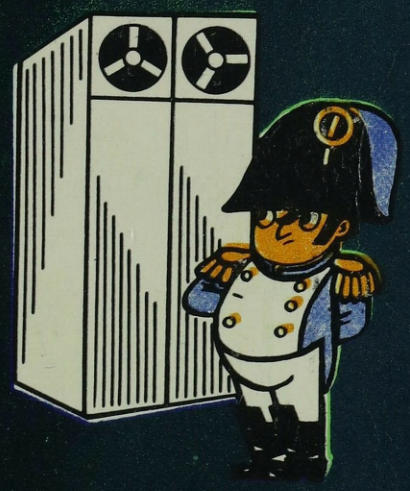
R G B WH GR BL Grey Scale #13 C M Y K
DANES PICTA .COM
A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19

PIOTR SIENKIEWICZ
MARIAN SZCZEPANIAK
WOJCIECH WIĘCKOWSKI

DOWODZENIE Z KOMPUTEREM

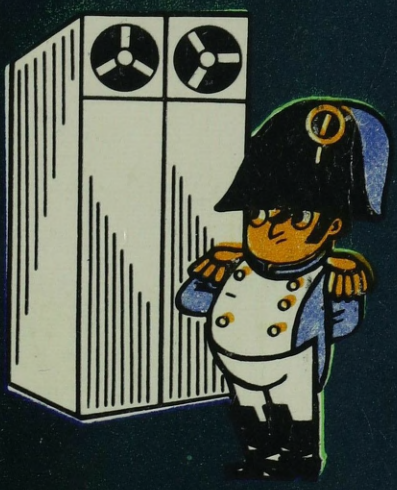


WNT

Colour Chart #13
Inches Centimetres
Blue Cyan Green Yellow Red Magenta White 3/Color Black
DANES PICTA .COM

PIOTR SIENKIEWICZ
MARIAN SZCZEPANIAK
WOJCIECH WIĘCKOWSKI

DOWODZENIE Z KOMPUTEREM



WSiP

DOWODZENIE Z KOMPUTEREM

PIOTR SIENKIEWICZ
MARIAN SZCZEPANIAK
WOJCIECH WIĘCKOWSKI

DOWODZENIE Z KOMPUTEREM

REALIA I PERSPEKTYWY

WYDAWNICTWO
MINISTERSTWA
OBRONY
NARODOWEJ

Opiniodawcy:
Dr inż. MARIAN PASTERNAK
Mgr inż. KAZIMIERZ GŁĄB
Dr inż. ANDRZEJ STOKALSKI

Redaktor:
JERZY DOMAŃSKI

Okładka:
STANISŁAW CHORZEMSKI

Redaktor techniczny:
MARIA BRASZCZYK

© Copyright by Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej
Warszawa 1984. Wydanie I

P3877

Sienkiewicz Piotr, Szczepaniak Marian, Więckowski Wojciech: Dowodzenie z komputerem. Realia i perspektywy. W-wa 1984 r. Wydawn. Min. Obrony Nar.
8° s. 316, il., tabl.

623.618
Informatyka w dowodzeniu

W książce omówiono rolę i znaczenie informatyki w procesie doskonalenia systemów dowodzenia i kierowania ogniem, scharakteryzowano proces projektowania i wdrażania wojskowych systemów informatycznych oraz przedstawiono stan obecny i perspektywy rozwoju środków informatyki z punktu widzenia potrzeb i wymagań współczesnego pola walki.

ISBN 83-11-07130-6

SPIS TREŚCI

Przedmowa 7

1. Informatyka w systemie dowodzenia 11

1.1. Wprowadzenie 11

1.2. System dowodzenia jako przedmiot automatyzacji . . . 15

1.3. Rozwój automatyzacji systemów dowodzenia 27

2. Współczesne środki informatyki 46

2.1. Wprowadzenie 46

2.2. Technologie układów elektronicznych 51

2.3. Urządzenia pamięciowe 57

2.4. Mikroprocesory i mikrokomputery 71

2.5. Urządzenia wejścia-wyjścia 79

2.6. Systemy minikomputerowe 92

2.7. Systemy teleinformatyczne 97

2.8. Oprogramowanie 104

2.9. Systemy liczące 112

2.10. Uwagi końcowe 135

3. Organizacyjno-technologiczne aspekty wojskowych systemów informatycznych 138

3.1. Wprowadzenie 138

3.2. Struktury organizacyjno-funkcjonalne 139

3.3. Zadania 148

3.4. Bank danych 158

3.5. Obieg informacji 172

3.6. Informatyzacja zadań 180

4. Wojskowe systemy informatyczne na Zachodzie 191

4.1. Wprowadzenie 191

4.2. Zautomatyzowane systemy dowodzenia wojsk lądowych armii USA 193

4.3. Wybrane zagadnienia automatyzacji systemu dowodzenia wojsk lądowych w innych armiach zachodnich 215
4.4. Uwagi ogólne odnoszące się do zautomatyzowanych systemów dowodzenia wojsk lądowych NATO 225
4.5. Zautomatyzowane systemy dowodzenia sił powietrznych i obrony powietrznej 231
4.6. Zautomatyzowane systemy dowodzenia sił morskich . . . 255
4.7. Globalne zautomatyzowane systemy kierowania siłami zbrojnymi 272
4.8. Zakończenie 277
5. Perspektywy automatyzacji systemów dowodzenia 282
5.1. Wymagania stawiane współczesnym systemom dowodzenia . 282
5.2. Rozwój systemów dowodzenia 284
5.3. Techniczne determinanty rozwoju 295
5.4. Podstawowe kierunki rozwoju 300
Zakończenie 306
Bibliografia 310

PRZEDMOWA

Współczesne pole walki stawia bardzo wysokie wymagania systemom dowodzenia. Dotyczą one przede wszystkim operatywności, szybkiego reagowania, niezawodności i żywotności. Zjawiskiem niemal powszechnie obserwowanym jest nienadążanie procesów informacyjno-decyzyjnych, organizujących działanie, za rozwojem procesów wykonawczych, związanych z użyciem sił i środków na polu walki.

Doskonalenie systemów dowodzenia, mające na celu usunięcie wspomnianej dysproporcji rozwojowej, obejmuje postęp organizacyjny, przynoszący zmiany strukturalne, postęp metodologiczny, związany z coraz doskonalszymi metodami dowodzenia, oraz postęp techniczny. Ten ostatni dokonuje się przede wszystkim dzięki automatyzacji dowodzenia. Narzędzi automatyzacji dostarcza informatyka. W związku z tym, że zmiany organizacyjne i metodologiczne zdają się zbliżać do granic racjonalności, największe nadzieje wiąże się z zastosowaniami technicznych i programowych środków informatyki w systemach dowodzenia i kierowania ogniem.

Są to nadzieje uzasadnione, gdyż we współczesnej operacji konieczne jest zbieranie, przesyłanie i przetwarzanie informacji o kilku tysiącach obiektów własnych i przeciwnika, a dzieje się to w dynamicznie zmieniającym się otoczeniu. Dowódca musi mieć pełne, aktualne i niezawodne informacje potrzebne do analizy i oceny sytuacji bojowej i podjęcia trafnych decyzji. Znacznemu skróceniu ulega czas trwania okresu przygotowawczego, np. na szczeblu taktycznym czas planowania i organizacji działań bojowych. W latach sześćdziesiątych wynosił on około jednej doby, obecnie skrócił się do około pół godziny. Jeszcze bardziej uległ skróceniu czas przeznaczony na podjęcie przez dowódcę decyzji do walki.

Efektywność dowodzenia, przy tak wielkich ograniczeniach czasowych, spowodowanych szybko zmieniającą się sytuacją bojową, zależy

bezpośrednio od nowoczesnych technicznych środków rozpoznania i łączności oraz przetwarzania informacji. Te natomiast opierają się na osiągnięciach współczesnej techniki, mikroelektroniki, telekomunikacji i informatyki.

W tych warunkach nowoczesny dowódca i oficer sztabu, obok doskonałej znajomości zasad taktyki i sztuki operacyjnej oraz techniki bojowej, powinien znać możliwości obecnej i perspektywicznej techniki informatycznej, a przede wszystkim potrafić te możliwości racjonalnie wykorzystać w procesie dowodzenia. Należy sądzić, że już w niedalekiej przyszłości dowódca zyska nowego partnera w procesie dowodzenia. Będzie nim komputer spełniający rolę „elektronicznego konsultanta". Stwarzać on będzie lepszą niż dotychczas podstawę do wszechstronnego rozpatrzenia planów działania, wnikliwej analizy sytuacji, wykrycia trudnych do przewidzenia przeszkód i znalezienia sposobów ich pokonania.

Istota automatyzacji dowodzenia polega bowiem na tym, że w systemach dowodzenia człowiek powinien czynić to, do czego jest najbardziej predestynowany, a więc twórczo myśleć, opracowując oryginalne koncepcje działania. Komputer natomiast powinien robić to, co robi lepiej od człowieka, a więc szybciej i dokładniej wykonywać operacje na złożonych zbiorach różnorodnych danych.

Tak jak za czasów Miltiadesa, zwycięzcy spod Maratonu, Aleksandra Macedońskiego, Hannibala, Napoleona i wielu ich następców — do człowieka należy wybór czasu, miejsca i sposobu rozegrania bitwy. Człowiek bowiem ze swą wiedzą, doświadczeniem, intuicją, zdolnością myślenia produktywnego jest niezastąpiony. Jednak, aby te jego wyjątkowe cechy mogły być wykorzystane na polu walki, musi być wspomagany przez komputery. Należy sądzić, że w tym właśnie kryje się właściwy sens automatyzacji jako formy instrumentalizacji procesów informacyjno-decyzyjnych i jednocześnie jako formy intelektualizacji pola walki. Niekiedy mówi się, że współczesne kierowanie złożonymi procesami musi być realizowane z wiedzą systemową, także matematyczną, w głowie i z komputerem pod ręką.

Dowodzenie z komputerem staje się więc rzeczywistością. Jest koniecznością obiektywną i jednocześnie pasjonującą przygodą intelektualną. Wzbudza bezkrytyczny entuzjazm i budzi nadal wiele wątpliwości. Nie brakuje, niestety, także sceptycznych ocen efektów automatyzacji systemów dowodzenia i perspektyw jej rozwoju. Zdarzają się bowiem przykłady rozwiązań zdecydowanie nieudanych. Ale odwrotu od automatyzacji nie ma. Tej swoistej gry o postęp w systemach dowodzenia i kierowania ogniem na współczesnym polu walki nie wolno przegrać, gdyż obecnie przewaga efektywności dowodzenia ma równorzędne znaczenie, jak przewaga sił i środków.

W niniejszej książce Czytelnik odnajdzie tylko cząstkę problemów

wiążących się z automatyzacją systemów dowodzenia, arbitralnie z pewnością wybranych przez autorów i obciążonych ich subiektywnymi poglądami. Na charakter przedstawionego materiału niewątpliwy wpływ miały prace badawcze, projektowo-wdrożeniowe i dydaktyczne doświadczenia autorów, będące rezultatem ich wieloletniej pracy w Akademii Sztabu Generalnego WP i Wojskowym Instytucie Informatyki.

Książka przeznaczona jest przede wszystkim dla oficerów dowództw, sztabów i instytucji centralnych, a także słuchaczy akademii wojskowych i szkół oficerskich. Adresatem książki nie są informatycy—profesjonaliści, poszukujący na ogół bardzo specjalistycznych informacji o technice komputerowej i oprogramowaniu, o projektowaniu i eksploatacji systemów informatycznych. Informacje tego typu odnajdą oni w licznych seriach Wydawnictwa Naukowo-Technicznego: „Informatyka" i „Biblioteka Inżynierii Oprogramowania". Autorzy wyrażają nadzieję, że niniejsza praca przybliży Czytelnikom nieinformatykom złożone problemy informatyki i automatyzacji systemów dowodzenia.

Autorzy dziękują gen. bryg. dr Marianowi Pasternakowi, płk. mgr. inż. Kazimierzowi Głąbowi i ppłk. dr. inż. Andrzejowi Stokalskiemu za wiele cennych uwag i propozycji, których uwzględnienie przyczyniło się do uniknięcia niejednej usterki i nieścisłości, a także do wzbogacenia treści książki.

1

INFORMATYKA W SYSTEMIE DOWODZENIA

1.1. Wprowadzenie

Efektywność dowodzenia jest czynnikiem decydującym w walce, bitwie, operacji i wojnie. W okresie pokoju system dowodzenia jest podstawowym czynnikiem zapobiegającym uzyskaniu przez przeciwnika zaskoczenia, a zatem uniknięcia ewentualnych strat. Organizacja i dowodzenie jest więc istotnym elementem potencjału bojowego wojsk.

Zmiany zachodzące we wszystkich dziedzinach nauki i techniki wojskowej powodują coraz szybsze, masowe wprowadzanie do wyposażenia wojsk nowego sprzętu technicznego i uzbrojenia o większej sile, skuteczności i szybkości działania. Znajduje to odbicie w rozwoju taktyki i sztuki operacyjnej, co określa zakres przedsięwzięć podejmowanych w procesie doskonalenia działalności Sił Zbrojnych PRL. Doskonalenie systemów dowodzenia i kierowania ogniem zostało uznane za jedno z zadań priorytetowych. Istotnym środkiem realizacji tego zadania stała się dziś informatyka. Prace związane z jej zastosowaniem w dowodzeniu rozpoczęto w Wojsku Polskim w połowie lat sześćdziesiątych. Od tego czasu zakres jej zastosowań w polowym systemie dowodzenia systematycznie wzrasta.

Przypomnijmy, że przez dowodzenie rozumie się celową działalność dowódcy, sztabu i innych organów dowodzenia w zakresie przygotowania działań bojowych i kierowania wysiłków wojsk na pomyślne wykonanie zadania bojowego w toku walki, podejmowanie decyzji stosownie do zaistniałej sytuacji oraz przekazanie zadań wykonawcom *.

Dowodzenie jest procesem informacyjnym — ciągiem operacji

* D. Iwanow, W. Sawieljew, P. Szemanski: *Zasady dowodzenia wojskami.* Wyd. MON, Warszawa 1973 r.

na zbiorach informacji o wojskach własnych, przeciwnika i warunkach działania. Istota dowodzenia jest natomiast podejmowanie decyzji do walki (operacji) — działanie oparte na rezultatach myślenia twórczego, stanowiące ciąg rozwiązań określonych sytuacji decyzyjnych. Wśród sytuacji decyzyjnych wyróżnijmy, obok problemów rozwiązywanych w rezultacie twórczego myślenia dowódcy i oficerów sztabów, zadania decyzyjne. Te zaś mogą być rozwiązywane za pomocą metod algorytmicznych i techniki komputerowej. Są to sytuacje całkowicie zdefiniowane, których podstawowe cechy i relacje między nimi mogą być skwantyfikowane, czyli wyrażone w postaci ilościowej. Takie zadania są przedmiotem informatyzacji, natomiast dowódcy rozwiązujący problemy decyzyjne korzystają z rozwiązań różnego rodzaju zadań — wyników obliczeń operacyjno-taktycznych, tyłowych, meteorologicznych itp. A zatem wśród sytuacji decyzyjnych, zachodzących w procesie dowodzenia, rysują się dwa obszary: jeden, w którym dominuje człowiek ze zdolnością myślenia twórczego, lecz oczekujący wspomagania komputerowego podczas żmudnych kalkulacji, oraz drugi, w którym systemy informatyczne, przetwarzające informacje, generują pożądane dane decyzyjne.

Procesy dowodzenia realizowane są w systemie dowodzenia. System dowodzenia, jak każdy system, jest zbiorem określonych elementów i relacji (powiązań) między nimi *; jest złożonym, dynamicznym połączeniem uporządkowanych relacją podległości organów i stanowisk dowodzenia z określonymi środkami technicznymi, zapewniającymi efektywne funkcjonowanie systemu dowodzenia jako całości. Stanowi także zespół wzajemnych stosunków między osobami funkcyjnymi, stosującymi określone metody dowodzenia (oceny sytuacji, podejmowania decyzji, kontroli itp.), których działalność podporządkowana jest jednolitemu celowi działania i ukierunkowana na utrzymanie stałej, wysokiej gotowości bojowej wojsk, wszechstronną organizację i zabezpieczenie działań bojowych oraz dokładne wykonanie przez podległe wojska postawionego im zadania bojowego.

Automatyzacja procesów dowodzenia rozwijała się w dwóch kierunkach. Pierwszy z nich w *Leksykonie Wiedzy Wojskowej* zdefiniowany jest następująco: „Automatyzacja dowodzenia, metoda dowodzenia wykorzystująca systemy informatyczne (techniczne środki automatyzacji, między innymi komputery) do zbie-

* P. Sienkiewicz: *Inżynieria systemów*. Wybrane zastosowanie wojskowe. Wyd. MON, Warszawa 1983 r.

rania, utrwalania, przechowywania, przetwarzania, reprodukcji, szyfrowania, deszyfrowania i przekazywania informacji. Podstawową zasadą automatyzacji dowodzenia jest kompleksowość i systemowość rozwiązań oraz wzajemne powiązanie i uzupełnianie poszczególnych ogniw dowodzenia. Zapewnia to efektywność dowodzenia na wszystkich szczeblach". Drugim kierunkiem rozwoju automatyzacji jest automatyzacja kierowania środkami walki, czyli „kierowanie ogniem za pomocą przyrządów i urządzeń, zapewniających wykrywanie celów powietrznych, naziemnych i nawodnych, przygotowanie danych do strzelania, automatyczne wycelowanie broni i oddanie strzału. (...) stosuje się ją w artylerii i przeciwlotniczych pociskach rakietowych, w samolotach, okrętach i czołgach, w celu przyspieszenia rozpoczęcia ognia, zapewnienia większej dokładności i szybkostrzelności. W automatyzacji kierowania ogniem stosuje się specjalne stacje radiolokacyjne, elektroniczną technikę obliczeniową, urządzenia do przetwarzania i zobrazowania informacji".

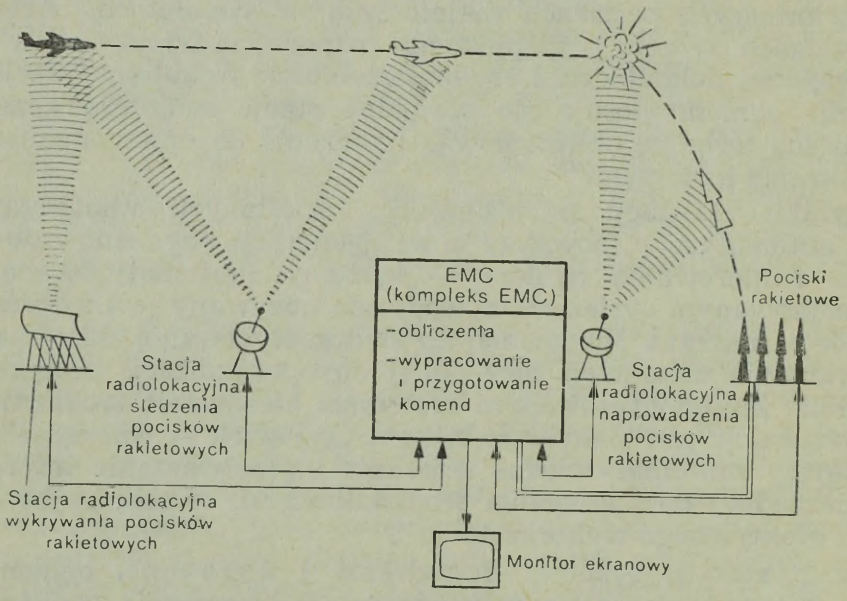
W wyniku realizacji przedsięwzięć, określanych wspólnym mianem automatyzacji, powstały nowe „generacje" systemów dowodzenia i kierowania ogniem — systemy zautomatyzowane. Zautomatyzowanym systemem dowodzenia nazywany jest system „człowiek — maszyna", zapewniający zautomatyzowanie zbierania i przetwarzania informacji niezbędnej do optymalizacji procesu dowodzenia. Zautomatyzowanym systemem kierowania środkami walki nazywany jest natomiast system „człowiek — maszyna", zapewniający zautomatyzowane zbieranie i przetwarzanie informacji niezbędnej do kierowania środkami walki, w celu najbardziej ich efektywnego wykorzystania *.

Zautomatyzowane systemy dowodzenia i kierowania ogniem stanowią zatem takie systemy dowodzenia i kierowania ogniem, w których procesy informacyjno-decyzyjne są wspomagane lub realizowane przez techniczne urządzenia o wysokim stopniu automatyzacji. Najczęściej stopień automatyzacji wyrażany jest za pomocą stosunku ilości zadań zautomatyzowanych, tj. realizowanych przez urządzenia techniczne, do całkowitej ilości zadań informacyjno-decyzyjnych, realizowanych w systemie kierowania (dowodzenia, zarządzania, kierowania ogniem). Zautomatyzowane systemy dowodzenia i kierowania ogniem mogą się więc różnić nie tylko organizacją i rodzajem wyposażenia technicznego, lecz np. stopniem automatyzacji. Zautomatyzowane systemy kierowa-

* K. Głąb, M. Gniłka, J. Siery: *Zautomatyzowane systemy dowodzenia i kierowania środkami walki.* „Myśl Wojskowa" nr 8/1980 r.

nia środkami walki mają z reguły znacznie wyższy stopień automatyzacji niż zautomatyzowane systemy dowodzenia.

Systemy zautomatyzowane mogą się także różnić wartościami takich charakterystyk działania, jak np.: średni czas opóźnień przesyłania informacji w systemie, średni czas dostępu do danych przechowywanych w systemie, średni czas reakcji na stany krytyczne na polu walki itp. Osobną grupę charakterystyk stanowią charakterystyki eksploatacyjne (np. niezawodność, średni czas między uszkodzeniami, żywotność) i ekonomiczne (np. koszty budowy i eksploatacji systemu zautomatyzowanego).



Rys. 1.1. Schemat działania zautomatyzowanego systemu obrony przeciwlotniczej

Zautomatyzowane lub automatyczne (o bardzo wysokim stopniu automatyzacji) systemy kierowania środkami walki przeznaczone są bezpośrednio do kierowania określonymi rodzajami środków bojowych (walki). Zasady ich działania ilustruje schemat zautomatyzowanego systemu kierowania środkami obrony przeciwlotniczej (rys. 1.1). System ten łączy środki rozpoznania (stacje radiolokacyjne wykrywania i prowadzenia celu) ze środkami zwalczania celu (samoloty, pociski rakietowe) oraz stacjami radiolokacyjnymi naprowadzania środków zwalczania na cel. Propozycje decyzji (który z dysponowanych środków i kiedy należy użyć) przedstawione są na monitorze ekranowym dowódcy, któ-

rego rola w zasadzie sprowadza się do zatwierdzenia decyzji i przekazania sygnału uruchomiającego określony środek walki.

Wspólnymi cechami obydwu systemów są zarówno cel zastosowania, jak i ogólny przebieg procesu informacyjno-decyzyjnego. Działanie tych systemów ukierunkowane jest na stworzenie optymalnych warunków użycia posiadanych sił i środków walki. Systemy te ponadto współdziałają ze sobą. W jednym i drugim systemie wykorzystuje się elektroniczną technikę obliczeniową. Stąd też w miejsce dwóch przytoczonych i używanych, systemy te można określić jedną wspólną definicją:

„Zautomatyzowanym systemem dowodzenia (kierowania środkami walki) określa się system dowodzenia wojskami (kierowania środkami walki) funkcjonujący w oparciu o urządzenia techniczne, zapewniające zautomatyzowane zbieranie, przetwarzanie i wydawanie (przesyłanie) informacji niezbędnej w dowodzeniu wojskami (kierowaniu środkami walki)."

Podstawowe różnice między zautomatyzowanym systemem dowodzenia wojskami a zautomatyzowanym systemem kierowania środkami walki sprowadzić można do:

1) czasu reakcji systemu, który w zautomatyzowanym systemie kierowania środkami walki jest niewspółmiernie krótszy;
2) przebiegu procesu decyzyjnego, a szczególnie roli dowódcy w tym procesie. W zautomatyzowanym systemie dowodzenia wojskami dowódca w oparciu o uzyskane dane sam podejmuje decyzje, a w zautomatyzowanym systemie kierowania środkami walki udział dowódcy w wypracowaniu decyzji, chociażby ze względu na czas reakcji systemu, jest znacznie mniejszy;
3) zakresu problemowego zadań rozwiązywanych w systemie, który w zautomatyzowanym systemie dowodzenia wojskami jest znacznie szerszy.

Dotychczasowe prace związane z projektowaniem i wdrażaniem przedstawionych powyżej systemów prowadzone były w zasadzie oddzielnie. Przystępując do kompleksowej automatyzacji należy dążyć do ich integracji w jeden zautomatyzowany system dowodzenia.

1.2. System dowodzenia jako przedmiot automatyzacji

Mówiąc o kompleksowym zautomatyzowanym systemie dowodzenia wybiegamy w przyszłość. Zbudowanie takiego systemu jest przedsięwzięciem niezmiernie złożonym, uwarunkowanym względami ekonomicznymi, technicznymi, technologicznymi itp.

Uwarunkowania te zostaną szerzej rozpatrzone w dalszych rozdziałach. Automatyzacja systemu dowodzenia to nie tylko problem sprzętu informatycznego i jego oprogramowanie. Wiąże się z nią kompleks zagadnień technologicznych, technicznych i organizacyjnych. Dla bliższego rozpatrzenia tych zagadnień w systemie dowodzenia wyodrębniono obszary podlegające usprawnieniu, do których można zaliczyć: procesy dowodzenia, organizację systemu dowodzenia oraz techniczne środki dowodzenia.

Między tymi obszarami istnieje ścisła współzależność. System dowodzenia może być doskonalony przez równoległe usprawnienia we wszystkich wymienionych obszarach. Jakiekolwiek usprawnienie, w ramach tylko jednego z nich, może spowodować częściowe (ilościowe) zmiany w procesie doskonalenia całego systemu dowodzenia. Zmiany jakościowe mogą być osiągnięte tylko drogą kompleksowego doskonalenia wszystkich obszarów tego systemu.

Na podstawie doświadczeń dotychczasowych wojen można stwierdzić, że rozwój sił zbrojnych zależy w ścisły sposób od postępu naukowo-technicznego oraz że potęga bojowa każdej armii zależy od aktualnego stanu ekonomiki, nauki i techniki.

Stwierdza się, że „katalizatorem wszystkich zmian w środkach i sposobach prowadzenia wojny jest postęp naukowo-techniczny, który przyśpiesza doskonalenie broni i sprzętu bojowego, bezpośrednio wpływa na potęgę militarną państwa i stan jego sił zbrojnych. Można powiedzieć, że budownictwo wojskowe, w najszerszym jego rozumieniu, było ściśle związane z postępem naukowo-technicznym, a ta więź w miarę rozwoju nauki i praktycznego wdrażania jej osiągnięć staje się coraz ściślejsza i wszechstronniejsza" *.

Postęp naukowo-techniczny, wprowadzenie na wyposażenie nowego doskonalszego sprzętu i przede wszystkim zasadniczego uzbrojenia stwarza konieczność nieustannego uaktualniania i rozwijania poglądów na charakter przyszłej wojny, operacji i działań bojowych, na sposoby ich prowadzenia oraz doskonalenia dowodzenia wojskami. Ciągłe doskonalenie dowodzenia wojskami jest więc obiektywną prawidłowością wynikającą z postępu naukowo-technicznego **.

Należy więc podkreślić, że rozwój techniki wymusza zmiany w sferze sztuki wojennej, a w szczególności w systemie dowodze-

* A. Greczko: *Siły zbrojne państwa radzieckiego.* Wyd. MON, Warszawa 1975 r.

** B. Bidziński: *Istota współczesnego dowodzenia wojskami.* „Myśl Wojskowa", nr 6/1973 r.
B. Bidziński, P. Sienkiewicz: *Postęp naukowo-techniczny a siły zbrojne.* „Myśl Wojskowa", nr 10/1973 r.

nia. Wszelkie jakościowe zmiany w tym systemie możliwe są do realizowania tylko poprzez uprzednie wprowadzenie nowych, doskonalszych środków technicznych. Spośród różnorakiego sprzętu technicznego, stosowanego w systemie dowodzenia, wyodrębnić można następujące grupy środków: rozpoznania, łączności, przetwarzania informacji, zobrazowania informacji, rozmieszczenia stanu osobowego i transportu.

Klasyfikację technicznych środków dowodzenia przedstawiono na rys. 1.2.

W szczegółowej charakterystyce wyodrębnionych grup środków podkreśla się szczególnie ich znaczenie i zastosowanie w procesie automatyzacji systemu dowodzenia.

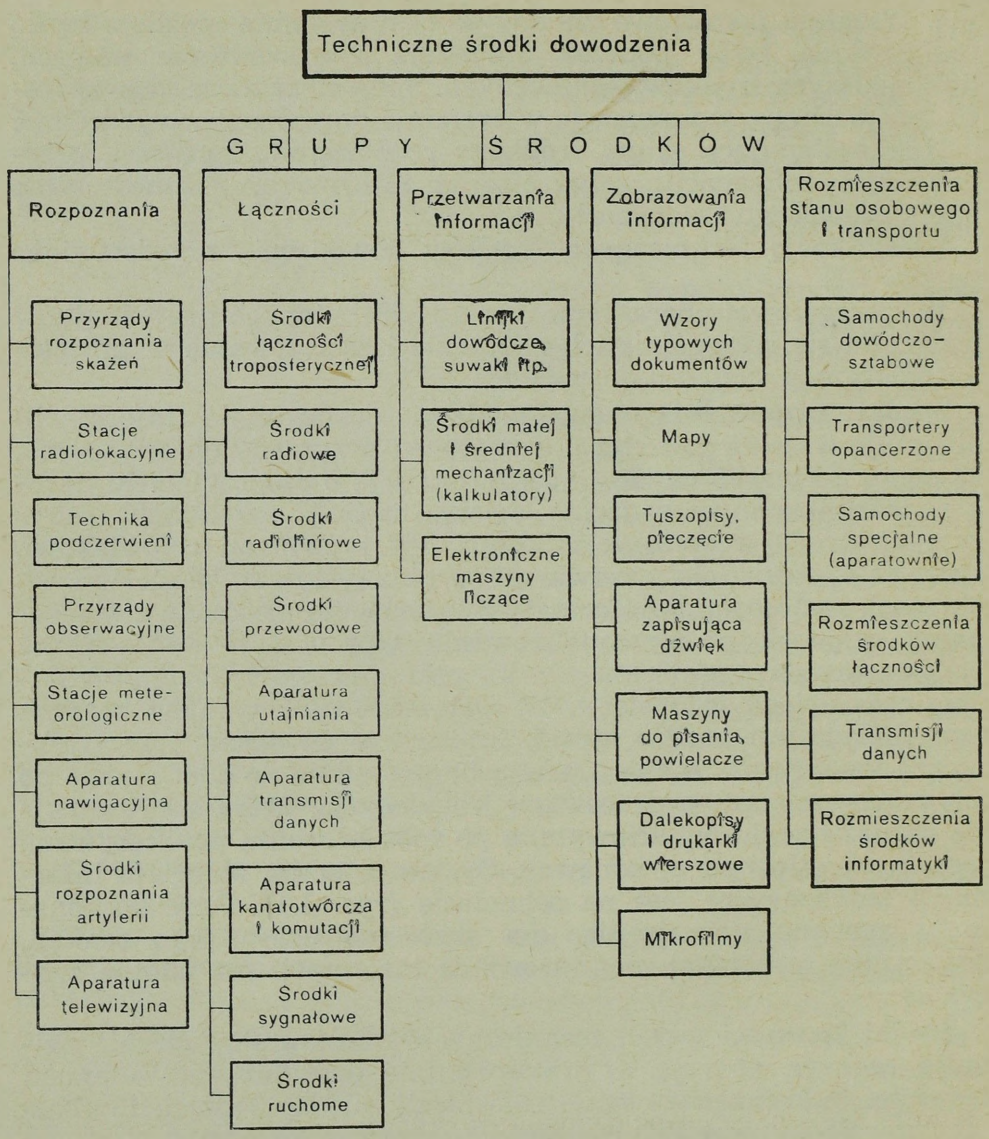
Środki rozpoznania (zdobywania i dostarczania informacji) obejmują wszelkiego rodzaju aparaturę i przyrządy obserwacyjne, za pomocą których uzyskuje się informacje o nieprzyjacielu, terenie, warunkach prowadzenia działań itp. W systemach tradycyjnych środki rozpoznania dostarczały informacji człowiekowi, który ją odpowiednio przetwarzał i wykorzystywał. W pierwszych okresach zastosowania informatyki informację uzyskaną z rozpoznania człowiek po przeanalizowaniu wprowadzał do EMC za pomocą urządzeń wejściowych. To pośrednictwo znacznie wydłużyło czas obiegu informacji. W systemach nowszych, w których czas reakcji jest bardzo krótki, informacje uzyskane przez techniczne środki rozpoznania trafiają bezpośrednio do EMC, gdzie po ich przetworzeniu wypracowana jest decyzja, która zobrazowuje się na urządzeniu wyjściowym, a po zatwierdzeniu przekazywana jest do określonego wykonawcy. System z takim obiegiem informacji zobrazowany jest na schemacie (rys. 1.1). Przy doskonaleniu systemu dowodzenia, dla skrócenia czasu jego reakcji, rozwiązanie problemu monitorowania informacji ma istotne znaczenie.

Środki łączności wśród technicznych środków dowodzenia zajmują czołową pozycję. O ile uprzednio zasadniczym zadaniem łączności było przekazywanie informacji między ludźmi, to obecnie informacja może być również przesłana w relacjach:

— człowiek — komputer i odwrotnie;
— urządzenie techniczne — komputer i odwrotnie;
— komputer — komputer.

Dla przekazania informacji w tych relacjach w zautomatyzowanych systemach dowodzenia szerokie zastosowanie znajduje transmisja danych *.

* J. Kucfir: *Przesyłanie informacji w zautomatyzowanych systemach dowodzenia* — zeszyt 6 (16). Sztab Generalny WP, s. 7.

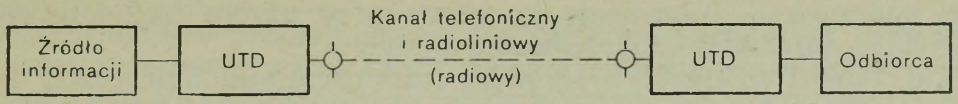


Rys. 1.2. Klasyfikacja technicznych środków dowodzenia

Podstawową rolę w zakresie transmisji danych spełniają urządzenia transmisji (przekazywania) danych (UTD).

Ogólnie biorąc, transmisja danych powinna zapewnić przekazywanie informacji: z dużą szybkością, bezbłędnie, skrycie (automatyczne szyfrowanie i odszyfrowanie) oraz niezawodnie.

Ideę transmisji danych zobrazowano na rys. 1.3. Rola transmisji



Rys. 1.3. Schemat transmisji danych

danych w zautomatyzowanych systemach dowodzenia jest bardzo ważna i znaczenie jej będzie wzrastać. Wynika to chociażby z tego, że podstawą procesów decyzyjnych powinna być aktualna, pełna i bezbłędna informacja. Właściwą wymianę i obieg tej informacji zapewnić może tylko sprawnie działająca łączność dysponująca nowoczesnymi środkami.

Środki przetwarzania informacji obejmują wszelkiego rodzaju urządzenia usprawniające prace związane z opracowywaniem danych w komórkach organizacyjnych sztabu. Do tej grupy należą przede wszystkim komputery (EMC).

Każda komórka organizacyjna sztabu powinna mieć dostęp do nich w celu realizacji swoich specjalistycznych zadań w zakresie wynikającym ze spełnianych funkcji dowodzenia.

Techniczne środki informatyki zastosowane w systemie dowodzenia umożliwiają:

— gromadzenie, przechowywanie, aktualizowanie i wydawanie na żądanie użytkowników odpowiednio wyselekcjonowanej informacji;
— przetwarzanie informacji dla potrzeb różnych komórek organizacyjnych stanowisk dowodzenia;
— przygotowanie i przesyłanie informacji oraz niektórych elementów decyzji.

Ta ostatnia możliwość jest bardzo ważna w systemach kierowania środkami walki (rys. 1.1), w których czas na wypracowanie decyzji ma decydujące znaczenie.

Sytuację operacyjno-taktyczną na polu walki obrazuje mapa. Obok sytuacji operacyjno-taktycznej mieszczą się na niej informacje o terenie, bez których w procesie podejmowania decyzji trudno się obejść. Dodatkowe informacje niezbędne w procesie dowodzenia obrazowane są na różnego rodzaju schematach, szkicach itp., a informacja alfanumeryczna zestawiana jest w różnego rodzaju dokumentach bojowych.

W tradycyjnym systemie dowodzenia dokumenty te wykonuje się ręcznie, wykorzystując do tego celu różnego rodzaju kalkulatory, pisaki, maszyny do pisania, wzorce podstawowych dokumentów bojowych itp.

W zautomatyzowanym systemie dowodzenia podstawowa informacja o sytuacji operacyjno-taktycznej przechowywana jest

w komputerze. Informację tę można przy użyciu technicznych środków informatyki obrazować w postaci:

a) tabel i wykresów — głównie informację alfanumeryczną — obejmującą stany wojsk własnych i nieprzyjaciela i wszelką informację liczbową stanowiącą wyniki przetwarzania. Informację taką wyprowadza się z EMC na dalekopisy, drukarki i monitory ekranowe;
b) schematów obrazujących bądź położenie określonych elementów ugrupowania bojowego (obiektów), bądź też jako wynik przetwarzania obrazujących określony element planu użycia danego rodzaju wojsk. Informacja taka może być wprowadzana na różnego rodzaju grafoskopy;
c) map, które mogą być wykonane za pomocą automatycznych pisaków przenoszących informacje z komputera na mapę, lub map wyświetlonych na ekranie i na ich tle przedstawienie informacji o położeniu wojsk własnych i nieprzyjaciela.

Aby przedstawić pełną informację, niezbędne jest wykorzystanie wszystkich wyżej wymienionych rodzajów sposobów zobrazowania. Zobrazowanie informacji przy użyciu dalekopisów, drukarek, monitorów ekranowych i grafoskopów jest już powszechnie stosowane.

Automatyczne rysowanie map lub przedstawienie sytuacji operacyjno-taktycznej na ekranach na tle map stosuje się z reguły w stacjonarnych systemach na wyższych szczeblach dowodzenia. Szersze zastosowanie takiego rodzaju zobrazowania informacji w polowym systemie dowodzenia ograniczone jest możliwościami technicznymi sprzętu informatycznego (mała pamięć komputerów, brak powszechnego zastosowania urządzeń do wyprowadzania i zobrazowania informacji graficznej).

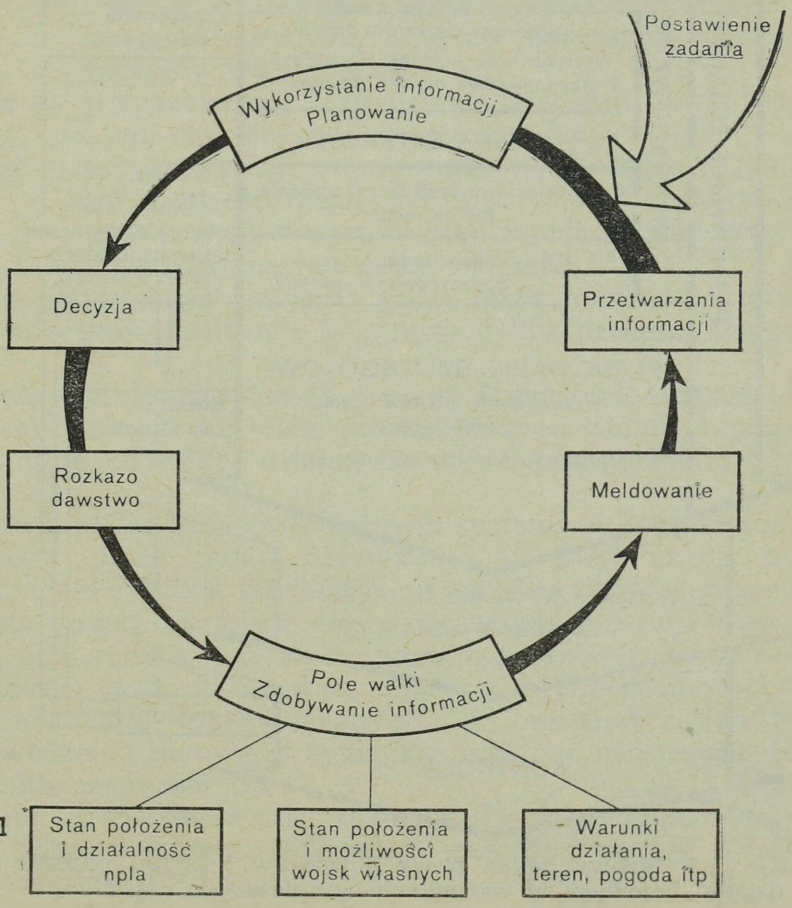
Wszystkie omówione wyżej grupy technicznych środków dowodzenia (z wyjątkiem stacjonarnych), jak i stan osobowy stanowisk dowodzenia, rozmieszczone są i przewożone w środkach transportu (samochody, transportery opancerzone, czołgi, samoloty, okręty). Środki transportu również ulegają stałej modernizacji. Zwiększają się ich możliwości transportowe, chociażby pod względem pokonywania przeszkód wodnych, zapewniają lepszą ochronę stanu osobowego i sprzętu przed skutkami uderzeń jądrowych itp. Pewne zmiany w środkach tych mogą następować ze względu na konieczność rozmieszczenia w nich nowego doskonalszego sprzętu technicznego.

Wszystkie rodzaje technicznych środków dowodzenia są sukcesywnie doskonalone. Z reguły wprowadzenie doskonalszego środka technicznego w jednej grupie pociągnie za sobą koniecz-

ność zmian w drugiej grupie. Na przykład komputery zastosowane do rozwiązywania zadań operacyjno-taktycznych wymagają dostosowania do ich potrzeb środków transmisji czy też środków rozpoznania itp.

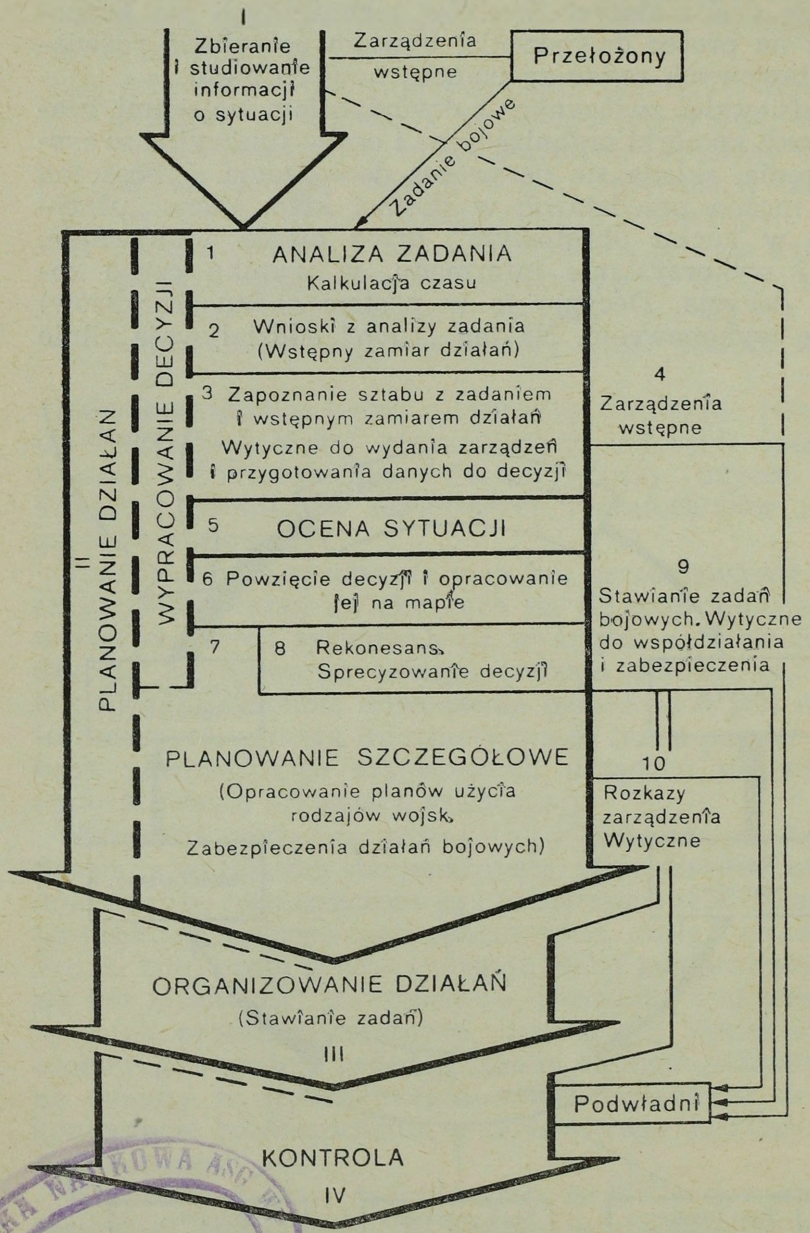
Zastosowanie doskonalszych środków technicznych ma bezpośredni wpływ na proces dowodzenia, bowiem umożliwia rozwiązywanie podstawowych zadań za pomocą nowych metod.

Całość przedsięwzięć związanych z dowodzeniem wojskami, realizowanych przez komórki organizacyjne i osoby funkcyjne w systemie dowodzenia, składa się na proces dowodzenia. Proces ten symbolicznie można przedstawić w postaci koła, które „utrzymywane jest w ruchu obrotowym" przez ciągłe zdobywanie, opracowanie i wykorzystanie informacji, w wyniku czego zostaje podjęta decyzja. Decyzję tę w postaci zadań (rozkazów) przekazuje się wykonawcom. Na ten „ruch" oddziaływają silnie



Rys. 1.4. Model systemu dowodzenia

impulsy zewnętrzne w postaci stawianych zadań bojowych, zobowiązujących dowódcę do stworzenia i realizacji takiego programu, który istniejącą sytuację przekształciłby w sytuację nakazaną w zadaniu bojowym (rys. 1.4).



Rys. 1.5. Ideowy model pracy dowódców i sztabu podczas przygotowania działań bojowych w warunkach ograniczonego czasu

BIBLIOTEKA NARODOWA ANG... Dział Zbiorów...

Proces dowodzenia z operacyjnego punktu widzenia traktuje się więc jako zamknięty cykl składający się z etapów i faz przedstawionych na rysunku 1.5.

Zastosowanie informatyki możliwe jest prawie we wszystkich przedstawionych na schemacie etapach i fazach procesu przygotowania działań. W racjonalnie zorganizowanym i zaprojektowanym zautomatyzowanym systemie dowodzenia będzie możliwe:

w I okresie — zebranie informacji o walczących wojskach (własnych i nieprzyjaciela) oraz warunkach prowadzenia działań z równoczesnym jej zobrazowaniem i przekazaniem (wymianą) między stanowiskami dowodzenia i ich komórkami organizacyjnymi;

w II okresie — opracowanie i analiza zebranych informacji, dających aktualny obraz powstałej sytuacji, umożliwiających ocenę możliwości nieprzyjaciela i wojsk własnych oraz przygotowanie różnych wariantów decyzji, a także planowanie użycia rodzajów wojsk i służb;

w III okresie — przygotowanie i przesłanie środkami technicznymi niektórych elementów zadań;

w IV okresie — przygotowanie danych liczbowych, które w czasie kontroli mogą być porównane z danymi uzyskanymi w wyniku planowania działań przez kontrolowaną jednostkę podległą.

Wykonanie postawionego zadania rodzi nową sytuację, która powoduje konieczność realizacji kolejnego cyklu procesu dowodzenia.

We wszystkich okresach i fazach procesu dowodzenia (szczególnie w drugim) realizuje się wiele pracochłonnych zadań rozwiązywanych według wcześniej ustalonych metod postępowania (algorytmów).

Jak wykazują badania, w tradycyjnych systemach dowodzenia, na rozwiązanie takich zadań zużywa się 50—70% czasu, na zebranie danych o sytuacji około 20%, a na sam twórczy proces podejmowania decyzji pozostaje często nie więcej niż 10% czasu.

Wszystkie albo prawie wszystkie zadania w procesie dowodzenia, które można zalgorytmizować, powinny być rozwiązywane środkami i metodami informatycznymi. W zautomatyzowanym systemie dowodzenia metodami tymi powinny być objęte przede wszystkim takie czynności, jak:

— zbieranie, przechowywanie, opracowanie i wydanie informacji (zobrazowanie) o stanach i położeniu wojsk własnych i nieprzyjaciela;

— przetwarzanie informacji;
— planowanie użycia sił i środków;
— wydanie dla potrzeb osób funkcyjnych, komórek organizacyjnych stanowisk dowodzenia informacji o wojskach własnych i nieprzyjaciela, niezbędnych do podjęcia decyzji;
— opracowanie i przekazanie zadań dla podległych jednostek.

Dysponując danymi przygotowanymi w systemie dowodzenia, dowódca może przystąpić do podjęcia decyzji oraz skonkretyzowania poszczególnych jej elementów. Proces ten jest nie tylko syntezą danych liczbowych, lecz także w wysokim stopniu twórczym i intuicyjnym aktem poszukiwania sposobów rozbicia przeciwnika nie samą siłą uzbrojenia, ale i siłą ludzkiego rozumu, czego na obecnym etapie rozwoju nauki i techniki nie można przedstawić w postaci modelu matematycznego *.

Doskonalenie procesu dowodzenia wojskami powinno uwolnić dowódcę i oficerów sztabu od szeregu czynności pracochłonnych i mechanicznych, które mogą być lepiej i szybciej realizowane metodami informatycznymi. Pozwoli to poświęcić im więcej czasu na pracę twórczą i organizatorsko-kontrolną.

Organizacja systemu dowodzenia wynika z funkcji dowodzenia i jest procesem formowania tego systemu, a więc rozmieszczania zarówno obiektów, jak i organów dowodzenia, stawiania im konkretnych zadań, organizowania łączności itp. Z drugiej strony termin organizacja używany jest często w znaczeniu określonej struktury **.

Charakteryzując system dowodzenia jako obiekt automatyzacji, organizację rozumieć będziemy przede wszystkim jako strukturę organizacyjną. Uwidacznia się bowiem w ten sposób główne zmiany strukturalne, jakie powoduje informatyzacja systemu dowodzenia.

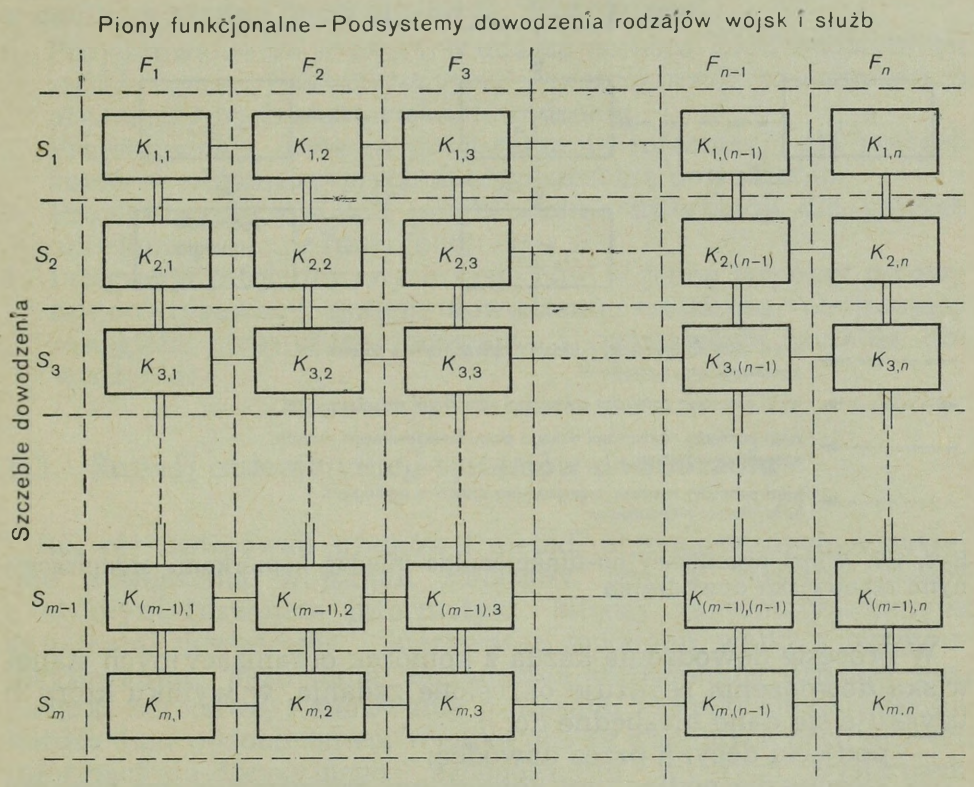
Wojska, jako obiekt dowodzenia, stanowią system złożony z szeregu hierarchicznie uporządkowanych związków, oddziałów i pododdziałów rodzajów wojsk i służb, wyróżniających się swoim przeznaczeniem, sposobem działania, organizacją i uzbrojeniem. Każda jednostka organizacyjna stanowi przy tym w ogólnym systemie pewien podsystem sprzężony z nadrzędnym i podrzędnym podsystemem. Takiej strukturze organizacyjnej wojska odpowiada struktura systemu dowodzenia. Ogólną strukturę orga-

* Por. W. Drużynin, Kontorow: *Principy sozdania i primienienja awtomatizirowannych sistem uprawlenia wojskami.* Wojennaja Misl. nr 9/1976 r.

** D. Iwanow, W. Sawieljew, P. Szesmanski: *Zasady dowodzenia wojskami.* Wyd. MON, Warszawa 1973 r.

nizacyjno-funkcjonalną tego systemu pokazano na rys. 1.6.

Komórki organizacyjne ($K_{1,2}$ do $K_{m,n}$), występujące na każdym szczeblu dowodzenia, tworzą elementy struktury organizacyjno-funkcjonalnej systemu. Między poszczególnymi komórkami organizacyjnymi istnieją określone powiązania:



Rys. 1.6. Ogólna struktura organizacyjno-funkcjonalna systemu dowodzenia

Uwaga: K_{ij} — element systemu dowodzenia znajdujący się na i-tym szczeblu dowodzenia i reprezentujący j-ty pion fukcjonalny

System dowodzenia: $< \{K_{ij}\},\ i \in I,\ j \in J >$

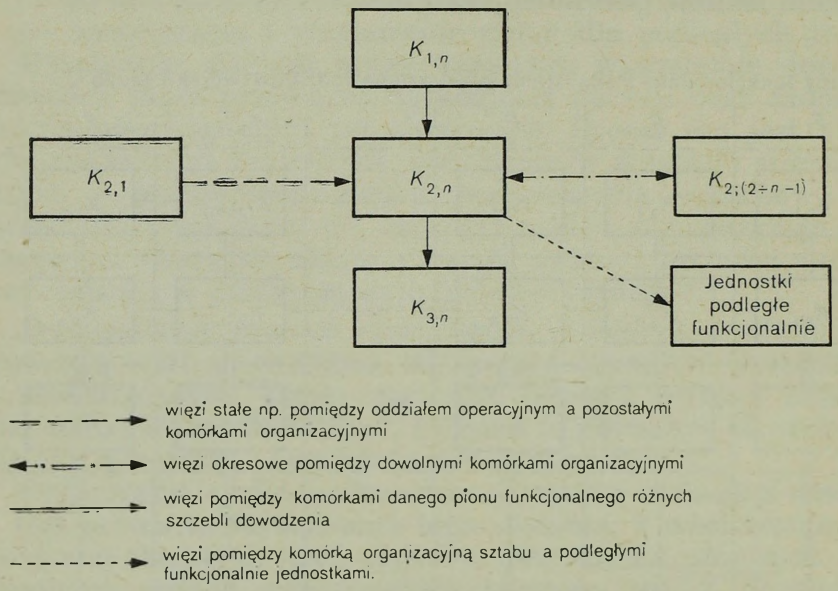
$I = \{1, \ldots, i, \ldots, I\}$ — zbiór numerów szczebli dowodzenia

$J = \{1, \ldots, j, \ldots, J\}$ — zbiór numerów pionów funkcjonalnych

— w płaszczyźnie pionowej — w ramach podsystemów dowodzenia poszczególnych rodzajów wojsk i służb tworzą tzw. piony funkcjonalne systemu. (F_1, $F_2 \ldots F_{n-1}$, F_n);

— w płaszczyźnie poziomej — w ramach stanowiska dowodzenia określonego szczebla (S_1, $S_2 \ldots S_{m-1}$, S_m) tworzą moduł systemu dowodzenia określonego szczebla.

Powiązania między komórkami organizacyjnymi zarówno w płaszczyźnie poziomej, jak i pionowej, występujące w procesie realizacji zadań operacyjno-taktycznych, przedstawiono na rys. 1.7.



Rys. 1.7. Więzi organizacyjno-funkcjonalne między komórkami organizacyjnymi stanowiska dowodzenia

W procesie dowodzenia każda z komórek organizacyjnych stanowiska dowodzenia realizuje określone zadania, w wyniku których uzyskuje się dane niezbędne do:

— podjęcia decyzji przez dowódcę;
— kierowania podległymi komórkami organizacyjnymi niższego szczebla dowodzenia i podległymi funkcjonalnie jednostkami w pionie funkcjonalnym;
— zapewnienia współpracy z innymi komórkami organizacyjnymi danego stanowiska dowodzenia.

Projektowanie i wdrażanie systemu informatycznego do polowego systemu dowodzenia nie jest procesem łatwym. Przejście z tradycyjnego na zautomatyzowany system dowodzenia nie nastąpi na drodze jednorazowej zmiany dokonanej w krótkim czasie. Na proces projektowania i wdrażania szczególnie silnie rzutują: stan i możliwości środków technicznych, ogólna koncepcja doskonalenia systemu dowodzenia, możliwości i umiejętności zespołów projektowych, organizacyjne i technologiczne przygotowanie użytkowników.

Sukcesywne projektowanie i wdrażanie takiego systemu (jego elementów) rozpoczęło się z chwilą wyprodukowania pierwszych technicznych środków informatyki. Proces ten, rozpoczęty automatyzacją najbardziej pracochłonnych zadań obliczeniowych, przechodzi przez projektowanie systemów przetwarzania informacji do zbudowania zautomatyzowanego systemu. Proces ten w ogólnym zarysie może przebiegać następująco:

1. Projektowanie do rozwiązywania za pomocą EMC oddzielnych zadań operacyjno-taktycznych, realizowanych w komórkach organizacyjnych stanowiska dowodzenia.
2. Projektowanie systemu przetwarzania informacji dla potrzeb komórek organizacyjnych danego szczebla dowodzenia.
3. Projektowanie systemu przetwarzania informacji dla potrzeb określonego pionu funkcjonalnego.
4. Integracja projektowanych systemów w jeden wspólny polowy zautomatyzowany system dowodzenia wojskami, obejmujący zasięgiem piony funkcjonowania i podstawowe szczeble dowodzenia.

1.3. Rozwój automatyzacji systemów dowodzenia

Rozwój zastosowań środków i metod informatycznych w systemie dowodzenia wojskami związany jest w istotny sposób z ogólnym rozwojem informatyki. Między zautomatyzowanymi systemami dowodzenia i kierowania środkami walki a skomputeryzowanymi systemami zarządzania określonym działem gospodarki narodowej i sterowania procesami produkcyjnymi istnieje bardzo duże podobieństwo. Wynika ono ze wspólnych cech procesu informacyjno-decyzyjnego, zachodzącego w tych systemach. Proces ten polega na przetwarzaniu informacji wejściowej, tj. otrzymanych meldunków, danych sprawozdawczych, instrukcji odgórnych, a także informacji przetwarzanych w systemie w informację wyjściową, tj. dyrektywy, zarządzenia, rozkazy itp. Podobieństwo to dotyczy tylko samego przebiegu procesu informacyjno-decyzyjnego. Skrajnie różne natomiast są warunki, w jakich zachodzi eksploatacja tych systemów. Warunki te w projektowaniu zautomatyzowanych systemów dowodzenia muszą być uwzględniane.

Specyfika funkcjonowania zautomatyzowanych systemów dowodzenia wynika z charakteru współczesnych działań wojennych. W procesie automatyzacji systemu dowodzenia należy szczególnie uwzględnić takie cechy, jak:

— dużą głębokość, ciągłość i wysokie tempo prowadzenia działań;
— ciągle zmieniającą się sytuację;
— różne warunki atmosferyczne i terenowe;
— stałe zagrożenie zniszczeniem określonego elementu systemu;
— brak pełnych danych o nieprzyjacielu, a czasami i o wojskach własnych;
— ostre wymagania w zakresie przestrzegania tajemnicy.

Powyższe cechy współczesnych działań bojowych powodują powstawanie dodatkowych wymagań, które w projektowaniu polowych systemów informatycznych należy uwzględniać. Do wymagań tych między innymi należą:

1. Konieczność działania systemu w warunkach manewrowych — wiąże się ona z koniecznością przemieszczania środków informatyki z przegrupowanym sztabem. Dla zrealizowania tego warunku należy więc dysponować albo ruchomymi ośrodkami obliczeniowymi, albo doskonałym systemem łączności (transmisją danych), umożliwiającym utrzymanie niezawodnej łączności ze stacjonarnym ośrodkiem obliczeniowym, w którym realizowane są obliczenia.
2. Szybkie zgromadzenie informacji o zaistniałych zmianach (stratach, zmianach położenia, zapasach), szczególnie istotne w warunkach masowego stosowania broni jądrowej; informacje te mogą być niepełne (przybliżone), mogą być uzupełnione w późniejszych terminach. Gromadzone dane, chociaż niepełne, muszą być podstawą do podejmowania kolejnych decyzji.
3. Techniczne środki informatyki mogą pracować w określonych warunkach klimatycznych i terenowych. Zapewnienie tych warunków przy konieczności prowadzenia działań w różnych warunkach atmosferycznych nie jest sprawą łatwą. Narzuca to bardzo duże wymagania niezawodnościowe w procesie projektowania, a personelowi technicznemu w zakresie utrzymania środków technicznych w stałej i pełnej sprawności w procesie ich użytkowania.
4. Stanowiska dowodzenia są obiektami oddziaływania różnych środków walki nieprzyjaciela. Ewentualne ich zniszczenie powoduje konieczność przygotowania elementów zautomatyzowanego dowodzenia do przejęcia zadań realizowanych w innym elemencie tego systemu (przyjęcie dowodzenia przez inne SD).
5. Sprawne działanie systemu dowodzenia zależy od sprawnego działania systemu łączności, który powinien umożliwiać wy-

mianę informacji między różnymi jego elementami. W warunkach stałych zakłóceń systemu łączności radiowej wymiana tych informacji może być poważnie utrudniona. Istnieje w związku z tym konieczność dublowania kanałów łączności, a także konieczność przesyłania informacji środkami ruchomymi. Przy tym wymienione w systemie dane powinny być trudne do odszyfrowania przez nieprzyjaciela.

Wspomniane wyżej tylko niektóre warunki działania, specyficzne dla systemów wojskowych, dają obraz trudności, jakie w projektowaniu tych systemów należy uwzględniać. Warunki te stawiają przed zautomatyzowanym systemem dowodzenia bardzo wysokie wymagania. Te zaś można podzielić na operacyjno-taktyczne i techniczne.

I tak ze względu na wymagania operacyjno-taktyczne zautomatyzowany system dowodzenia powinien umożliwiać:

1. Przyjęcie zarządzeń, rozkazów, komend i sygnałów z ogniw nadrzędnych przy zapewnieniu możliwości przekazywania wszelkiego rodzaju meldunków.
2. Wymianę informacji między sztabami współdziałających związków (oddziałów).
3. Wymianę informacji pomiędzy punktami dowodzenia różnych rodzajów wojsk wewnątrz stanowiska dowodzenia.
4. Zbieranie, opracowanie, przechowywanie i wydawanie informacji o stanie, położeniu, zapasach i charakterze działań wojsk własnych i nieprzyjaciela.
5. Zbieranie, opracowanie i wydawanie informacji o wybuchach jądrowych, a także o sytuacji promieniotwórczej, chemicznej i meteorologicznej.
6. Wykonanie operacyjno-taktycznych obliczeń w celu przygotowania danych do podejmowania decyzji, planowania działań bojowych oraz kierowania wojskami i środkami walki w czasie trwania operacji.
7. Wprowadzenie do systemu informatycznego danych otrzymanych z różnych źródeł informacji spoza zautomatyzowanego systemu dowodzenia.

Uwzględniając wspomnianą poprzednio specyfikę działania systemu dowodzenia, środki techniczne powinny odpowiadać następującym wymaganiom:

1) być odporne na wstrząsy i zmiany warunków atmosferycznych;
2) umożliwiać ciągłą wymianę utajnionych informacji różnymi kanałami łączności, przy zapewnieniu dużej szybkości ich transmisji;

3) zapewnić dużą odporność na zniszczenie i umożliwiać pokonywanie terenów skażonych;
4) zapewnić dogodne warunki pracy personelowi obsługującemu system w czasie jego eksploatacji;
5) umożliwiać szybką wymianę uszkodzonych elementów (modułów, zespołów) na zapasowe.

Jednoznaczne wyodrębnienie etapów rozwojowych informatyki, jak również etapów rozwojowych automatyzacji systemów dowodzenia, jest przedsięwzięciem trudnym. Wynika to z szeregu przyczyn, do których między innymi można zaliczyć:

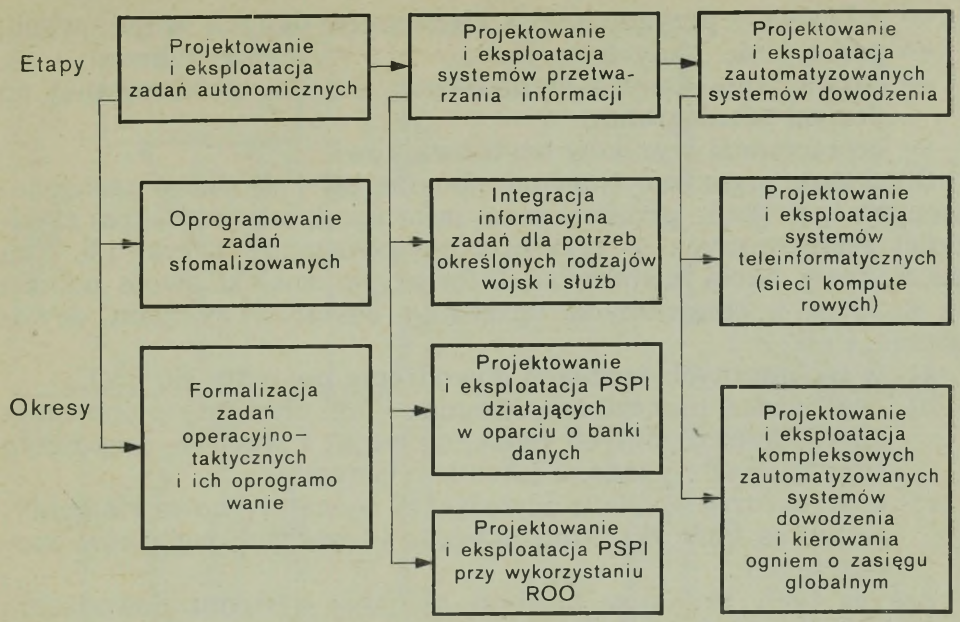
1. Subiektywność podejścia do różnych etapów rozwojowych ludzi reprezentujących różne specjalności.
2. Niemożliwość ścisłego określania czasu zakończenia etapu poprzedzającego i następnego. Wiąże się to zarówno ze sprzętem, jak i stosowanymi metodami informatycznymi. Obok nowoczesnego sprzętu technicznego stosuje się jeszcze sprzęt, który moralnie jest już zużyty; niezależnie od systemowego, złożonego sposobu (metod) wykorzystania informatyki istnieje jeszcze wiele przypadków realizacji obliczeń metodami stosowanymi w początkowej fazie jej rozwoju.
3. Różnorodność dziedzin zastosowań informatyki. Inne fazy rozwojowe przechodzi informatyka jako narzędzie usprawniania zarządzania (dowodzenia), inne, gdy jest stosowana do sterowania procesami produkcyjnymi (sterowania środkami walki), i wreszcie zupełnie inne, gdy jest wykorzystywana w zakresie obliczeń naukowych.

Ogólnie biorąc, można wyodrębnić trzy zasadnicze etapy projektowania i zastosowań informatyki w polowych systemach dowodzenia, a mianowicie:

— projektowanie i zastosowanie zadań autonomicznych;
— projektowanie i zastosowanie systemów przetwarzania informacji;
— projektowanie i zastosowanie kompleksowych zautomatyzowanych systemów dowodzenia.

W etapach tych można wyodrębnić dodatkowe okresy rozwojowe. Etapy i okresy rozwojowe informatyki w systemie dowodzenia przedstawiono na rys. 1.8.

Zadania autonomiczne, charakterystyczne dla pierwszego etapu zastosowań informatyki w polowym systemie dowodzenia, projektowano i stosowano dla rozwiązania za pomocą EMC oddzielnych, pracochłonnych zadań operacyjno-taktycznych, a mianowicie zadań obliczeniowych, związanych z planowaniem działalności i zaopatrzenia danego rodzaju wojsk i służb. W pierwszej kolej-



Rys. 1.8. Etapy i okresy rozwojowe informatyki w polowym systemie dowodzenia

ności automatyzowano zadania w wysokim stopniu sformalizowane, co ułatwiało ich algorytmizację i oprogramowanie. Z czasem proces ten objął i inne bardziej złożone zadania, wymagające — szczególnie na etapie projektowania koncepcyjnego — większego udziału użytkownika.

Dla każdego z tych zadań tworzono oddzielny zbiór informacji stałej. Każde uruchomienie takiego zadania związane było z koniecznością zebrania i wprowadzenia dużej liczby danych zmiennych. Bardzo często jednakową informację stałą, a często i zmienną, wykorzystywano w różnych programach i wprowadzano oddzielnie dla każdego zadania. Między projektowanymi i przetwarzanymi zadaniami nie występują powiązania synchronizacyjne, jak również informacyjne. Każde z nich obsługuje tylko jednego określonego użytkownika.

Do przetwarzania tego typu zadań stosowano stacjonarne komputery. Dane wejściowe i wyniki obliczeń, w relacji polowe SD i stacjonarne ośrodki obliczeniowe, przesyłano początkowo telefonicznie i ruchomymi środkami łączności, a następnie za pomocą środków transmisji danych. Całkowity okres realizacji każdego z tych zadań był stosunkowo długi. Wynikał on z czasu niezbędnego na kolejną realizację poniższych czynności:

— zebrania i przygotowania obszernych danych wejściowych;
— przesyłania danych wejściowych i wyników obliczeń;
— odtwarzania danych wynikowych z taśmy perforowanej do postaci tabulogramu;
— dostarczania wyników użytkownikowi.

Strukturę organizacyjno-funkcjonalną sił i środków zaangażowanych w procesie przetwarzania informacji, a także zakres czynności realizowanych w tym procesie pokazano na rys. 1.9. Ten początkowy okres zastosowań informatyki znalazł swoje odbicie w każdym z omawianych uprzednio obszarów systemu dowodzenia, i tak:

a) w technicznych środkach dowodzenia pojawiły się EMC;
b) część zadań procesu dowodzenia — np. elementy planowania użycia poszczególnych rodzajów wojsk i służb — rozpoczęto rozwiązywać metodami informatycznymi;
c) w strukturze systemu dowodzenia wystąpiły nowe elementy, jakimi są komórki informatyczne w sztabach związków operacyjnych.

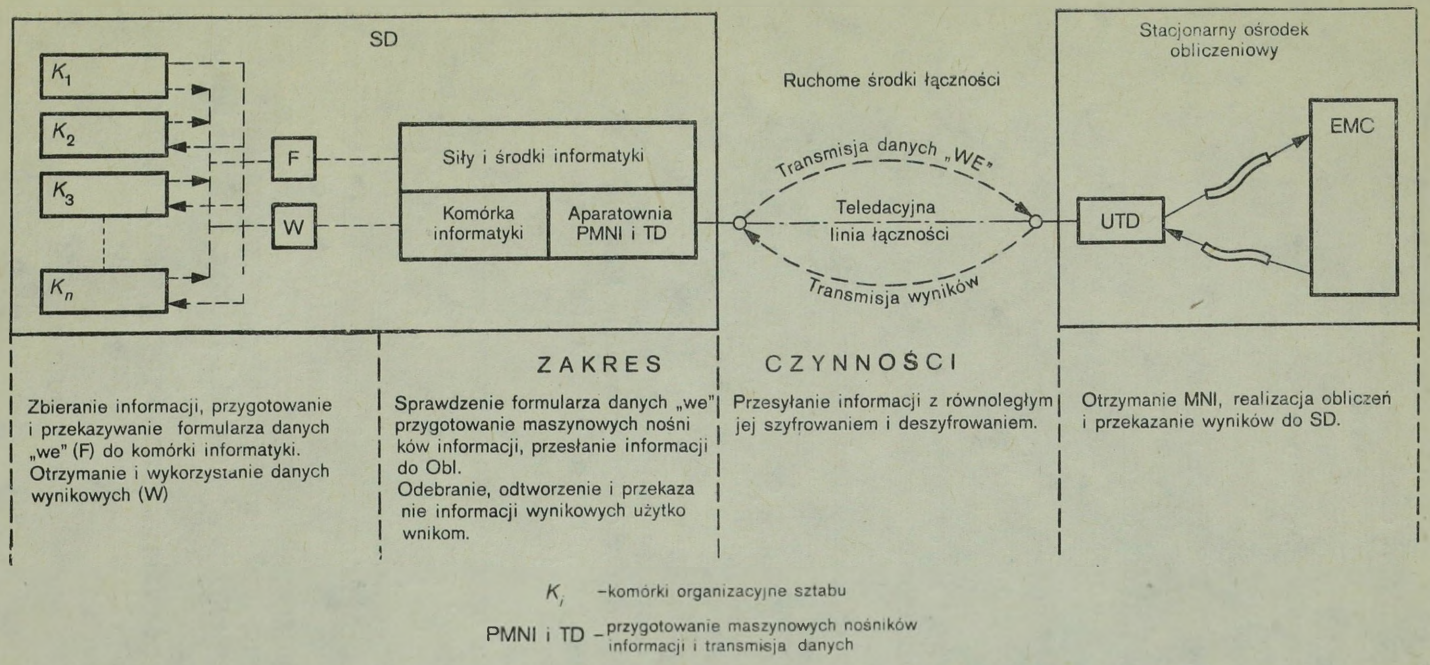
Zakres tych zmian w każdym obszarze systemu dowodzenia był niewielki. Metody informatyczne stosowano do rozwiązywania nielicznych zadań użytkowych, realizowanych w procesie dowodzenia bez uwzględniania zadań ewidencyjno-informacyjnych. Zmiany w sprzęcie technicznym, jak i strukturze organizacyjnej, były niewielkie.

Ten początkowy etap rozwoju informatyki był poligonem doświadczalnym zarówno dla kadr informatyki, jak również dla użytkowników. Umożliwiał zdobycie doświadczeń w zakresie projektowania zadań rozwiązywanych w polowym systemie dowodzenia, a także przedstawiał realne możliwości informatyki w procesie rozwiązywania złożonych i pracochłonnych zadań.

Przygotowane i realizowane w tym okresie zadania użytkowe, szczególnie uprzednio niesformalizowane, przeszły konfrontację z rzeczywistymi potrzebami sztabów, co pozwoliło na ich doskonalenie i modyfikację w następnych wyższych etapach rozwoju informatyki.

Projektowanie i eksploatacja zadań drugiego etapu rozwoju informatyki umożliwiły przede wszystkim wprowadzenie nowego doskonalszego sprzętu technicznego, jak również zdobycie nowych doświadczeń przez zespoły projektowe. Ten etap projektowania i eksploatacji systemów przetwarzania informacji (SPI) można podzielić ogólnie na trzy okresy (rys. 1.8).

W pierwszym okresie nastąpiła częściowa integracja informacyjna poszczególnych zadań autonomicznych realizowanych dla potrzeb jednego użytkownika (jednej komórki organizacyjnej sta-



Rys. 1.9. Struktura organizacyjno-funkcjonalna sił i środków informatyki i zakres czynności realizowanych w procesie przetwarzania danych

nowiska dowodzenia). Pojawiają się elementarne powiązania między realizowanymi zadaniami oraz wspólna technologia ich przetwarzania.

W praktyce powoduje to powstanie możliwości:

— utworzenia jednego wspólnego zbioru informacji stałej, zawierającego dane dla kilku zadań, realizowanych w danej komórce organizacyjnej;

— jednorazowego wprowadzania niektórych danych zmiennych dla potrzeb kilku zadań użytkowych;

— wykorzystanie wyników obliczeń niektórych zadań jako danych wejściowych do zadań realizowanych w drugiej kolejności itp.

Powstanie tych możliwości przyspieszyło usprawnienie procesu przetwarzania. Można było uwolnić użytkowników od konieczności wielokrotnego przygotowania tych samych danych stałych i częściowo zmiennych. Skracał się czas realizacji poszczególnych zadań, głównie przez usprawnienie procesu przygotowania danych wejściowych.

W drugim okresie projektowania i eksploatacji systemów przetwarzania informacji znacznie wzrasta znaczenie wspólnych zbiorów informacji. Zawierają one dane niezbędne dla zadań realizowanych przez kilka komórek organizacyjnych stanowiska dowodzenia.

Trzeci okres projektowania i eksploatacji systemów przetwarzania informacji charakteryzuje się wprowadzeniem do eksploatacji ruchomych ośrodków obliczeniowych. Rozmieszczenie ich w rejonie SD, wyposażenie, równolegle z ich wprowadzeniem, komórek organizacyjnych w terminale, pozwala na zmiany w technologii przetwarzania.

W drugim i trzecim okresie projektowania i eksploatacji SPI zaznaczył się niewątpliwy postęp w zakresie zastosowań informatyki w polowym systemie dowodzenia. Stąd też okresy te wymagają szerszej charakterystyki.

W drugim okresie projektowania i eksploatacji SPI, podobnie zresztą jak i w pierwszym, przetwarzanie informacji realizuje się za pomocą stacjonarnych komputerów. Nie ulega zmianie struktura organizacyjno-funkcjonalna organów informatyki (rys. 1.9), aczkolwiek zakres czynności komórki informatycznej danego sztabu poważnie wzrasta.

Podstawową cechą pozwalającą na wyodrębnienie tego okresu jest nowa technologia przetwarzania informacji, oparta na wykorzystaniu banków danych.

W systemie dowodzenia znalazło to swoje odbicie przede wszystkim w zakresie i rodzaju zadań realizowanych w procesie dowo-

dzenia metodami informatycznymi. Istnienie zorganizowanych zbiorów informacji (banków danych) zapoczątkowało realizację zadań typu ewidencyjno-informacyjnego związanych ze zbieraniem, aktualizacją i wydawaniem dla potrzeb określonych użytkowników informacji o stanie i położeniu wojsk własnych i nieprzyjaciela oraz innych informacji niezbędnych w procesie dowodzenia.

Zakres i czasochłonność opracowywania informacji wejściowych dla przetwarzania zadań użytkowych znacznie się zmniejszyły. Dane te w większości uzyskiwane są z podstawowych zbiorów informacji przechowywanych w banku danych w sposób automatyczny. Dla utrzymania tych zbiorów w stanie aktualnym powstaje konieczność wyodrębnienia funkcji administratorów banku danych, organizujących i kontrolujących cały proces ewidencyjno-informacyjny dla potrzeb wszystkich komórek organizacyjnych stanowiska dowodzenia.

Niezależnie od zorganizowanych zbiorów informacji o wojskach własnych i nieprzyjaciela, istnieje możliwość przechowywania w banku danych elementów informacji decyzyjnych dowódcy ogólnowojskowego, wspólnych dla szeregu zadań użytkowych, poważnie zmniejszających ilość danych wejściowych wprowadzanych przez oddzielnych użytkowników.

Realizację zadań tego okresu umożliwiał rozwój sprzętu technicznego. Aczkolwiek przetwarzanie informacji w dalszym ciągu realizowano głównie w stacjonarnych ośrodkach obliczeniowych, to jednak doskonalsze komputery o znacznie większej pojemności pamięci operacyjnej i z różnymi rodzajami pamięci zewnętrznej (taśmy, bębny i dyski magnetyczne) umożliwiły inną, lepszą technologię przetwarzania. Postęp zaznaczył się również w rozwoju urządzeń zobrazowania informacji. Powszechne zastosowanie znalazły drukarki znakowo-mozaikowe i monitory ekranowe, znacznie przyspieszające odtwarzanie informacji. Nastąpił także postęp w rozwoju transmisji danych.

Rozwojowi środków technicznych towarzyszył rozwój technologii projektowania. Powstawały doskonalsze systemy operacyjne EMC i pełniejsze oprogramowanie podstawowe.

Dysponując lepszym sprzętem i większymi doświadczeniami, projektanci znacznie rozszerzyli zakres zadań rozwiązywanych w procesie dowodzenia za pomocą EMC. Przy wykorzystaniu technologii przetwarzania opartej o bank danych, metody informatyczne znalazły zastosowanie prawie w każdej komórce organizacyjnej stanowiska dowodzenia i prawie w każdej fazie procesu dowodzenia.

Powyższe zmiany miały swoje odbicie i w organizacji systemu

dowodzenia. Realizowane jest nowe zadanie — administrowanie bankiem danych, administratorzy banku danych spełniają zaś w procesie przetwarzania coraz ważniejszą rolę.

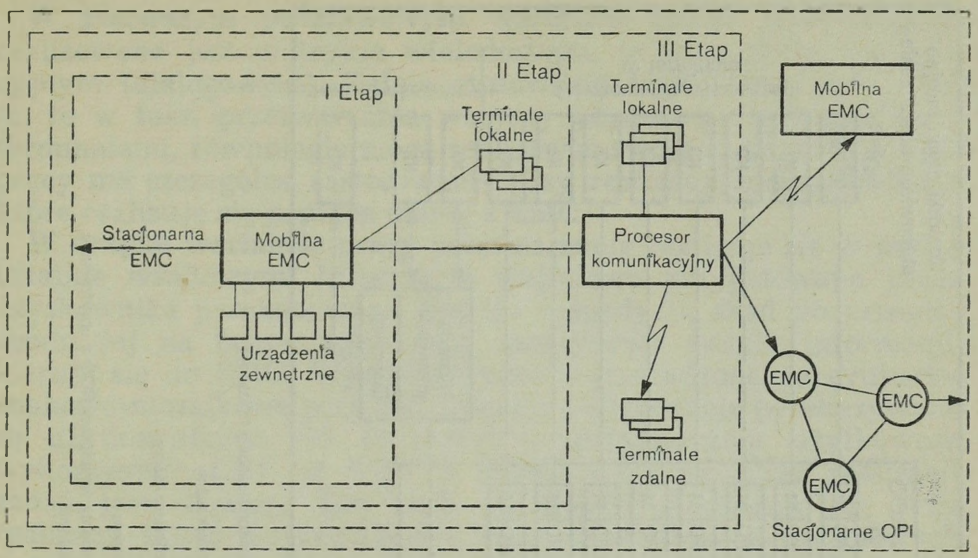
Wzrost możliwości efektywnego wykorzystania metod informatycznych w procesie dowodzenia powoduje przemiany w metodach pracy komórek organizacyjnych stanowiska dowodzenia.

Pomimo znacznego rozszerzenia zastosowań metod informatycznych w procesie dowodzenia, użytkownik pozbawiony był bezpośredniego kontaktu z EMC. Obieg informacji w procesie przetwarzania realizowany był podobnie, jak w pierwszym etapie zastosowań informatyki w procesie dowodzenia, bez udziału i poza bezpośrednim jej użytkownikiem (rys. 1.9). Aby nastąpiła sprawna realizacja procesu dowodzenia, w większości przypadków użytkownik systemu informatycznego powinien mieć możliwość bezpośredniego (natychmiastowego) wykorzystania komputera. Tego warunku nie mogła zapewnić nawet najsprawniejsza organizacja przetwarzania informacji przy wykorzystaniu stacjonarnych komputerów i istniejących środków łączności. Potrzeby te doprowadziły do zaprojektowania i wdrożenia w wojskach operacyjnych ruchomych ośrodków obliczeniowych, wyposażonych w komputery, przystosowanych do eksploatacji w warunkach polowych.

Analizując procesy wdrażania ruchomych ośrodków obliczeniowych, należy podkreślić, że w ich rozwoju technicznym i organizacyjnym wystąpiły trzy charakterystyczne etapy. Początkowo zestaw komputera ograniczony był fizycznymi wymiarami kontenera, w którym był on zainstalowany. Powodowało to wiele ograniczeń dotyczących zastosowania ośrodka oraz niepełne możliwości ETO. W drugim etapie rozwoju ośrodka nastąpiła jego rozbudowa o abonencki system lokalnych terminali pasywnych i dialogowych. Rozwiązania te w wyraźny sposób podniosły walory użytkowe omawianego ośrodka. Trzeci etap, charakteryzujący się przyłączeniem do ośrodka zdalnych terminali w systemie abonenckim, pozwolił zwielokrotnić możliwości funkcjonalne i użytkowe eksploatowanych systemów informatycznych oraz uczynić je bardziej podatnymi na zmiany. Proces rozwoju ruchomych ośrodków obliczeniowych przedstawiono na rys. 1.10 *.

Z wprowadzeniem ruchomych ośrodków obliczeniowych (ROO) podstawowi użytkownicy systemu przetwarzania informacji uzyskali, poprzez terminale rozmieszczone na ich miejscach pracy, bezpośredni dostęp do EMC. Możliwości zastosowania metod infor-

* K. Głąb, M. Gniłka, J. Siery: *Zautomatyzowane systemy dowodzenia i kierowania środkami walki.* „Myśl wojskowa", nr 8/1980 r., str. 68.



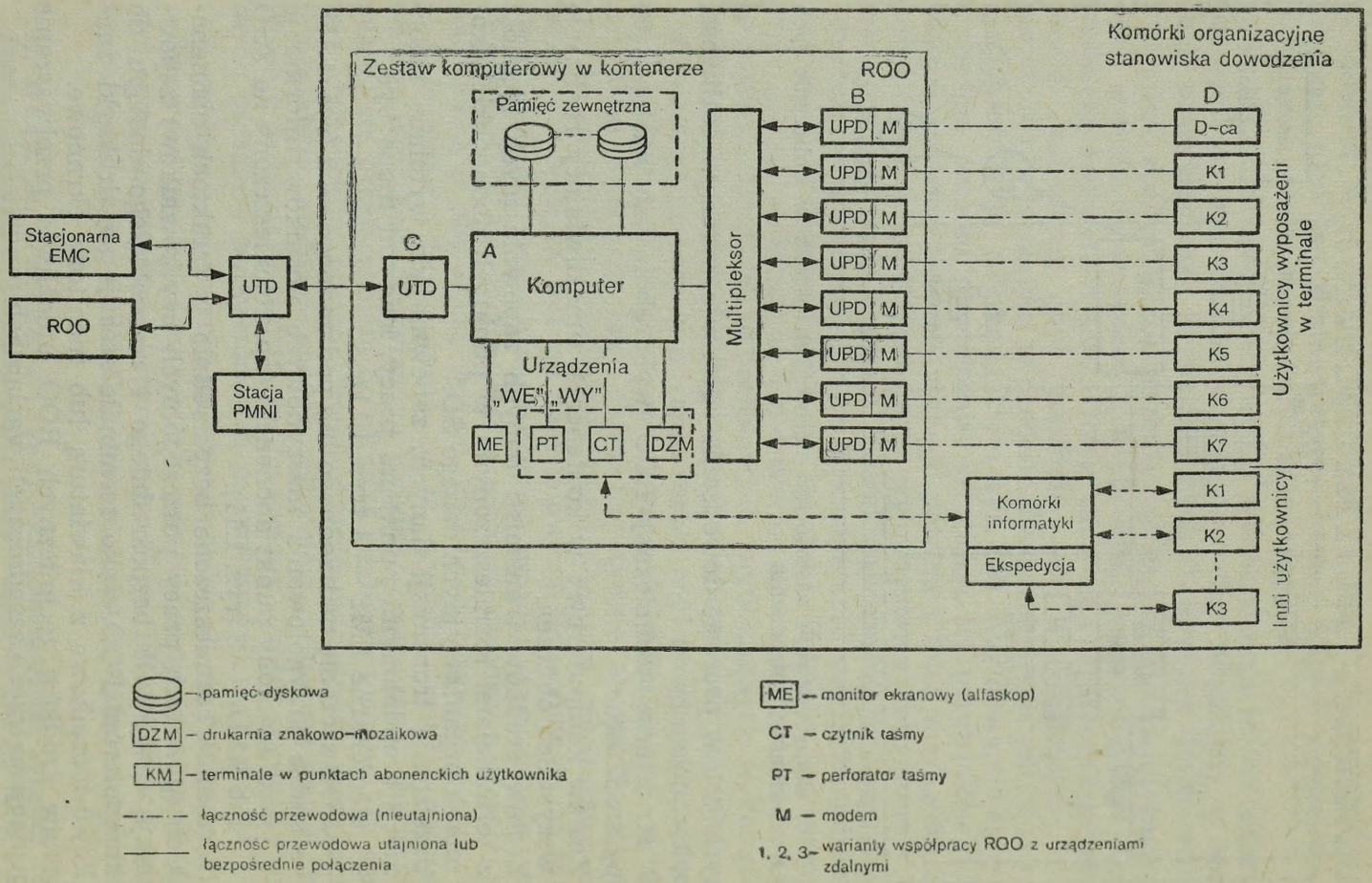
Rys. 1.10. Etapy rozwoju zastosowań ruchomych ośrodków obliczeniowych (ROO) w systemie dowodzenia

matycznych w procesie dowodzenia ogromnie wzrosły. Możliwości te pokazano na rys. 1.11.

W strukturze technicznej ROO wyodrębnia się następujące grupy środków:

A. Zestaw komputerowy w kontenerze, umożliwiający realizację wszystkich obliczeń.
B. Zestaw środków transmisji danych zapewniających łączność z terminalami rozmieszczonymi w punktach abonenckich komórek organizacyjnych danego SD.
C. Urządzenia transmisji danych, zapewniające wymianę informacji z oddalonymi punktami pracy, którymi mogą być:
   — stacjonarne EMC — 1 (rys. 1.11),
   — ROO szczebla nadrzędnego lub podrzędnego — 2 (rys. 1.11),
   — stacje przygotowania maszynowych nośników informacji, jako oddalony punkt abonencki (np. rozmieszczony na ZSD lub KSD) — 3 (rys. 1.11).
D. Terminale rozmieszczone bezpośrednio w punktach abonenckich (punktach pracy poszczególnych użytkowników) zapewniają możliwość bezpośredniego i równoległego dostępu do komputerów ROO. Jako terminale stosuje się drukarki znakowo-mozaikowe z klawiaturą lub monitory ekranowe.

Zestaw środków technicznych ROO umożliwia przetwarzanie informacji w trzech zasadniczych wariantach pracy.



Rys. 1.11. Struktura organizacyjno-techniczna ROO

W pierwszym podstawowym wariancie pracy przetwarzanie realizowane jest w trybie wielodostępu, w tzw. trybie interakcyjnym (dialogowym). Zaletą stosowania tego trybu pracy jest to, że w toku przetwarzania wszyscy użytkownicy, dysponujący terminalami, równolegle mogą realizować swoje zadania. Ten tryb pracy ma szczególne zastosowanie przy realizacji zadań krótkich, które realizuje się poprzez dialog z EMC.

W drugim wariancie pracy przetwarzanie realizuje się w trybie lokalnie wsadowym. Informacja wejściowa przygotowana przez użytkownika przekazywana jest do ekspedycji, skąd po przeniesieniu jej na taśmę papierową, maszynowy nośnik informacji, kieruje się do EMC. Wyniki obliczeń wprowadzone na drukarkę znakowo-mozaikową przy EMC poprzez ekspedycję przekazywane są użytkownikowi. W tym trybie przetwarzania użytkownik wykorzystuje EMC w ROO w sposób pośredni. Czas realizacji zadań jest dłuższy. Ten tryb przetwarzania stosuje się przy realizacji zadań wymagających dużej ilości danych wejściowych i wytwarzających obszerną informację wynikową. W tym trybie przetwarzania mogą być również realizowane wszystkie inne zadania, gdy z jakichkolwiek powodów przetwarzanie w trybie wielodostępu jest niemożliwe.

Trzeci wiariant pracy zapewnia możliwość wykorzystania ROO użytkownikowi znajdującemu się na oddalonym punkcie pracy, np. ZSD, w trybie przetwarzania zdalnie-wsadowego.

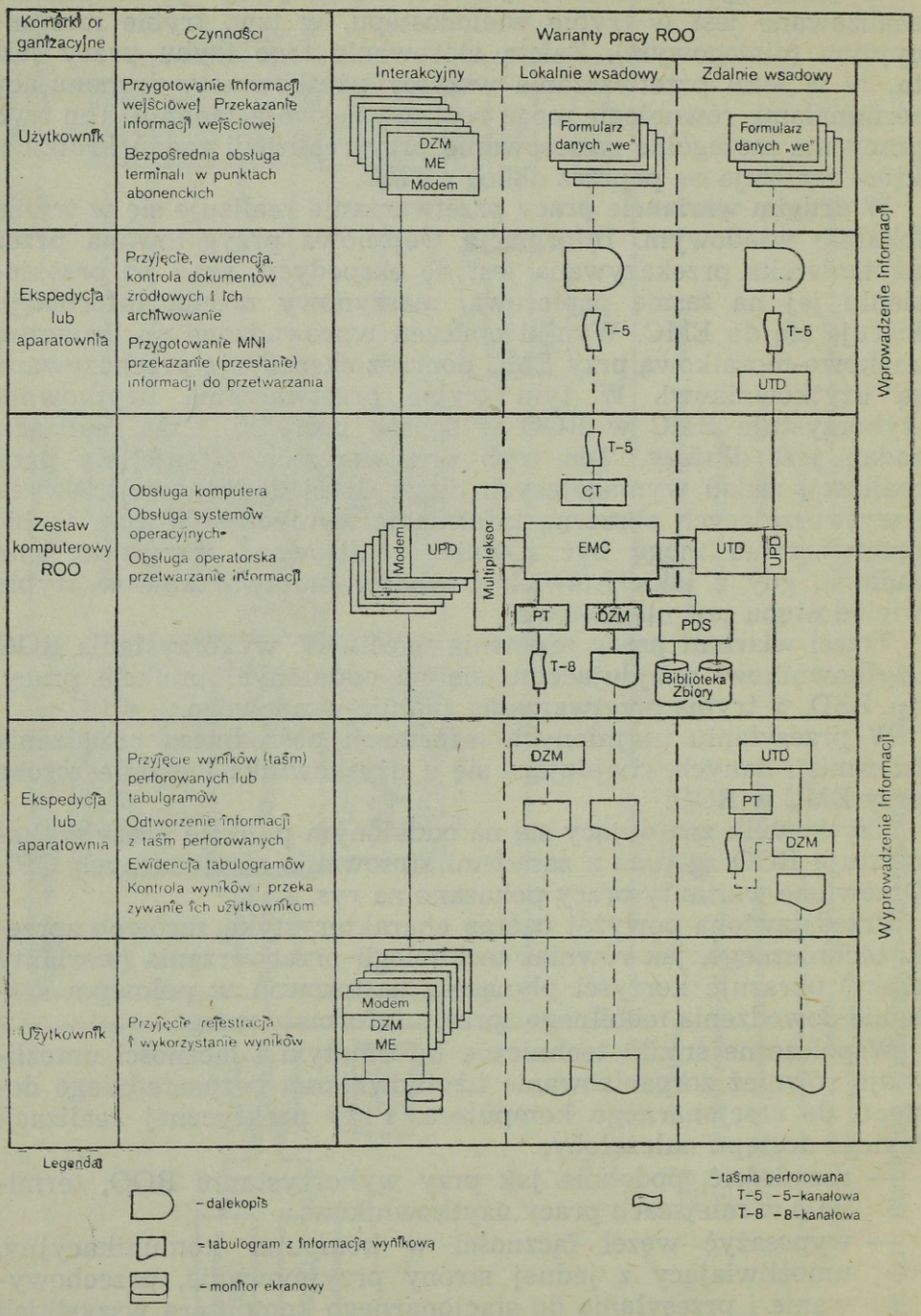
W przesyłaniu utajnionych informacji pośredniczą urządzenia transmisji danych, znajdujące się u użytkownika i rozmieszczone przy EMC w ROO.

Użytkownik znajdujący się na oddalonym punkcie pracy wykorzystuje ROO zgodnie z zasadami stosowania stacjonarnych OPI. Omówione warianty pracy pokazano na rys. 1.12.

Przedstawiona powyżej ogólna charakterystyka zarówno sprzętu technicznego, jak również technologii przetwarzania (warianty pracy) obrazuje korzyści płynące z zastosowań w polowym systemie dowodzenia mobilnego sprzętu informatycznego.

Współczesne środki techniczne informatyki i łączności umożliwiają również zorganizowanie użytkownikom bezpośredniego dostępu do stacjonarnego komputera. Przy praktycznej realizacji takiego dostępu należałoby:

— rozmieścić, podobnie jak przy wykorzystaniu ROO, terminale w miejscach pracy użytkowników;
— wyposażyć węzeł łączności w komputer komunikacyjny, umożliwiający z jednej strony przyjmowanie, przechowywanie i przesyłanie do stacjonarnego komputera wszystkich zgłoszeń użytkowników, a z drugiej strony zwrotne przyj-



Rys. 1.12. Warianty pracy ROO

mowanie i przesyłanie na terminale poszczególnych użytkowników wszystkich wyników obliczeń;
— zapewnić niezawodną wymianę informacji między stacjonarnym i komunikacyjnym komputerem.

Spełnienie tych wymagań, szczególnie ostatniego, jest stosunkowo trudne. Łatwiejsze w realizacji jest wykorzystanie ruchomych ośrodków obliczeniowych.

Zastosowanie ROO w informatycznym zabezpieczeniu pracy sztabów powoduje istotne zmiany w systemie dowodzenia, a mianowicie:

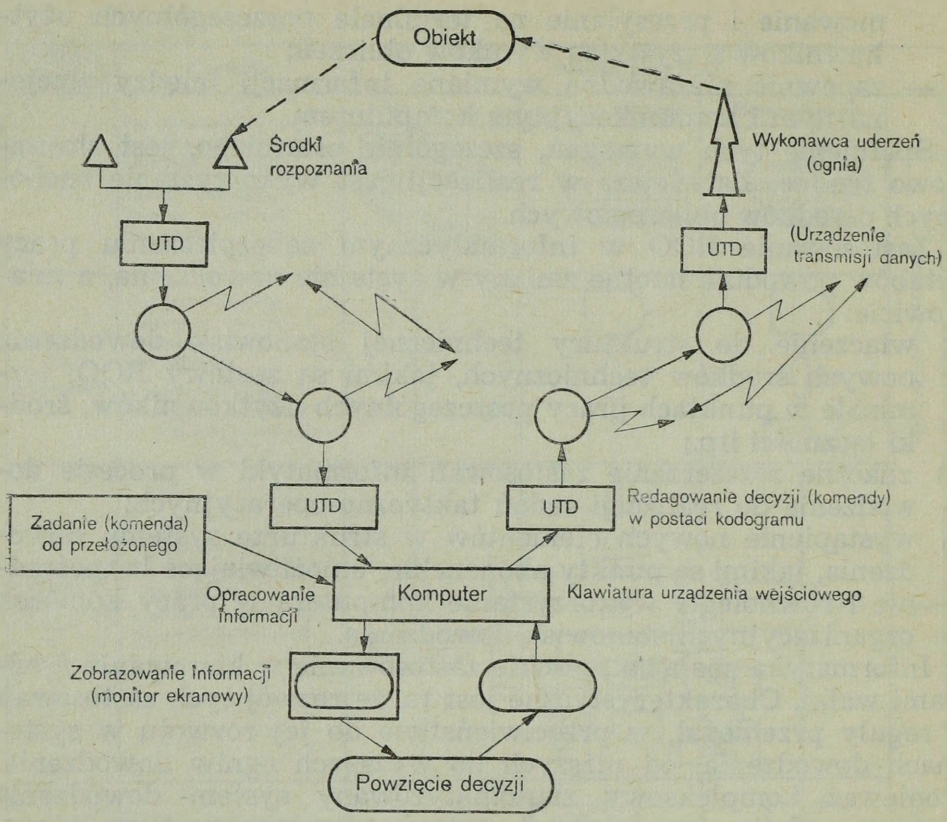
a) włączenie do struktury technicznej stanowisk dowodzenia nowych środków technicznych, jakimi są zestawy ROO, terminale w punktach pracy poszczególnych użytkowników, środki łączności itp.;
b) znaczne rozszerzenie zastosowań informatyki w procesie dowodzenia do realizacji zadań taktyczno-operacyjnych;
c) wystąpienie nowych elementów w strukturze systemu dowodzenia, jakimi są punkty abonenckie, umożliwiające bezpośrednie i równoległe wykorzystanie komputera w pracy komórek organizacyjnych stanowisk dowodzenia.

Informatyka znalazła szerokie zastosowanie w kierowaniu środkami walki. Charakterystyczne jest to, że rozwój tych zastosowań z reguły przebiegał, w przeciwieństwie do jej rozwoju w systemach dowodzenia, od niższych do wyższych ogniw dowodzenia. Ponieważ kompleksowy zautomatyzowany system dowodzenia powinien obejmować również zautomatyzowane systemy kierowania środkami walki, niezbędne staje się dokonanie chociażby krótkiej charakterystyki rozwoju zastosowań informatyki w tej dziedzinie. Najprostszy system kierowania środkami walki z zastosowaniem metod informatycznych przedstawiono na rys. 1.13.

Dane o wykrytym przez środki rozpoznania obiekcie przesyłane są do komputera, gdzie po ich opracowaniu i na podstawie wszystkich danych o możliwości użycia różnych środków walki, dokonuje się wyboru wykonawcy, przygotowuje dane i obrazuje wyniki obliczeń na monitorze ekranowym. Dowódca podejmuje decyzję o wykonaniu uderzenia, przekazuje ją za pomocą klawiatury urządzenia wejściowego do komputera, w którym następuje redagowanie komendy i przesłanie odpowiedniemu wykonawcy do realizacji.

W toku walki ogólnowojskowej wszelkie decyzje o wykonaniu uderzenia muszą być podporządkowane ogólnemu zamiarowi prowadzenia działań. Ma to tym większe znaczenie, im większa jest moc działania danego środka ogniowego.

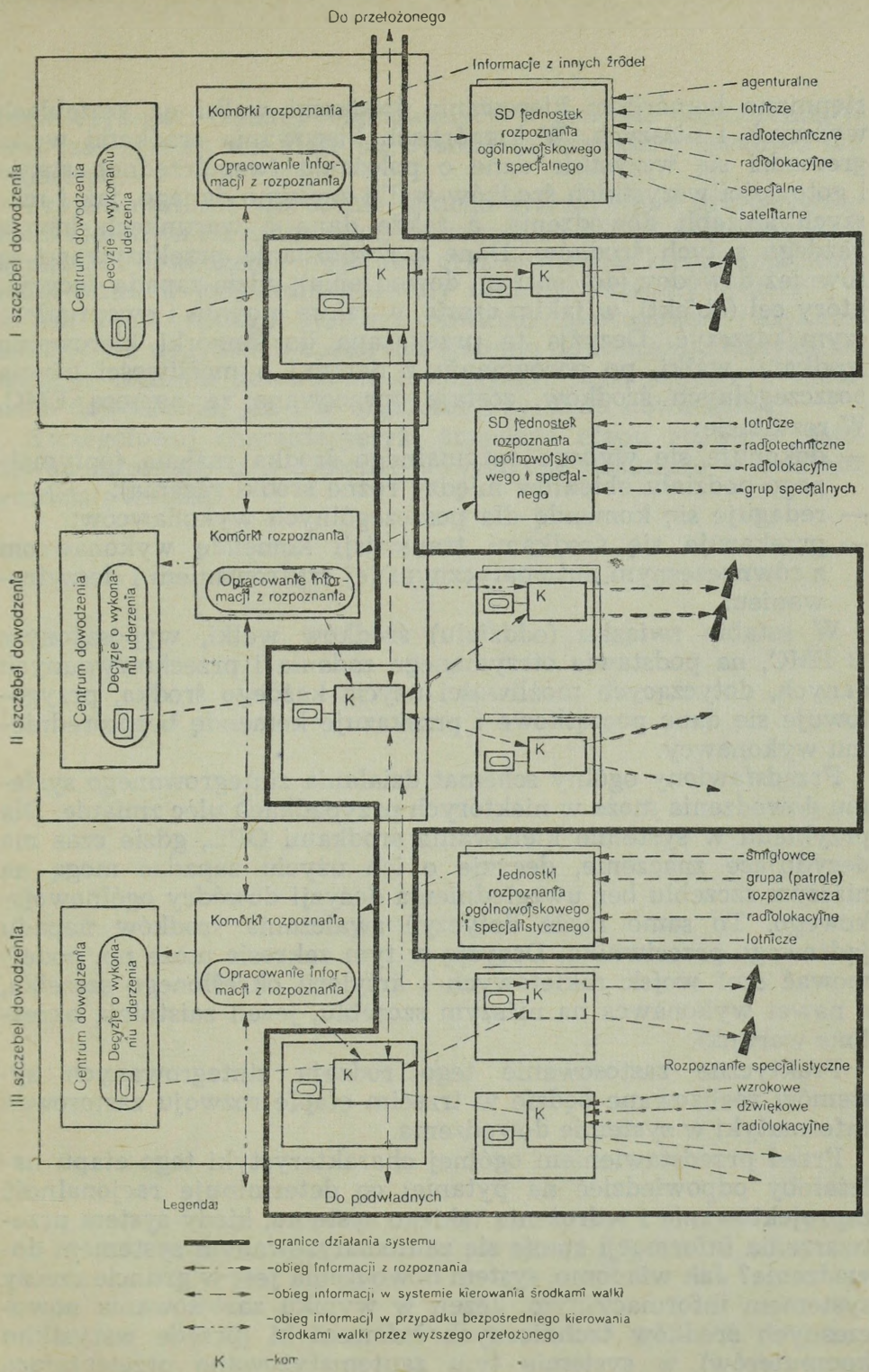
Bardzo często też duże znaczenie ma czas wykonania określo-



Rys. 1.13. Schemat systemu kierowania środkami walki z zastosowaniem środków i metod informatyki

nego uderzenia, który powinien być maksymalnie zgrywany z czasem działania innego rodzaju wojsk. Chodzi o to, aby efekty wykonanego uderzenia wykorzystać jeszcze przed ich zlikwidowaniem przez nieprzyjaciela. Stąd też decyzje o wykonaniu uderzenia powinny być podejmowane przez dowódcę ogólnowojskowego, a w niektórych przypadkach nawet przez jego wyższego przełożonego. Konieczna jest więc integracja systemu dowodzenia wojskami i systemu kierowania środkami walki w jeden zautomatyzowany system dowodzenia i kierowania.

Działanie takiego zintegrowanego systemu widzimy na rys. 1.14. Na każdym szczeblu dowodzenia prowadzi się rozpoznanie ogólnowojskowe oraz rozpoznanie specjalistyczne (na niektórych szczeblach). Wyniki rozpoznania ogólnowojskowego, po opracowaniu, przekazywane są komórce kierowania środkami walki na danym szczeblu dowodzenia, a także poprzez komórki rozpoznawcze udo-



Rys. 1.14. Ideowy schemat działania wieloszczeblowego zautomatyzowanego systemu kierowania ośrodkami walki

stępniane komórkom kierowania środkami walki na szczeblach wyższych i niższych. W komórkach kierowania środkami walki gromadzi się wszystkie dane o położeniu (współrzędne), stanie i gotowości wszystkich środków walki zarówno danego, jak i niższych szczebli dowodzenia, a także dane o warunkach użycia każdego z tych środków. Dane z rozpoznania przekazywane są również dowódcy (do centrum dowodzenia), gdzie zapada decyzja, który cel (obiekt), w jakim czasie, w jakim stopniu i ewentualnie czym niszczyć. Decyzja ta przekazana do komórki kierowania środkami walki, po porównaniu z danymi o możliwości użycia poszczególnych środków, zostaje opracowana za pomocą EMC. W rezultacie:

— dokonuje się wyboru optymalnego środka rażenia (optymalnego podziału obiektów między różne środki rażenia);
— redaguje się komendę dla poszczególnych wykonawców;
— przekazuje się środkami transmisji komendę wykonawcom z równoczesnym automatycznym jej szyfrowaniem i deszyfrowaniem.

W sztabie związku (oddziału) środków walki, wyposażonym w EMC, na podstawie otrzymanego zadania i przechowywanych danych, dotyczących możliwości użycia każdego środka, przygotowuje się dane początkowe i przekazuje komendę bezpośredniemu wykonawcy.

Przedstawiony ogólny schemat działania zintegrowanego systemu dowodzenia może w niektórych przypadkach ulec zmianie. Dla przykładu w systemie kierowania środkami OPL, gdzie czas ma decydujące znaczenie, decyzje o ich użyciu zapadać mogą na niższym szczeblu bez uwzględnienia decyzji dowódcy ogólnowojskowego. To samo może dotyczyć zwalczania środków napadu jądrowego przeciwnika. Decyzję w tym zakresie może np. podejmować szef wojsk rakietowych i artylerii określonego szczebla, a nawet wykonawca na niższym szczeblu, jeżeli zaistnieją określone warunki.

Praktyczne zastosowanie tego rodzaju zintegrowanych systemów realizowane będzie w trzecim etapie rozwoju zastosowań informatyki w systemie dowodzenia.

Przed przedstawieniem ogólnej charakterystyki tego etapu należałoby odpowiedzieć na pytanie: co determinuje racjonalność zaprojektowania i wdrożenia takiego systemu, kiedy system przetwarzania informacji stanie się zautomatyzowanym systemem dowodzenia? Jak wiadomo, system dowodzenia jest w gruncie rzeczy systemem informacyjnym. Jeżeli w wyniku zastosowania nowoczesnych środków technicznych informatyki (przede wszystkim komputerów) w systemie tym zautomatyzowano przeważającą

część czynności (zadań) realizowanych w procesie dowodzenia, to wówczas system ten staje się systemem zautomatyzowanym dowodzenia.

Projektowanie i wdrożenie takiego systemu jest przedsięwzięciem złożonym i kosztownym, które przynosi w efekcie integrację systemów dowodzenia wojskami oraz systemów kierowania środkami walki w jeden zintegrowany zautomatyzowany system.

Wdrożenie takiego systemu powinno spowodować radykalne zmiany we wszystkich obszarach systemu dowodzenia. Radykalnej zmianie techniki dowodzenia towarzyszyć będą zmiany w metodach dowodzenia, jak i w organizacji systemu dowodzenia.

Szczegółowej charakterystyki trzeciego etapu rozwoju zastosowań informatyki w systemie dowodzenia dokonano w ostatnim rozdziale książki.

2
WSPÓŁCZESNE ŚRODKI INFORMATYKI

2.1. Wprowadzenie

Środki informatyki obejmują zarówno środki techniczne, jak i środki programowe, a także środki organizacyjne. Im poświęcony został niniejszy rozdział. Poszczególne partie prezentowanego materiału nie spełniają z pewnością warunku rozłączności, gdyż we współczesnych systemach liczących trudno jest określić ścisłą granicę między oprogramowaniem (tzw. software) a techniką (tzw. hardware). Uwagę koncentrowano na tych problemach, które wydają się charakterystyczne dla obecnego stanu rozwoju środków informatyki. Ogólna charakterystyka współczesnych środków informatyki może stanowić punkt wyjścia dla rozważań na temat perspektyw automatyzacji systemów dowodzenia.

Przypomnijmy, że maszyna cyfrowa (komputer) jest urządzeniem technicznym służącym do przechowywania, przetwarzania i udostępniania informacji użytkownikom, przy czym wszystkie informacje przedstawione są w postaci ciągów liczb, zarejestrowanych za pomocą impulsów elektrycznych.*

Na budowie maszyn cyfrowych zaważyły dwie koncepcje. Pierwsza, to wprowadzona pojęciowo w 1936 roku przez A. Turinga abstrakcyjna maszyna cyfrowa, zwana maszyną Turinga. Struktura tej maszyny zawiera dwa zasadnicze elementy: nieskończenie długą w obu kierunkach taśmę, podzieloną na jednakowe części, zwane komórkami, oraz czytnik pozwalający na

* W maszynach cyfrowych liczby są reprezentowane przez ciągi sygnałów elektrycznych. Najczęściej wyróżnia się dwa stany sygnałów: istnienie sygnałów o określonej wielkości (np. +5 V) lub brak sygnału. Istnienie sygnału oznacza cyfrę 1, brak zaś sygnału cyfrę 0. Cyfry te nazywa się bitami, natomiast układ liczenia — binarnym (dwójkowym). Na przykład: liczba 123 w układzie binarnym będzie przedstawiona w postaci ciągu bitów: 1111011.

odbieranie symboli zapisanych na taśmie. Każda komórka taśmy może mieć zapisany w niej jeden z symboli, należących do pewnego skończonego słownika maszyny. Maszyna ma możliwość odbierania symbolu jednocześnie tylko z jednej komórki taśmy.*

Druga koncepcja legła już u podstaw budowy współczesnych systemów liczących. Autorem jej był w 1946 r. J. von Neumann. Podstawowe cechy koncepcji von Neumanna są następujące: **

- komputer jest wyposażony w pojedynczą pamięć „liniową", czyli urządzenie służące do przechowywania informacji, składającą się z kolejno ponumerowanych rejestrów, nazywanych komórkami;
- każda komórka pamięci jest jednoznacznie indentyfikowana za pomocą jej numeru nazywanego adresem;
- zawartość komórki pamięci, czyli tzw. słowo maszynowe jest interpretowane bądź jako rozkaz, bądź jako dane, w zależności od tego, czy zostanie załadowane do rejestru rozkazów, czy też do rejestrów arytmetycznych;
- program składa się z ciągu rozkazów zajmujących kolejne komórki pamięci, co odpowiada kolejności ich wykonywania; ***
- program i dane zajmują odrębne obszary w pamięci;
- rozkaz składa się z dwóch pól funkcyjnych: kodu operacji i adresu argumentu w pamięci;
- do sterowania pobieraniem kolejnych rozkazów programu służy specjalny licznik, zwany licznikiem rozkazów, zmianę zaś sekwencji rozkazów można uzyskać tylko przez wykonanie rozkazu skokowego;
- arytmometr, czyli urządzenie, w którym wykonywane są operacje, składa się z jednostki arytmetyczno-logicznej (tzw. sumatora) i rejestru akumulatora adresowanego w kodzie operacji;
- sterowanie operacji wejścia-wyjścia jest bezpośrednie, czyli realizowane przez sterowanie procesora centralnego.

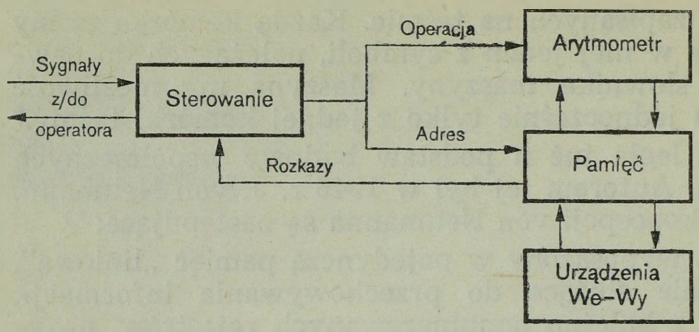
Ogólnie biorąc, zespoły funkcjonalne maszyny cyfrowej (rys. 2.1) można podzielić na cztery grupy:

- pamięciowe — przeznaczone do przechowywania danych;

* *Mały słownik cybernetyczny*. WP, Warszawa 1973 r.

** A. Stokalski: *Budowa i projektowanie systemów komputerowych*. Architektura systemów komputerowych. WAT, Warszawa 1981 r.

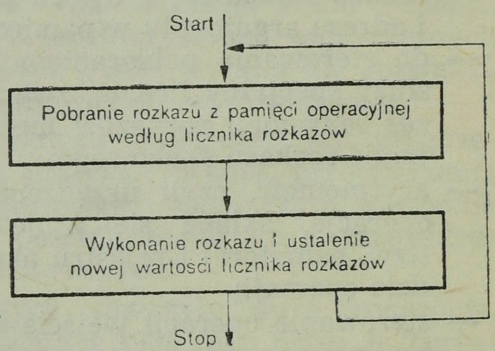
*** Programem określa się algorytm (przepis określający proces przekształcenia danych początkowych rozwiązywanego problemu w dane wyjściowe, rezultaty), w którym poszczególne operacje zapisane są w danym języku programowania, zgodnie z regułami składniowymi tego języka.



Rys. 2.1. Uproszczony schemat blokowy maszyny cyfrowej

— operacyjne — przeznaczone do przekształcania danych podawanych z układów pamięciowych;
— przesyłowe — przeznaczone do przesyłania danych między układami pamięciowymi a operacyjnymi;
— sterujące przepływami danych między układami pamięciowymi a operacyjnymi.

Praca maszyny cyfrowej, polegająca na realizowaniu kolejnych rozkazów programu, obejmuje po sobie występujące cykle (rys. 2.2). Jeden cykl pracy maszyny odpowiada realizacji jednego



Rys. 2.2. Cykl pracy maszyny cyfrowej

rozkazu i ustaleniu, który rozkaz ma być wykonany jako następny. Wykonuje to określony układ sterujący, który generuje odpowiednie sygnały.

Przypomnijmy, że w chwili rozpoczęcia pracy w pamięci komputera znajduje się program, który ma być wykonany. Rozkazy programu umieszczone zostały w kolejnych komórkach pamięci. W chwili rozpoczęcia realizacji rozkazu w liczniku rozkazów zostanie zapisany adres pierwszego rozkazu. Cykl pracy komputera jest następujący:

1. Odczytanie rozkazu.
   Słowo zapisane w pamięci pod adresem pierwszego rozkazu zostaje przesłane do rejestru rozkazów urządzenia sterującego, gdzie zostaje rozpoznany rodzaj operacji oraz następuje określenie argumentu (argumentów) tej operacji.
2. Wykonanie odczytanego rozkazu.
3. Przygotowanie następnego rozkazu do odczytania.
   Jeśli wykonany rozkaz był rozkazem skoku, to w liczniku rozkazów zostanie zapisany adres następnego rozkazu do wykonania, podany w części adresowej zrealizowanego rozkazu. W przeciwnym wypadku poprzednia zawartość licznika rozkazów zostanie zwiększona o jeden.
4. Sprawdzenie, czy jest to rozkaz — STOP.
   Jeśli tak, to następuje zakończenie pracy komputera, jeśli nie — następuje powtórzenie wymienionego ciągu czynności.

Podczas realizacji cyklu pracy komputera zadaniem procesora centralnego jest pobranie z pamięci kolejnego rozkazu do wykonania, pobranie argumentów potrzebnych do wykonania rozkazu i wreszcie wykonanie rozkazu. Zadanie to wykonuje procesor na podstawie słów, które określają:

1) kod operacji (np. ADD — dodaj, SUB — odejmij, MUL — pomnóż);
2) adresy argumentów i wyniku;
3) adres następnego rozkazu do wykonania.

Na przykład dla komputera 3 + 1 — adresowego rozkaz

ADD, X, Y, Z, W

oznacza: „dodaj zawartość komórki X do zawartości komórki Y, wynik umieść w komórce Z i pobierz następny rozkaz z komórki W".

Wykonanie zatem rozkazu dla jednej z czterech operacji arytmetycznych polega na:

1) pobraniu z pamięci do arytmometru pierwszego argumentu operacji;
2) pobraniu z pamięci do arytmometru drugiego argumentu operacji;
3) wykonanie w arytmometrze operacji na tych argumentach;
4) przesłanie wyniku z arytmometru do pamięci.

Oprócz 3 + 1 — oraz 3-adresowych komputerów budowano maszyny: 2 + 1-adresowe (bez licznika rozkazów), 2-adresowe (z licznikiem rozkazów), 1 + 1-adresowe (bez licznika rozkazów), 1-adresowe (z licznikiem rozkazów), a także maszyny bezadreso-

we *. Największe praktyczne zastosowanie znalazły maszyny 1-adresowe, które zapewniają najbardziej ekonomiczne wykorzystanie pamięci, wymagają niezbyt skomplikowanego urządzenia sterującego i tylko niewiele ustępują maszynom wieloadresowym w szybkości działania.

Rozwój technologiczny spowodował, że na początku lat 60-tych koncepcja maszyny von Neumanna utraciła swe znaczenie. Nową już organizację komputera charakteryzują następujące cechy:

— blokowa budowa pamięci operacyjnej, w której każdy blok pamięci ma własny rejestr adresowy, rejestr danych oraz układy odczytu-zapisu;
— wieloakumulatorowy procesor ściśle sekwencyjny z układami ochrony pamięci, niezbędnymi do pracy wieloprogramowej;
— wydzielone autonomiczne układy do sterowania przesyłaniem danych między pamięcią operacyjną a urządzeniami zewnętrznymi, nazywane kanałami zewnętrznymi;
— wydzielony układ koordynujący dostęp do pamięci operacyjnej zarówno ze strony procesora, jak i kanałów zewnętrznych;
— istnienie układów tzw. przerwań, umożliwiających pracę wieloprogramową oraz synchronizację operacji wejścia-wyjścia i procesów obliczeniowych.

Zmiany w organizacji maszyn cyfrowych spowodowały znaczny wzrost ich wydajności, a więc i pełniejsze zaspokojenie potrzeb i wymagań użytkowników. Wzrosła zatem efektywność środków informatyki.

Techniczne środki informatyki obejmują wzajemnie funkcjonalnie powiązane urządzenia techniczne, realizujące funkcje: pamięciowe, operacyjne, przesyłowe i sterujące. Pamięć operacyjna, arytmometr i sterowanie stanowią najistotniejszą część sprzętu informatycznego, tzw. jednostkę centralną (zwaną często procesorem centralnym). Oprócz nich wyróżnia się urządzenia wejścia-wyjścia (do wprowadzania i wyprowadzania danych), zewnętrzne urządzenia pamięciowe (tzw. pamięci masowe), sprzęt komunikacyjny (teleinformatyczny) i maszynowe nośniki informacji.

Z kolei programowe środki informatyki obejmują, oprócz oprogramowania użytkowego (realizuje określone zadania użyt-

* Maszynami 2-adresowymi są maszyny *IBM* serii 360 i Jednolitego Systemu. W maszynach tych jeden adres wskazuje miejsce, z którego ma być pobrany jeden argument operacji, a drugi — miejsce, z którego ma być pobrany drugi argument i w którym, jednocześnie, ma być pozostawiony wynik. Maszynami 1-adresowymi są maszyny cyfrowe serii *ODRA-1300*.

kowników), tzw. oprogramowanie podstawowe, w skład którego wchodzi: oprogramowanie operacyjne (programy nadzorcze, systemy operacyjne), oprogramowanie organizacyjne, oprogramowanie translacyjne, oprogramowanie „proceduralne" (gotowe procedury) i oprogramowanie techniczne.

Natomiast środki organizacyjne obejmują sposoby i metody efektywnego wykorzystania zasobów technicznych i programowych maszyny cyfrowej przez określony zespół ludzi.

Współczesne systemy liczące (cyfrowe) stanowią zintegrowany kompleks technicznych, programowych i organizacyjnych środków informatyki, zapewniający efektywną realizację zadań użytkowników. Rozwój informatyki określony jest przez rozwój wszystkich podstawowych elementów systemów liczących.

2.2. Technologie układów elektronicznych

W powszechnie obecnie stosowanej klasyfikacji maszyn cyfrowych używa się pojęcia generacji technologicznej. Ewolucję maszyn cyfrowych rozpatruje się jako przejście od jednej do drugiej generacji technologicznej, czyli po prostu od jednego do drugiego typu technologii podstawowych układów, charakteryzujących elektroniczną część sprzętu.

Wyróżnia się następujące generacje:

— zerową, tzw. elektromechaniczną (np. *MARK-1*);
— pierwszą — na lampach elektronowych (np. *ENIAC, EDSAC, BESM, URAL, ZAM-2, UMC-1*);
— drugą — na półprzewodnikach dyskretnych (np. *IBM-7090, ODRA-1204, ODRA-1304*);
— trzecią — na monolitycznych układach scalonych (*IBM-360, ICL-4, ODRA-1305*);
— czwartą — na układach wielkiej skali integracji.

Zmiany generacji technologicznych wyrażają postęp, jaki zaistniał w wyniku przejścia od klasycznej elektroniki lat czterdziestych do mikroelektroniki drugiej połowy lat siedemdziesiątych. Postęp w elektronice wyznaczają przede wszystkim takie zdarzenia, jak: wynalezienie tranzystora (1947 r.), zastosowanie go do zbudowania pierwszych układów scalonych (1958 r.) oraz szybki wzrost skali integracji układów scalonych — od układów SSI (mała skala integracji — lata sześćdziesiąte) poprzez układy MSI (średnia skala integracji — koniec lat sześćdziesiątych), aż do obecnych układów LSI (wielka skala integracji).*

* H. Przewłocki: *Technologia wytwarzania układów scalonych wiel-*

Szczególną uwagę przywiązuje się do układów scalonych, które zapoczątkowały tzw. mikroelektronikę, czyli „... dziedzinę nauki i techniki, zajmującą się zminiaturyzowanymi układami elektronicznymi, realizowanymi w postaci scalonej przy całkowitym lub częściowym braku elementów indywidualnych (dyskretnych *). Pierwszym laboratoryjnym układem scalonym był przerzutnik (dwa tranzystory, dwa kondensatory, osiem rezystorów) wykonany w krysztale krzemu o powierzchni 5 × 2,5 mm. Wykonany został w 1958 r. przez J. Kilby z firmy „Texas Instruments".

Przypomnijmy, że układ scalony, to mikrominiaturowy układ elektroniczny, charakteryzujący się tym, że wszystkie lub część elementów wraz z połączeniami są wykonane nierozłącznie (w sensie możliwości demontażu) w jednym cyklu technologicznym wewnątrz lub na powierzchni wspólnego podłoża. Układ scalony ma obudowę hermetyczną, chroniącą go przed wpływem czynników mechaniczno-klimatycznych. W zależności od zastosowań układy scalone dzieli się na cyfrowe i analogowe.

Pod względem cech technologiczno-konstrukcyjnych rozróżnia się układy scalone:

— półprzewodnikowe (monolityczne), czyli układy, w których zarówno elementy czynne, jak i bierne są ukształtowane w monolitycznej płytce półprzewodnikowej za pomocą odpowiednich procesorów fizykochemicznych, przy czym przejście od jednego elementu do drugiego odbywa się z zachowaniem ciągłości mechanicznej kryształu, a zmienia się tylko struktura fizykochemiczna materiału;

— warstwowe, czyli układy, w których elementy bierne są wytworzone w postaci warstw różnych materiałów, naniesionych w wyniku odpowiednich procesorów fizykochemicznych na biernym podłożu izolacyjnym, natomiast elementy czynne (półprzewodnikowe) są dolutowane.

Półprzewodnikowe układy scalone dzieli się na:

— bipolarne, które wytwarza się wyłącznie w podłożu krzemowym technologią epiplanarną **:

— unipolarne, także wytwarzane w krzemie technologią epiplanarną, które można nazywać układami scalonymi MIS (**Metal Insulator Semiconductor** — struktura: metal — dielektryk — półprzewodnik) lub MOS (**Metal Oxide Semiconductor** — struktura: metal — tlenek — półprzewodnik).

kiej skali integracji. Stan i perspektywy rozwoju. „Elektronizacja", zeszyt 11, WKiŁ, Warszawa 1980 r.

* W. Marciniak: *Przyrządy półprzewodnikowe i układy scalone.* WNT. Warszawa 1979 r.

** Por. W. Marciniak, wyd. cyt.

Układy scalone warstwowe dzieli się na:
— cienkowarstwowe, wytwarzane metodami nanoszenia w próżni cienkich warstw przewodzących, rezystancyjnych i dielektrycznych na bierne podłoże izolacyjne (mają zatem budowę hybrydową);
— grubowarstwowe, wytwarzane przez nanoszenie metodą sitodruku warstw przewodzących, rezystancyjnych i dielektrycznych na bierne podłoże izolacyjne.

W tabeli 2.1 porównano podstawowe właściwości układów

Tabela 21

Właściwości poszczególnych technologii układów scalonych

Właściwości	Układy scalone		
	półprzewodnikowe	cienkowarstwowe	grubowarstwowe
Nakłady na uruchomienie produkcji	duże	średnie	małe
Ekonomicznie opłacalna długość serii	duża (100 tys.)	średnia (5 tys.)	(1 tys.)
Cena układów	bardzo mała	duża	średnia
Niezawodność	duża	duża	średnia
Gęstość upakowania	bardzo duża	średnia	mała
Zakresy nominalnych wartości rezystorów i kondensatorów	małe	średnie	duże
Tolerancje elementów	dostateczne	bardzo dobre	dobre
Stałość temperaturowa	dostateczna	bardzo dobra	dobra
Zakres częstotliwości pracy	duży	bardzo duży	duży
Maksymalna moc rozpraszana	średnia	średnia	duża

Źródło: W. Marciniak. wyd. cyt.

scalonych półprzewodnikowych, cienkowarstwowych i grubowarstwowych.

W zależności od stopnia rozbudowania układy scalone dzieli się na:
— SSI **(Small Scale Integration)** — o małym stopniu scalenia, tj. do dziesięciu komórek elementarnych w jednej mikropłytce (lub układ zawierający do 11 równoważnych bramek logicznych);
— MSI **(Medium Scale Integration)** — o średnim stopniu scalenia, tj. od 10 do 100 elementów (lub układ zawierający od 12 do 100 równoważnych bramek logicznych);
— LSI **(Large Scale Integration)** — o dużym stopniu scalenia,

tj. powyżej 100 elementów (lub układ zawierający 100 lub więcej równoważnych bramek logicznych).

W wytwarzanych obecnie układach scalonych LSI stosuje się przede wszystkim różne technologie MOS, rzadziej zaś układy bipolarne. Wynika to z takich zalet technologii MOS, jak: możliwość uzyskania znacznie większej gęstości upakowania układu * i mniejsza liczba krytycznych operacji w cyklu technologicznym. Powoduje to na ogół niższy koszt układu MOS w przeliczeniu na jedną bramkę logiczną niż odpowiedniego układu bipolarnego. Te ostatnie charakteryzuje jednak większa szybkość działania.

Porównanie podstawowych właściwości poszczególnych technologii przedstawiono w tabeli 2.2.

Tabela 2.2

Porównanie niektórych właściwości technologii stosowanych w produkcji układów LSI

	Opóźnienie propagacji na bramkę [ms]	Iloczyn opóźnienia propagacji i mocy na bramkę [pJ]	Typowa gęstość upakowania elementów na mm^2	Liczba niezbędnych procesów dyfuzji (implantacji)	Liczba procesów maskowania	Maksymalne wymiary struktury [mm^2]	Stosowana od roku	Typowe zastosowania (obecnie)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
MOS bramka Al, kanał *p*	80	450	150	1—3	4—6	7 × 7	1967	kalkulator
MOS, bramka Si, kanał *p*	30	145	270	2—3	5—7	6,5 × × 6,5	1969	pamięci
MOS, bramka Si, kanał *n*	15	25	300	3	6—7	6 × 6	1973	pamięci
MOS, bramka Si, obciąż. zubażane kanał *n*	8	16	320	3—4	6—7	6 × 6	1973	mikroprocesor
CMOS bramka Al	12	1	180	3—5	7—8	6 × 6	1970	zegarek

* Wyjątek stanowi technologia bipolarna I^2L, umożliwiająca osiągnięcie wielu zalet charakterystycznych dla układów bipolarnych, przy wielkiej gęstości upakowania, charakterystycznej dla układów MOS (np. 4-kbitowa pamięć dynamiczna RAM o wymiarach 2,57 × 2,95 mm wyprodukowana przez firmę FAIRCHILD).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
SMOS-SOS	2	0,1	650	2—5	5—8	5×5	1974	układy profesjonalne i specjalne
MOS, podwójna bramka Si, kanał *n*	10	35	525	2—4	7—9	6×6	1976	pamięć dynamiczna RAM 16 kbit
HMOS	2	2	>1000	4	7	5×5	1977	pamięć statyczna RAM 4 kbit
DMOS	2	2	>1000	2—3	5—7	5×5	1972	pamięci
VMOS	2	2	>1000	3	7	5×5	1977	pamięć statyczna RAM 4 kbit
CCD			>1000 30 bramek	0—2	2—6	7×7	1972	pamięć dynamiczna CCD 64 kbit
TTLS, TTLLS	3—10	20—60	na mm² 30 bramek	4	7		1970	mikroprocesor
ECL	1	50	na mm²	4—5	8—9		1966	mirkoprocesor
CDJ	5	10		3—4	5—6	5×5	1970	mikroprocesor, układy cyfrowo-analogowe
I^2L	5	1	>1000	3—4	5—7	7,7× ×7,8	1975	mikroprocesor, pamięci

Źródło: H. Przewłocki: *Technologia wytwarzania układów scalonych wielkiej skali integracji.* Stan i perspektywy rozwoju. Elektronizacja, z. 11, 1980 r.

Wśród perspektywicznych kierunków rozwoju technologii układów scalonych LSI uwagę zwracają te, które pozwalają uzyskiwać wzrost skali integracji poprzez miniaturyzację elementów układów, oraz te, które proponują rozwiązania na podstawie nowych koncepcji działania komórek podstawowych układu. Do pierwszej grupy zalicza się np. układy H-MOS i układy V-MOS*. Technologia H-MOS stosowana jest i rozwijana w firmie INTEL, z zamiarem wykorzystania jej w produkcji układów VLSI. Sta-

* H-MOS jest strukturą MOS z elementami o zredukowanych wymiarach, a V-MOS jest strukturą MOS z wgłębieniem w kształcie V.

nowi ulepszenie konwencjonalnej technologii układów MOS z kanałem *n* i bramką krzemową, sprowadzające się m.in. do redukcji wymiarów. Stosowanie jej nie wymaga obecnie opracowywania nowych procesów technologicznych, jednak pożądana jest precyzja procesów fotolitograficznych bliska kresowi możliwości w tej dziedzinie.

Technologia V-MOS wydaje się być szczególnie perspektywiczna w zastosowaniu do układów VLSI, a w szczególności w zastosowaniu do układów logicznych (np. do jednoukładowych mikrokomputerów).

Podstawową zaletą V-MOS jest możliwość uzyskiwania układów o bardzo wielkiej gęstości upakowania, zawierających tranzystory MOS z krótkim kanałem, natomiast wadą jest skomplikowany proces wytwarzania układów.

Wśród rozwiązań z zastosowaniem nowych koncepcji działania komórek podstawowych układu wyróżnia się układy I^2L i układy CCD. Układy I^2L należą do grupy układów biopolarnych, umożliwiających osiągnięcie wielu zalet charakterystycznych dla tych układów, przy jednocześnie wielkiej gęstości upakowania, charakterystycznej dla układów MOS. Nowość polega głównie na jednoczesnym wykorzystaniu w układzie tranzystorów (bipolarnych) pionowych i tranzystorów bocznych (tzw. lateralnych). Firma **Fairchild** wprowadza do produkcji 16-kbitową pamięć dynamiczną RAM, charakteryzującą się czasem dostępu ok. 100 ns i powierzchnią układu 16,3 mm^2. Ta sama firma zamierza wprowadzić 64-kbitową pamięć dynamiczną RAM. Zasadniczą zaletą tych układów jest duża szybkość działania, przy dużej gęstości upakowania.

W układach CCD, czyli tzw. układach o sprzężeniu ładunkowym, podstawowym elementem jest nie tranzystor, lecz kondensator MOS. Układy te pozwalają uzyskiwać największą gęstość upakowania z osiągniętych dotychczas w układach scalonych półprzewodnikowych. Z tych powodów znajdują zastosowanie przede wszystkim w urządzeniach pamięciowych (np. dostępne są już w pamięci CCD o pojemności 256 kbitów). Jednakże pamięci CCD są znacznie wolniejsze od innych pamięci półprzewodnikowych.

Przypomnijmy, że podstawowymi układami logicznymi są układy realizujące funkcje NAND (negacja iloczynu logicznego) i NOR (negacja sumy logicznej). Nazywa się je bramkami logicznymi. Porównując technologie bramek logicznych stwierdza się, że: *

— największe szybkości działania uzyskuje się w układach wykonanych techniką ECL;

* W. Marciniak, wyd. cyt.

— najmniejszy pobór mocy mają układy MOS (szczególnie CMOS) oraz I^2L;
— najmniejsze powierzchnie struktury bramki logicznej (największe gęstości upakowania) i największy stopień scalenia uzyskuje się w technice MOS oraz I^2L;
— największe marginesy zakłóceniowe uzyskuje się w technice MOS (szczególnie CMOS).

Wszystkie złożone układy cyfrowe mogą być w zasadzie tworzone z podstawowych bramek logicznych NAND lub (i) NOR.

Układy scalone w ostatnich kilkunastu latach były podstawowym stymulatorem rozwoju elektroniki, a więc i rozwoju współczesnych systemów liczących. Dominującą tendencją rozwoju układów scalonych jest wzrost skali ich integracji, a także poprawa parametrów technicznych i ekonomicznych układów elektronicznych stosowanych w komputerach. Wzrost skali integracji realizowany jest przede wszystkim przez: miniaturyzację elementów układu, doskonalenie koncepcji struktury układu, wzrost powierzchni struktury układu.

Spowodowało to rozwój technologii wytwarzania, który prowadzi do uzyskania układów zawierających ponad 10^6 elementów.

2.3. Urządzenia pamięciowe

Rozwój EMC zależy w znacznym stopniu od rozwoju urządzeń do przechowywania informacji, który z kolei wyraża zaspokojenie potrzeb społecznych w dziedzinie gromadzenia olbrzymich ilości informacji i operatywnego ich wykorzystania. Postęp w dziedzinie technologii wytwarzania układów elektronicznych musiał zatem wywołać zmiany w technologii i organizacji urządzeń komputerowych, zwanych pamięciami. Zmiany te obejmują wiele różnych rozwiązań technicznych w okresie ostatnich niemal czterdziestu lat, poczynając od pamięci skonstruowanych za pomocą linii opóźniających, wykorzystujących zjawiska akustyczne, magnetostrykcyjne, piezoelektryczne itp., do współczesnych pamięci wykorzystujących takie zjawiska, jak: półprzewodnictwo, nadprzewodnictwo, holografia itp. Dążono do zbudowania takich urządzeń pamięciowych, które charakteryzowałyby się możliwie największą pojemnością i szybkością działania, a zarazem możliwie najniższymi kosztami ich wytwarzania.

Pamięcią systemów liczących nazywać będziemy urządzenia służące do przechowywania informacji, zgodnie z wymaganiami i potrzebami użytkowników, pozwalające na automatyczny dostęp do dowolnych zapisanych w tym urządzeniu informacji. Najogól-

niej urządzenia pamięciowe dzieli się na: pamięci operacyjne i zewnętrzne.

Pamięć umożliwia pamiętanie informacji w postaci słów binarnych (tzn. zapisanych w systemie dwójkowym). Zapamiętane informacje mają standardową długość, tworząc słowa zwane słowami maszynowymi.* Pamięć można traktować jako zbiór rejestrów, z których każdy wyposażony jest w identyfikator (numer), zwany adresem. Pamięć operacyjna składa się z pewnej liczby rejestrów, z których każdy ma długość słowa maszynowego oraz wyjścia informacyjne, wejścia informacyjne i wejścia adresowe. Działanie jej polega na wykonywaniu operacji odczytu i zapisu.** Podczas operacji odczytu na wyjściu informacyjnym ukazuje się słowo maszynowe, przechowywane w miejscu pamięci, którego adres został podany na wejście adresowe, natomiast podczas operacji zapisu słowo maszynowe podane na wejście informacyjne zapamiętane zostaje w miejscu pamięci, którego adres podany został na wejście adresowe. W pamięci operacyjnej przechowywane są dane, podlegające przetwarzaniu oraz program, określający działanie maszyny. Dane mogą mieć postać liczb lub ciągów znaków alfanumerycznych przechowywanych w pamięci w postaci słów maszynowych. Program ma natomiast postać ciągu rozkazów, z których każdy jest oddzielnym słowem maszynowym i określa czynność wykonywaną przez maszynę.

Najczęściej używanymi pamięciami zewnętrznymi są układy wykorzystujące w charakterze nośnika informacji materiały magnetyczne (np. pamięci taśmowe, dyskowe, bębnowe). Działanie tych pamięci polega na tworzeniu miejscowych zmian stanu namagnesowania powierzchni magnetycznej odpowiednio do zapisywanej informacji binarnej. Zmiany wywołuje się za pomocą tzw. głowic magnetycznych, które w zależności od prądu sterującego w uzwojeniu tworzą zmienne, lokalne pole magnetyczne nad przesuwającym się nośnikiem. Przy zapisie zmiany pola magnetycznego powodują trwałe, lokalne zmiany namagnesowania na powierzchni nośnika. Podczas odczytu głowica przesuwając się względem powierzchni nośnika, na której została zapisana

* Np. w maszynach systemu *ODRA-1300* przyjęto słowo 24 — bitowe dla informacji oraz dodatkowo jeden bit dla celów kontroli (tzw. bit nieparzystości) poprawności zapisu lub odczytu informacji z pamięci operacyjnej. Bity ponumerowane są od 0 do 23. Słowa maszynowe zapisywane w pamięci mogą przedstawiać zarówno liczby, jak i rozkazy.

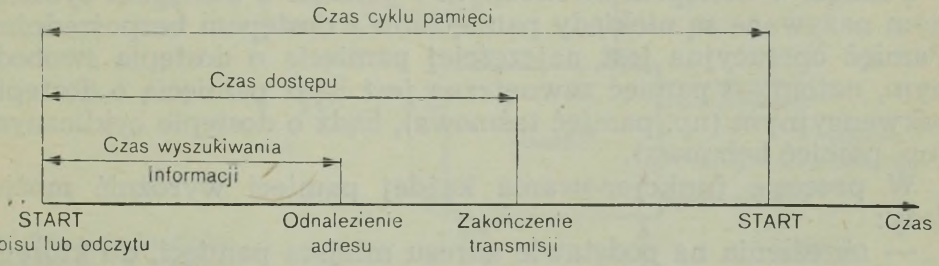
** W najpopularniejszych do niedawna pamięciach operacyjnych na rdzeniach ferrytowych elementarnym układem pamiętającym jest toroidalny rdzeń ferromagnetyczny o prostokątnej pętli histerezy. Dwu stanom stabilnym rdzenia przyporządkowane jest pamiętanie odpowiednio „jedynki" logicznej i „zera" logicznego.

informacja, ulega działaniu zmiennego pola magnetycznego od naniesionej na nośnik informacji. Zmienne pole magnetyczne powoduje indukowanie się w uzwojeniu głowicy sygnałów odczytu, odpowiednich do zapisanej informacji. Pracę pamięci magnetycznej może zainicjować komputer poprzez przesłanie do sterowania pamięci informacji sterujących, które określają rodzaj pracy pamięci (PISZ, CZYTAJ lub SZUKAJ).

Do podstawowych parametrów pamięci należą: *

a) pojemność, tj. ilość przechowywanej informacji, określona przez podanie liczby komórek pamięci i liczby elementów w komórce (najczęściej — liczbę komórek zastępuje liczba słów lub bajtów), a liczbę elementów — liczba bitów w słowie (np. 32 k-słów 24-bitowych);

b) szybkość działania, wyrażana przez (rys. 2.3):



Rys. 2.3. Czasy charakteryzujące szybkość działania

— czas dostępu, tj. czas, jaki upływa między żądaniem odczytu z pamięci a otrzymaniem zawartości zaadresowanej komórki na wyjściu pamięci;
— czas cyklu, tj. najkrótszy czas, jaki musi upłynąć między dwoma kolejnymi i bezwzględnymi zwróceniami się do pamięci **;
— szybkość rejestracji (transmisji), tj. częstotliwość ukazywania się danej porcji informacji na wyjściu pamięci (w bitach lub bajtach na sekundę) ***;

c) moc pobierana ze źródła zasilania oraz cena jednostki przechowywanej informacji.

* A. Skorupski: *Pamięci maszyn cyfrowych.* PWN, Warszawa 1980 r.
** Czas dostępu i czas cyklu określa się dla pamięci, w których odczytywana zawartość komórki ukazuje się na wyjściu, równolegle, tj. wszystkie bity danej komórki ukazują się na wyjściu jednocześnie.
*** Określa się dla pamięci, których komórki zawierają więcej niż jedno słowo.

Ze względu na zależność czasu dostępu do miejsca zapisania informacji w pamięci rozróżnia się pamięci o dostępie: *

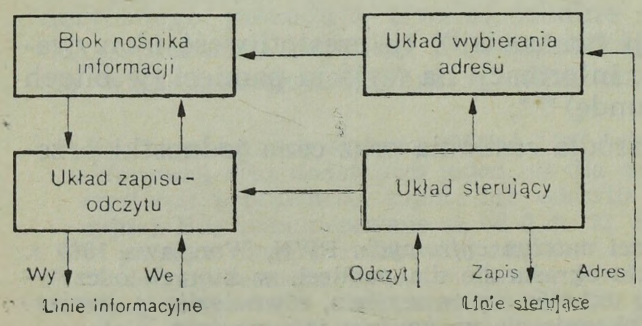
— swobodnym, w których czas dostępu jest całkowicie niezależny od miejsca zapisania informacji;
— sekwencyjnym, w których czas dostępu w zasadniczy sposób zależy od miejsca zapisania informacji;
— cyklicznym, w których choć istnieje zależność czasu dostępu od miejsca zapisania informacji, to jednak nie jest ona tak krytyczna, jak w przypadku pamięci o dostępie sekwencyjnym;
— asocjacyjnym, która nie jest pamięcią adresowaną przez wskazanie adresu, lecz jest pamięcią adresowaną zawartością, tzn. informację można wybrać nie tylko przez podanie jej adresu, ale także przez podanie pewnych cech przechowywanej informacji.

Pamięci z dostępem swobodnym i pamięci z dostępem cyklicznym nazywane są niekiedy pamięciami z dostępem bezpośrednim. Pamięć operacyjna jest najczęściej pamięcią o dostępie swobodnym, natomiast pamięć zewnętrzna jest bądź pamięcią o dostępie sekwencyjnym (np. pamięć taśmowa), bądź o dostępie cyklicznym (np. pamięć bębnowa).

W procesie funkcjonowania każdej pamięci wyróżnić można fazy:

— określenia na podstawie adresu miejsca pamięci, do którego następuje odwołanie — realizowane przez układ wyboru adresu;
— zapis lub odczyt informacji z wybranego miejsca pamięci — realizowany przez układ zapisu-odczytu.

Wymienionymi układami sterują odpowiednie sygnały generowane przez układ sterujący, określające cykle pracy poszczególnych układów pamięci (rys. 2.4).

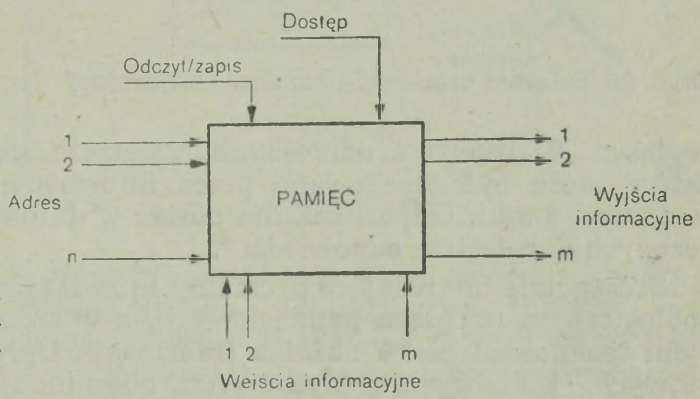


Rys. 2.4. Ogólny schemat urządzenia pamięciowego

* E. Nowak, Z. Sawicki: *Pamięci maszyn cyfrowych.* WNT, Warszawa 1977 r.

Blok nośnika informacji stanowi układ, w którym są zapisywane i przechowywane informacje, przy czym zapis i odczyt mogą odbywać się przy nieruchomym (stałym) i ruchomym nośniku. Blok stałego nośnika informacji stanowią przede wszystkim: rdzenie ferrytowe, cienkie warstwy magnetyczne, cienkie warstwy nadprzewodzące lub półprzewodnikowe elementy mikroelektroniczne, natomiast z ruchomym nośnikiem mamy do czynienia, gdy ciągła warstwa magnetyczna umieszczona jest np. na powierzchni wirującego bębna lub dysku albo na ruchomym podłożu takim, jak taśma.

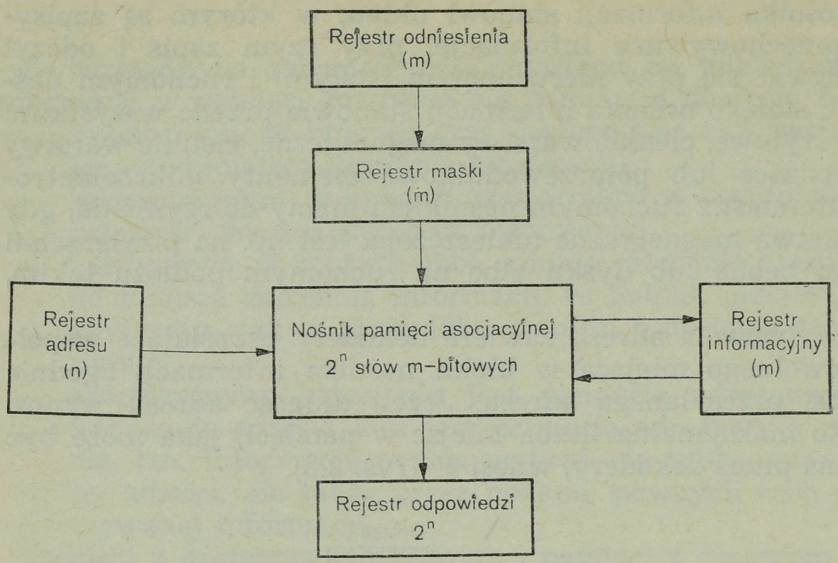
Układ wybierania adresu zawiera dekodery określające współrzędne dowolnego miejsca w bloku nośnika informacji zgodnie z wartością przesyłanego adresu. Jeżeli długość adresu wynosi n bitów, to maksymalna liczba miejsc w pamięci, jaka może być wyznaczona przez dekodery, wnosi 2^n (rys. 2.5).



Rys. 2.5. Schemat bloku pamięci o pojemności 2^n słów n-bitowych

Układ zapisu-odczytu służy do umieszczenia informacji w wybranym miejscu pamięci lub pobierania jej z tego miejsca, przy którym stosowane są dwa sposoby wprowadzania i wyprowadzania informacji: równoległy i szeregowy. Pierwszy sposób polega na tym, że wszystkie bity znaku lub słowa są zapisywane lub odczytywane równocześnie, natomiast w drugim — bity słowa są przesyłane kolejno.

Powyższy typowy schemat pamięci nie dotyczy np. pamięci asocjacyjnych. W tych pamięciach bowiem stosowany jest tryb wyszukiwania informacji, zwany przepytywaniem pamięci, gdyż każda komórka pamięci jest „pytana" o zawartość. W pamięci, której schemat przedstawiono na rys. 2.6, przepytywanie odbywa się w jednym cyklu dostępu do pamięci. Jest to pamięć z dostępem swobodnym o pojemności 2^n słów m-bitowych wraz z n-bitowym rejestrem adresowym oraz z m-bitowym rejestrem informa-



Rys. 2.6. Schemat organizacji pamięci asocjacyjnej

cyjnym. W rejestrze odniesienia umieszcza się słowo m-bitowe, które może być maskowane przez informację zapisaną w tzw. rejestrze maski. Odpowiedź ma postać 2^n-bitowych słów, umieszczonych w rejestrze odpowiedzi *.

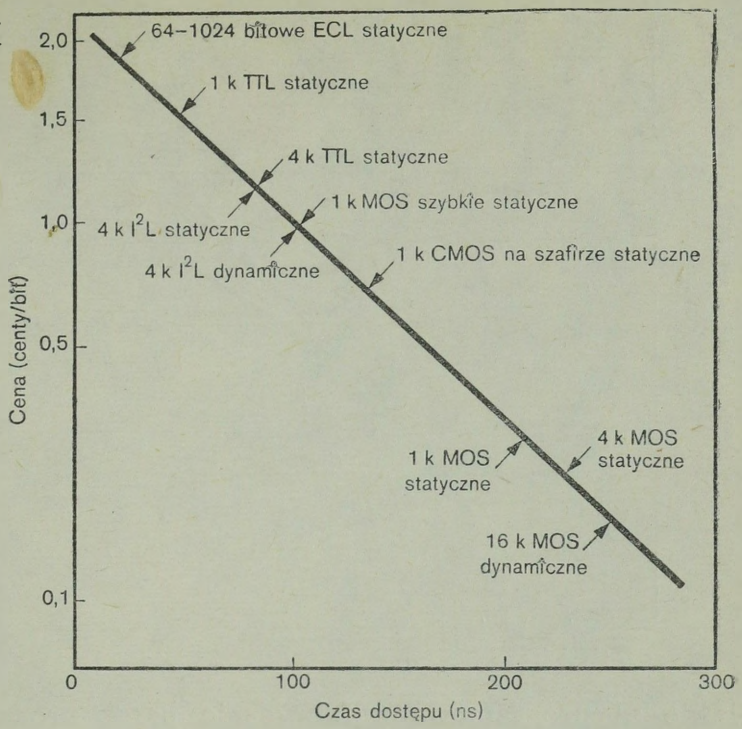
Szczególnie interesujące problemy są związane z rozwojem technologicznym urządzeń pamięciowych, a w szczególności z rozwojem technologii bloku nośnika informacji. Oprócz pamięci ferrytowych, taśmowych i dyskowych obecnie stosuje się szeroko półprzewodnikowe pamięci bipolarne i MOS, nowe zaś pamięci CCD i magnetyczne domenowe weszły już do produkcji seryjnej **.

Największe znaczenie dla współczesnych systemów liczących mają pamięci półprzewodnikowe o bezpośrednim dostępie RAM **(Random-Acces-Memory).** Ze względu na szybkość działania można wyróżnić: pamięci ECL (czas dostępu 20—40 ns), pamięci TTL (80 ns), a ponadto pamięci 100-nanosekundowe i pamięci 150—300 nanosekundowe (rys. 2.7).

Przykładem pamięci RAM mogą być 10-nanosekundowe pamięciowe układy scalone, stosowane do konstruowania pamięci w dużych komputerach i do szybkich urządzeń peryferyjnych (np. 75

* A. Skorupski, wyd. cyt., s. 156—159.
** Zob. „Informatyka", n-ry 3—6/1978 r. (cykl pt.: Nowe pamięci dla komputerów).

Rys. 2.7. Podstawowe parametry pamięci RAM



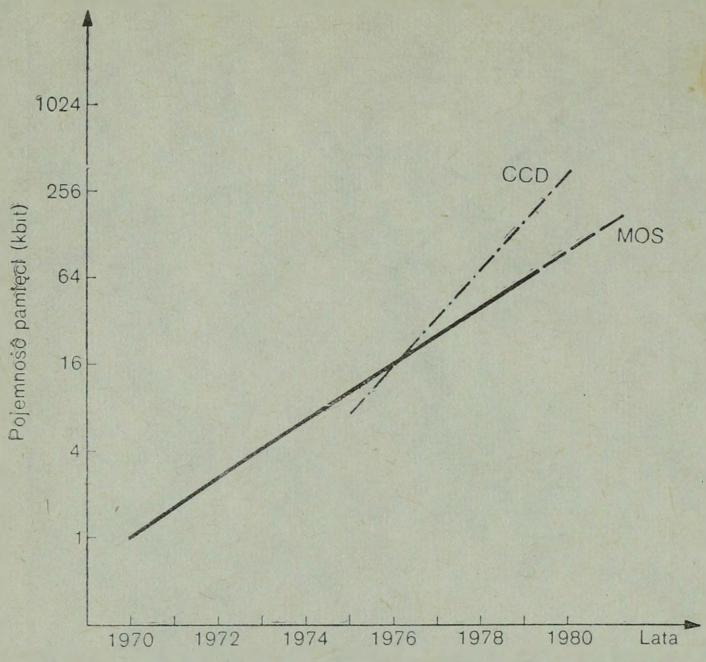
i 150 — nanosekundowa statyczna pamięć o pojemności 4 kbajty, zbudowana według technologii I^2L). W pamięciach 150—300 — nanosekundowych dominują 4096 i 16 384 — bitowe dynamiczne pamięci MOS, stosowane głównie jako pamięci operacyjne oraz 1024 i 4096 — bitowe statyczne układy MOS, stosowane w pamięciach peryferyjnych *.

W pamięciach RAM stosuje się najczęściej trzy podstawowe metody organizacji, a w związku z tym mówi się o pamięciach z wybieraniem liniowym, koincydencyjnym oraz liniowo-koincydencyjnym. Znaczenie tych pamięci wyraźnie wzrasta **. Standardowa obecnie pamięć dynamiczna typu RAM ma obecnie pojemność 4096 bitów, przy czym np. produkowana jest pamięć o pojemności 16 384 bity (rys. 2.8).

Pamięci stałe ROM (**Read Only Memory**) typu MOS lub bipo-

* Przypomnijmy, że pamięcią dynamiczną nazywa się pamięć, w której pamiętanie wymaga okresowej regeneracji danych zapisanych na nośniku (np. poprzez cykliczny przesuw danych względem nośnika).

** Pamięci dynamiczne o bezpośrednim dostępie stanowiły w 1976 r. 65% wartości produkcji półprzewodnikowych układów typu RAM i 41% wszystkich pamięci półprzewodnikowych, wyprodukowanych w USA.



Rys. 2.8. Wzrost pojemności pamięci dynamicznej MOS i CCD

larne są programowane fabrycznie przez producentów, którzy sporządzają maski według dostarczonych przez użytkowników taśm dziurkowanych, zawierających program. Programowanie przez maskowanie, tj. w fotolitograficznym procesie wytwarzania struktur układów scalonych, stosuje się przede wszystkim w przypadku produkowania układów w dużych seriach i o identycznej zawartości. Dla małych serii nadają się pamięci programowane przez użytkownika, tzw. pamięci PROM. Są to układy bipolarne programowane za pomocą urządzenia wytwarzającego napięcie przepalające ścieżki przewodzące w wybranych komórkach pamięci. Jednakże pamięci PROM nie mogą być kasowane i programowane wielokrotnie. Dlatego z większym zainteresowaniem spotkały się pamięci stałe kasowalne, wśród których na uwagę zasługują pamięci: EPROM **(Erasable Prom)** i EAROM **(Elektrocally Alterable Rom)**. W pamięci EPROM kasowanie starego zapisu odbywa się za pomocą naświetlania promieniami ultrafioletowymi *. Stosowana jest technologia MOS z tzw. lawinowym wstrzykiwaniem ładunku do swobodnej, w pełni odizolo-

* Kasujące stary zapis promienie ultrafioletowe są kierowane do okienka w obudowie układu scalonego, co wywołuje rekombinację nośników w obszarze swobodnej bramki, powodując powrót do stanu wyjściowego komórek pamięci.

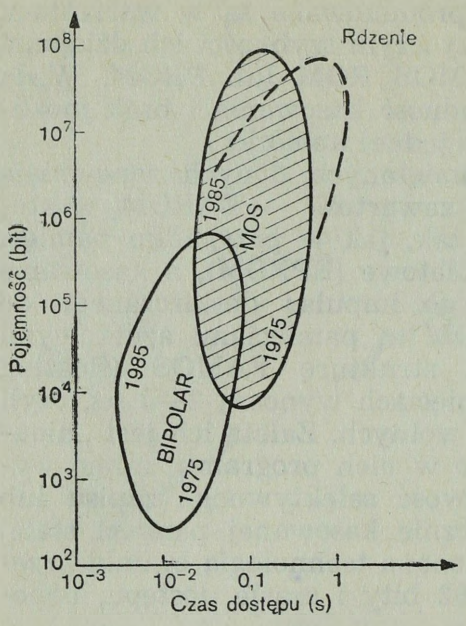
wanej bramki. Pamięci EPROM produkowane są w wariantach 1024, 4096 i 8192 — bitowych, przy czym szybkości ich działania porównywalne są z pamięciami MOS ROM lub PROM. Wadą tych pamięci jest jednak niedokładność kasowania i brak możliwości zmiany zawartości, np. tylko jednej komórki.

Szybką natomiast zmianę zapamiętanych danych zapewniają pamięci o elektrycznie zmienianej zawartości — EAROM, w których programowanie odbywa się tak, jak w przypadku pamięci stosującej promieniowanie ultrafioletowe (EPROM), a kasowanie następuje za pomocą 30-woltowego impulsu dostarczanego do końcówek programujących. EAROM są pamięciami azotkowymi lub stosującymi zmodyfikowaną strukturę FAMOS (floating MOS). Czasy odczytu w tych pamięciach wynoszą 2—5 μs, czyli pamięci EAROM należą raczej do wolnych. Zaletą ich jest „nieulotność", tj. zachowanie zawartego w nich programu, mimo wyłączenia zasilania, a także możliwość selektywnego zapisu lub kasowania. Przykładem elektronicznie kasowanej pamięci stałej może być pamięć firmy NEC, wykonana technologią bramki krzemowej o pojemności 2048 lub 8192 bity i czasie dostępu, odpowiednio, 0,4 i 0,8 μs.

W dziedzinie pamięci masowych układy półprzewodnikowe nie są tak rozpowszechnione, jak w dziedzinie pamięci operacyjnych, gdyż jednostkowe ceny pamięci półprzewodnikowych są nadal wyższe niż pamięci z ruchomym nośnikiem magnetycznym. Przewiduje się jednak, że będzie możliwe osiągnięcie bardzo wysokiej gęstości upakowania, przy równoczesnej niskiej cenie w przypadku stosowania pamięci CCD, która jest pamięcią zawierającą elementy o sprzężeniu ładunkowym oraz pamięcią dynamiczną. Układy CCD o pojemności 9 i 16 kbitów są produkowane od 1976 r., jednak nie zdobyły dotychczas popularności, ze względu na zbyt małą pojemność i zbyt wysoką cenę. O tym, czy technologia ta stanie się dominującą w urządzeniach pamięciowych, mają zadecydować układy 65-kbitowe (rys. 2.9).

Obecnie poza firmami **Fairchild** i **Intel** również **Texas Instruments** oferują układy do budowy pamięci domenowych i półprzewodnikowych typu CCD o pojemnościach umożliwiających zastępowanie nimi małych pamięci bębnowych i dyskowych (np. układ TBM-0103 do pamięci domenowej o pojemności 92 304 bity i układ TMS-3064 do pamięci CCD o pojemności 65 kbitów).

Głównym odbiorcą pamięci domenowych jest Agencja Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej NASA. Fakt ten wiąże się z wysokimi wymaganiami dotyczącymi niezawodności układów. Szacunkowy czas między uszkodzeniami wynosi 40 000 godzin. Pamięć magnetyczna domenowa jest pamięcią cienkowarstwową,



Rys. 2.9. Prognozy pojemności pamięci półprzewodnikowych

w której nośnikiem informacji są cylindryczne domeny magnetyczne.* W chwili obecnej charakteryzuje się ona dość znacznym czasem dostępu i dużym jednostkowym kosztem. Obecnie moduł pamięci o wymiarach 38×76×13 mm składa się z pary płytek drukowanych, z których każda zawiera 8 mikroukładów o pojemności po 102 400 bitów. Między płytkami ułożona jest struktura polaryzująca, która wytwarza pole magnetyczne niezbędne do propagacji i podtrzymania domen magnetycznych. NASA przewiduje, że podstawową pamięcią będzie pamięć o następujących charakterystykach: średnica domeny ok. 1μ, gęstość upakowania ponad 100 mln bitów na cal kwadratowy (16 Mbitów/cm^2), co pozwoli na zamieszczenie w jednym modelu aż 10^{10} komórek pamięciowych.

Obecnie produkowana przez firmę Rockwell pamięć domenowa ma objętość ok. 10 000 cm^3, masę 18 kg, maksymalny pobór mocy 103 W, średni czas dostępu 0,5 s i czas całkowitego zapełnienia lub opóźnienia pamięci ok. 1 s.**.

* Po raz pierwszy domeny zaobserwowano w laboratorium firmy Philips w 1960 r.

** E. Nowak, Z. Sawicki, wyd. cyt. Z punktu widzenia pamięci wykorzystujących domeny cylindryczne praktyczne znaczenie mają obecnie wyłącznie epitaksjalne warstwy mieszanych pierwiastków granato-żelaznych oraz warstwy amorficzne stopów pierwiastków ziem rzadkich i metali grupy przejściowej. Technologia domenowej płytki pamięciowej

Jednymi z najbardziej obiecujących nowych technik pamięciowych wydają się być pamięci optyczne, a wśród nich pamięci oparte na holograficznym zapisie informacji. Jednakże przy zastosowaniu obecnych materiałów i technologii możliwości pamięci holograficznych okazały się znacznie skromniejsze niż przewidywano *. Zasada zapisu holograficznego polega na tym, że spójna wiązka światła emitowana z lasera zostaje rozdzielona na dwie części, natomiast do jednej z nich zostaje wprowadzona informacja. Wiązka ta jest kierowana na światłoczuły ośrodek, pamiętający miejsce zapisania obrazu powstałego z interferencji obu wiązek światła. Rozkład natężenia światła, powstały w wyniku interferencji, zostaje zapisany w ośrodku pamiętającym — w postaci zmian współczynnika przepuszczalności światła (zapis amplitudowy) lub zmian długości drogi optycznej (zapis fazowy). Zapis ten nazywany jest hologramem. Odczyt hologramu realizuje się przez oświetlenie go wiązką odczytu. Informacja wprowadzona do pamięci holograficznej w postaci impulsów elektrycznych zmienia stany optyczne elementów modulatora przestrzennego, natomiast podczas odczytu obraz rekonstruowany jest na powierzchni detektora światła, który zamienia impulsy świetlne na elektryczne.

Jednym z rozwiązań organizacji holograficznych pamięci cyfrowych jest organizacja stronicowa i adresowanie optyczne. Zapewnia to dużą pojemność i szybki, swobodny dostęp do pamięci. Jednak wyraźne powiększenie pojemności pamięci holograficznej możliwe jest wtedy, gdy wprowadza się mechaniczne adresowanie informacji. Pierwszą pamięcią holograficzną, która weszła do produkcji seryjnej jest pamięć stała, wykorzystywana do weryfikacji ważności kart kredytowych, nosząca nazwę *Holoscan*. Projektowano ją na 250 000 dwunastocyfrowych numerach kart, co łącznie z informacją o stanie kredytu zajmuje pojemność 12×10^6 bitów, średni zaś czas poszukiwania szacowany jest na 2 s. Źródłem światła do odczytu hologramów jest mały laser helowo-neonowy o mocy 2 mW.

Obecnie pojemność holograficznej pamięci adresowanej optycznie nie przekracza 10^9 bitów. Ponadto istnieją trudności z doborem odpowiedniego, wymazywalnego ośrodka pamiętającego. Dlatego uważa się, że w chwili obecnej przydatność pamięci holograficznych w systemach komputerowych jest ograniczona.

jest podobna do technologii półprzewodnikowego układu scalonego, gdyż stosuje się w niej te same metody wytwarzania warstw izolacyjnych i metalicznych oraz w ten sam sposób, przy użyciu litografii i maskowania, powstają w tych warstwach wzory różnych układów.

* J. Ryżko, A. Sikorski: *Holograficzne pamięci cyfrowe*. Cz. 1—2, Informatyka, nry 6—8/1980 r.

Poza pamięcią Holoscan, pozostałe prace w tej dziedzinie nie wyszły praktycznie z fazy eksperymentów laboratoryjnych.

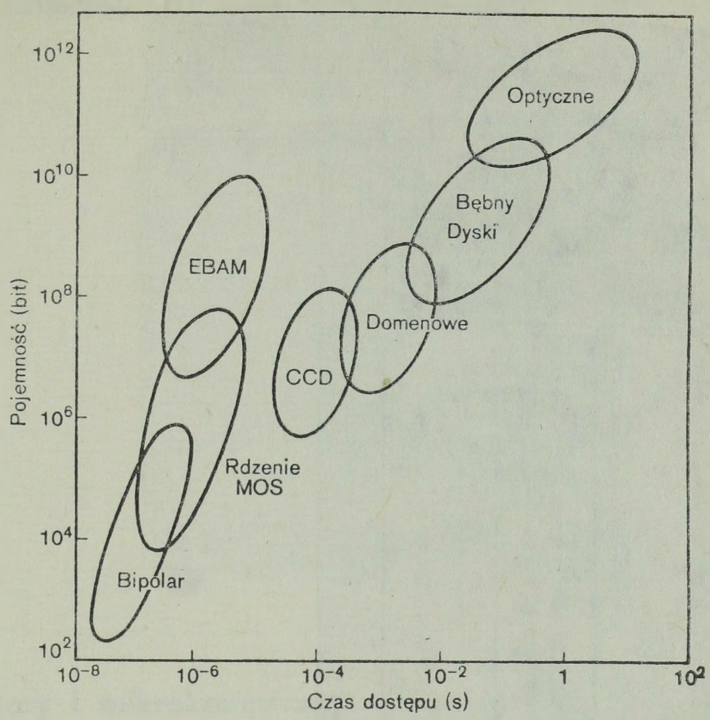
O ile prognozy co do szybkości działania pamięci holograficznej są bardzo optymistyczne, o tyle osiągnięcia pojemności odpowiedniej dla pamięci masowych (rzędu 10^{12} bitów i więcej) na jednej stałej płycie wydaje się obecnie nierealne *.

Wspomnieć należy także o tzw. pamięci magnetooptycznej, w której nośnikiem informacji jest cienka półprzezroczysta warstwa magnetyczna, naniesiona na płaskie podłoże. Zapis dokonywany jest w wyniku przekształcenia energii świetlnej na ciepło. Informacje binarne są zapisywane kolejno bit po bicie w tych miejscach warstwy, na które pada wiązka światła laserowego, sterowana przez układy odchylające. Podgrzana do temperatury bliskiej punktu Curie warstwa w czasie chłodzenia zostaje poddana działaniu zewnętrznego pola magnetycznego o kierunku odpowiadającym zapisowi zera lub jedynki. Do głównych wad pamięci magnetooptycznej należy niska sprawność urządzenia chłodniczego oraz możliwość utraty przechowywania informacji w sytuacjach awaryjnych (brak dopływu energii).

Podobne nadzieje, jak w przypadku pamięci optycznych, wiązano z pamięciami kriogenicznymi. I w tym przypadku oczekiwania nie zostały spełnione. W pamięciach kriogenicznych wykorzystano zjawisko, wykryte w wielu metalach i stopach metalicznych, zwane nadprzewodnictwem. W pewnym okresie pierścieniową odmianę układu przełączającego, zwanego kriotronem, w której nadprzewodnik stanowi obwód zamknięty, uważano za doskonałą komórkę pamięci. Firma RCA opracowała model pamięci o pojemności 14 kbitów oraz rozwiązała podstawowe problemy związane z budową pamięci masowej o pojemności ponad 100 Mbitów. Do realizacji tych pamięci nie doszło, głównie dzięki postępowi w technologii mikroelektronicznych układów scalonych. Tym samym technologie półprzewodnikowych układów scalonych stały się technologiami dominującymi w dziedzinie urządzeń pamięciowych współczesnych systemów liczących.

Obecnie pamięci CCD i pamięci domenowe są znacznie tańsze od dotychczas stosowanych pamięci bipolarnych i MOS. Nie mogą z nimi jednak konkurować, ponieważ są znacznie wolniejsze, natomiast pamięci domenowe stają się konkurencyjne dla pamięci masowych z ruchomym nośnikiem magnetycznym. Podstawowe obecnie pamięci masowe — pamięci dyskowe z ruchomymi głowicami — są i będą w najbliższej przyszłości zdecydowanie tańsze niż nowe rodzaje pamięci, chociaż dla nich niebawem powinny

* E. Nowak, Z. Sawicki, wyd. cyt.

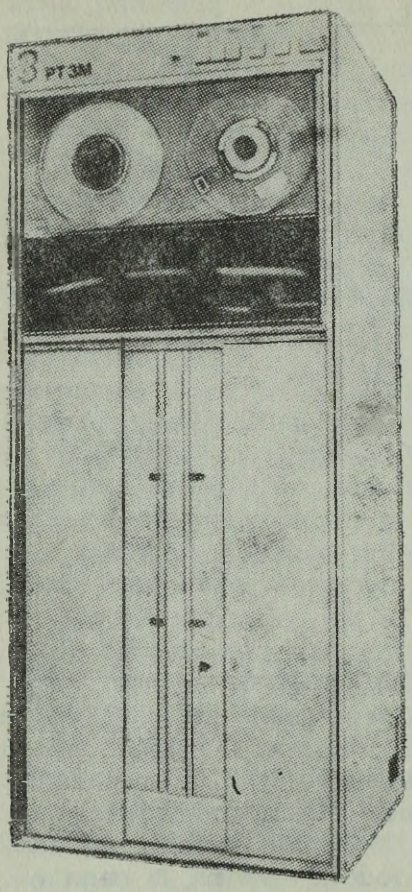


Rys. 2.10. Prognoza pojemności i czasu dostępu dla pamięci zewnętrznych

się stać konkurencyjnymi pamięci domenowe i CCD (rys. 2.10). Jako pamięci buforowe i szybkie pamięci stosowane w urządzeniach peryferyjnych najlepiej nadają się małe szybkie układy RAM, których czas dostępu waha się od 30—90 ns, a cena od 0,15 do 1,5 centa za bit. Duże systemy komputerowe i wolniejsze pamięci peryferyjne preferują pamięciowe układy scalone o dużych pojemnościach, tj. o pojemnościach 4096 i 16 384 bity i czasie dostępu 150—300 ns, wykonane *n*-kanałową technologią MOS.

Ze względu na szeroki zakres zastosowań dużą wagę przywiązuje się do rozwoju pamięci masowych (rys. 2.10). Wyróżnia się obecnie dwie grupy pamięci: o mniejszej pojemności — typu głowica na ścieżkę, i o większej pojemności — z głowicami przesuwanymi. Zdecydowana większość pamięci o pojemności mniejszej niż 10 mln bitów należy do grupy pierwszej, a o pojemności większej — do grupy drugiej. Od pewnego czasu uważa się, że rozwój pamięci masowych zależy przede wszystkim od postępu w dziedzinie układów z wymiennym pakietem dysków (rys. 2.11, 2.12).

W tabeli 2.3 przedstawiono podstawowe parametry popularnych pakietów dyskowych produkowanych przez bułgarską firmę ISOTIMPEX.



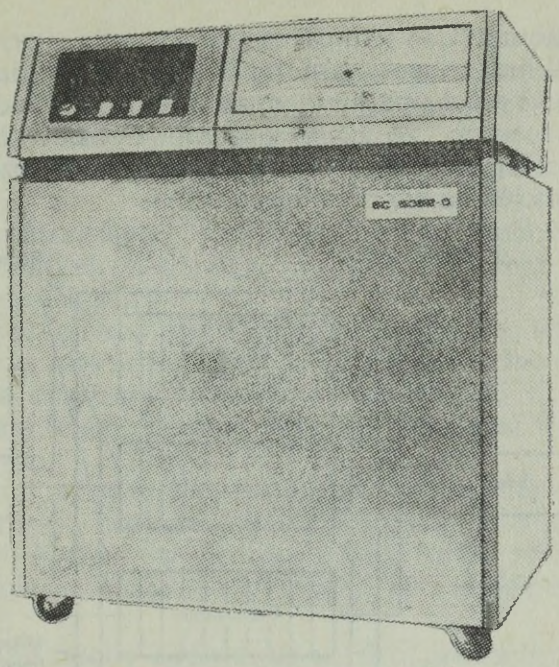
Rys. 2.11. Jednostka pamięci taśmowej *PT-3M*

Tabela 2.3

Podstawowe dane pakietów dyskowych firmy ISOTIMPEX

Dane techniczne	Typ pakietu				
	EC 5053	*EC 5261*	*EC 5269*	*EC 5266*	*EC 5267*
Pojemność pamięci [Mb]	7,25	29—58	2,45—5	100	200
Liczba płyt	6	11	1	12	12
Liczba powierzchni pamięciowych	10	20	2	20	20
Gęstość ścieżki [liczba ścieżek/cal]	100	100—200	100—200	200	400
Gęstość pamięci [bit/cal]	1100	2200	2200	4400	4400

Rys. 2.12. Jednostka pamięci dyskowej *EC-5052-0*



2.4. Mikroprocesory i mikrokomputery

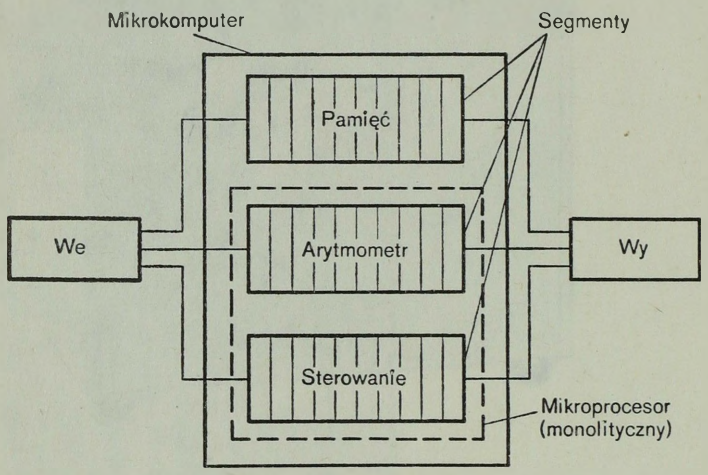
Gdy w końcu 1971 r. firma INTEL wyprodukowała pierwszy mikroprocesor, nie przypuszczano zapewne, że stanie się to tak wielce doniosłym wydarzeniem w rozwoju informatyki. Uważa się bowiem, że mikroprocesor jest najważniejszą konstrukcją, jaka powstała od czasu zbudowania pierwszej maszyny cyfrowej *. Doniosłość tego wydarzenia polega m.in. na tym, że mikroprocesory, będąc urządzeniami nieskomplikowanymi, o prostych elementach programowania, zbliżają przeciętnego użytkownika do maszyny cyfrowej. Stają się jednocześnie urządzeniami interesującymi i pożytecznymi zarówno dla elektronika — hobbisty, jak i informatyka — konstruktora systemów liczących oraz użytkownika.

Mikroprocesorem będziemy nazywać cyfrową jednostkę przetwarzania informacji, wykonaną w postaci układu scalonego wielkiej skali integracji **. Pod względem funkcjonalnym mikroprocesor odpowiada procesorowi komputera, zawierającemu aryt-

* R. Marczyński, P. Bąkowski, J. Sochacki: *Mikroprocesory*. WNT, Warszawa 1979.

** T. Sienkiewicz: *Podstawowe charakterystyki mikroprocesorów i mikrokomputerów*. Informatyka, nr 1/1978 r.

mometr i jednostkę sterowania, przedstawionemu w jednym układzie scalonym (rys. 2.13). Natomiast układ złożony z mikroprocesora, pamięci oraz obudowy elektronicznej, łączącej mikroprocesor z urządzeniami zewnętrznymi, będziemy nazywać mikrokomputerem. W procesie tworzenia powyższych układów wyróżnia się dwa kierunki:



Rys. 2.13. Formy scalania bloków funkcjonalnych

— scalanie bloków maszyny w jedną całość, co prowadzi do budowania układów o ściśle określonych funkcjach i tworzących jeden element;
— scalanie modularne, czyli tworzenie uniwersalnych podmodułów (w wyniku „cięcia" równoległej struktury maszyny na standardowe segmenty).

Mikroprocesory powstałe w rezultacie zastosowania pierwszej metody określane są jako mikroprocesory monolityczne, natomiast powstałe w wyniku drugiej metody — mikroprocesory segmentowe. Mikroprocesory segmentowe są szczególnie przydatne w konstrukcji systemów liczących, gdyż stanowią elementy składowe tworzące określony wymagany zestaw. Mikroprocesory monolityczne są wykorzystywane przede wszystkim do budowania coraz bardziej złożonych urządzeń i do powiększania długości słowa. Postęp w tej dziedzinie doprowadził do uzyskania całego mikrokomputera na jednym płatku krzemu (po dołączeniu do mikroprocesora pamięci, zegara i mechanizmu łączącego dla wejścia i wyjścia, np. *INTEL 8048, MOSTEK 3870).* Rozszerzając wnętrze i zwiększając liczbę końcówek, uzyskano powiększenie słowa mikroprocesora od 4 bitów do 8 bitów, a następnie do 12 i 16 bitów. Zastosowanie tych układów umożliwia dziś budowanie maszyn cyfrowych, których długość słowa zależy od liczby

segmentów. Architektura takich maszyn zależy przede wszystkim od projektanta systemów liczących. Technika mikroprocesorowa obejmuje ponadto pamięci RAM i ROM, układy wejścia i wyjścia, generatory, zegary, sprzęgi, układy specjalizowane itp.

W chwili obecnej produkuje się trzy rodzaje mikroprocesorów, a mianowicie *:

— mikroprocesory specjalizowane, przeznaczone do budowy kalkulatorów (od prostych 4-działaniowych do złożonych z wbudowanymi programami);
— mikroprocesory uniwersalne o sterowaniu układowym, wyposażone w proste listy rozkazów, od 4 do 16 bitów w słowie, a także ze sprzętową realizacją dzielenia i mnożenia;
— mikroprocesory segmentowe, przeznaczone do składania dużych maszyn cyfrowych.

Oprócz tego produkowane są specjalizowane układy scalone do obsługi urządzeń zewnętrznych, scalone układy pamięciowe o pojemności większej niż 64 kbitów w jednej kostce oraz wiele różnych scalonych układów analogowych, mogących współpracować z mikroprocesorami.

Dla pełności rozważań należałoby podkreślić bardzo już rozległe zastosowanie mikroprocesorów w życiu codziennym ludzi, a mianowicie: w gospodarstwie domowym (do sterowania pralek, kuchni, oświetlenia, sprzętu radiofonicznego itp.), w układach zapłonu samochodów, w aparatach fotograficznych, różnego rodzaju zabawkach dla dzieci i grach itp. Masowość produkcji i rozległość zastosowań mikroprocesorów wynika z dostępności ich na rynku i stosunkowo niskich cen. Przewidywany jest dalszy spadek cen mikroprocesorów.

Mikroprocesory klasyfikuje się według takich kryteriów, jak:

— konstrukcja (monolityczne, modułowe, segmentowe);
— technologia (unipolarne, bipolarne);
— architektura (długość słowa, organizacja wewnętrzna, sterowanie);
— liczba i typ instrukcji;
— szybkość pracy.

Konstrukcja monolityczna zawiera w jednym układzie scalonym jednostkę arytmetyczno-logiczną, układy sterowania, pamięć i układy współpracy z urządzeniami zewnętrznymi. Programy działania są zwykle ustalane przed ich wykonaniem i zapisywane w pamięci stałej ROM. Pamięć typu RAM jest zwykle niewielka. Konstrukcja modułowa składa się z kilku układów scalonych, pełniących funkcję procesora, pamięci stałej, pamięci o dostępie swo-

* R. Marczyński i inni, wyd. cyt.

bodnym, układów współpracy z urządzeniami zewnętrznymi, układów buforowych itp. Konstrukcja segmentowa pozwala skonstruować mikroprocesor z typowych podzespołów, będących jednostkami: sterowania, pamięci sterującej itp.

Większość produkowanych obecnie mikroprocesorów wytwarzana jest na podłożu krzemowym za pomocą technologii układów unipolarnych (MOS) i bipolarnych. Najczęściej stosowanymi układami są: TTL (w pamięciach RAM) i ECL (np. mikroprocesor segmentowy M 10800 firmy MOTOROLA SEMICONDUCTORS), a także I^2L (np. mikroprocesor SBP400 firmy TEXAS INSTRUMENTS).

Najbardziej rozpowszechnioną długością słowa w mikroprocesorach monolitycznych i modułowych jest 8 bitów, przy czym stosuje się także 4, 12 i 16 bitów. Długość słowa instrukcji mikroprocesora jest równa lub stanowi wielokrotność słowa pamięci.

Jednostkę arytmetyczno-logiczną tworzą arytmometr, rejestry robocze i układy sterowania. Minimalny zestaw operacji arytmometrów w produkowanych obecnie mikroprocesorach tworzą operacje: dwójkowego dodawania (odejmowania), logicznej sumy i iloczynu, przesunięcia. Arytmometry realizują operacje szeregowo, równolegle lub szeregowo-równolegle. Ponadto stosowane są grupy rejestrów do: operacji arytmetycznych i logicznych, operacji we-wy i adresowania pamięci, sterujące (wskaźniki i kontrola stosu) i ogólnego przeznaczenia. Układ sterowania mikroprocesora steruje kolejnością pobierania instrukcji z pamięci, interpretuje je i wytwarza sygnały synchronizujące pracę wszystkich bloków. Typowy układ sterowania mikroprocesora zawiera licznik instrukcji, układ dekodowania instrukcji i rejestry sterujące. W liczniku instrukcji przechowywany jest adres aktualnie wykonywanej instrukcji.

Pamięci mikroprogramów mogą być realizowane dzięki pamięci ROM lub RAM. W przypadku pamięci RAM można realizować tzw. mikroprogramowanie dynamiczne, czyli zmieniać zestaw mikrokonstrukcji w trakcie pracy. Mikroprocesor współpracuje z pamięcią za pomocą szyny adresowej, szyny danych i połączeń do przesyłania sygnałów sterujących. Stosuje się dwa podstawowe sposoby wymiany informacji: bez bezpośredniego dostępu do pamięci i z bezpośrednim dostępem do pamięci. W większości obecnie stosowanych mikroprocesorów znalazł zastosowanie drugi z wymienionych sposobów, dzięki któremu adresowanie pamięci może być prowadzone bezpośrednio przez układy sterowania urządzeniami we-wy za pomocą szyny adresowanej, niezależnie od procesora, przy czym układy te muszą mieć własne rejestry

adresowe. Należy dodać, że wielkość pamięci adresowanej bezpośrednio przez mikroprocesor jest ograniczona liczbą bitów szyny adresowej mikroprocesora.

Współpraca z urządzeniami we-wy polega na tym, że mikroprocesor uruchamia urządzenia we-wy za pomocą odpowiedniej instrukcji we-wy wysyłanej jednocześnie z adresem urządzenia albo — urządzenia we-wy podporządkowane są odpowiednim adresom pamięci i korzystanie z nich nie wymaga specjalnych instrukcji we-wy. Pierwszy sposób adresowania wykorzystano np. w mikroprocesorze *INTEL 8080*, natomiast drugi w mikroprocesorze *MOTOROLA M6800*.

Ponadto współczesne mikroprocesory przystosowane są do przyjmowania sygnałów przerwań z urządzeń zewnętrznych.

Wybór określonego typu mikroprocesora determinują takie czynniki, jak: długość słowa, możliwość wykonywania operacji we-wy, repertuar rozkazów i szybkość ich wykonywania, które z kolei zależą od architektury mikroprocesora i technologii jego wytwarzania. Z architekturą natomiast jest związany zwykle system przerwań, repertuar rozkazów oraz możliwe sposoby adresowania. Produkowane obecnie 16-bitowe mikroprocesory (np. *INTEL 8086, TMS 9900, PACE, MOTOROLA 68000*) odznaczają się możliwością adresowania pamięci o pojemności liczonej w megabajtach, czasem wykonywania rozkazów rzędu 1 μs, możliwościami wykonywania działań na pojedynczych bitach, bajtach, znakach (w kodzie ASC II) oraz liczbach podwójnej precyzji *.

Poza tym do podstawowych zalet mikroprocesorów uwzględnianych przy wyborze ich typu należą: uniwersalność zastosowań, małe gabaryty, mały pobór mocy i wysoka niezawodność **. Omówienie mikroprocesorów ze względu na ich zastosowanie przedstawiono w tabeli 2.4.

Do programowania mikroprocesorów powstały języki wyższego rzędu takie, jak: MPL (firma MOTOROLA), PL/M (firma INTEL), PL/MICROS (firma SIGNETICS) (tabela 2.5 i 2.6).

Wyróżnia się cztery rodzaje programowania mikroprocesorów:
- — programowanie „konwencjonalne";
- — mikroprogramowanie mikroprocesorów segmentowych, którym zajmuje się przeważnie konstruktor maszyny cyfrowej;
- — opracowanie programów przeznaczonych do umieszczenia w pamięciach stałych ROM;
- — oprogramowanie mikroprocesorów, mających wspólną pamięć dla danych i rozkazów.

* J. Grabowski, S. Koślacz, wyd. cyt.

** T. Sienkiewicz: *Jaki wybrać mikroprocesor?* Informatyka, nr 10/1979 r.

Tabela 2.4

Zestawienie zastosowań mikroprocesorów

	Mikroprocesory do sterowania		Mikroprocesory do przetwarzania danych	
	specjalizowane (4-bitowe)	ogólnego przeznaczenia (8-, 16-bitowe)	do przetwarzania rozproszonego (8-bitowe)	do przetwarzania scentralizowanego (16-bitowe)
Typ Koszt Zastosowanie	monolityczne bardzo niski wyroby powszechnego użytku, automaty do gier, proste urządzenia sterujące, urządzenia domowe	monolityczne niski przemysłowe: aparatura kontrolno-pomiarowa, motoryzacyjna, jednostki sterujące urządzeń peryferyjnych, roboty	modularne średni bankowość i sterowanie w czasie rzeczywistym, inteligentne terminale, sterowanie procesami	modularne wysoki przetwarzanie w czasie rzeczywistym; banki danych, przetwarzania naukowe
Własności systemowe	operowanie danymi 4-bitowymi, małe pamięci ROM i RAM, ograniczona liczba urządzeń we-wy, brak możliwości rozbudowy	operowanie danymi 8- lub 16-bitowymi, pamięć ROM do 2 kbajtów, pamięć RAM do 128 bajtów, rozbudowane układy we-wy, możliwość rozbudowy	operowanie danymi 8- lub 16-bitowymi, pamięć ROM do 64 kbajtów, pamięć RAM do 64 kbajtów, rozbudowane układy we-wy, nielimitowana możliwość rozbudowy	operowanie danymi 16—32-bitowymi, pamięć ROM do 64 kbajtów, pamięć RAM do 256 kbajtów, nielimitowane możliwości rozbudowy
Przykłady	ROCKWELL PPS 4/1 TEXAS INSTRUMENTS TMS 1000, GENERAL INSTRUMENTIS 1644	INTEL 8048, TEXAS INSTRUMENTS 9940, GENERAL INSTRUMENTS 1650	INTEL 8080/8085, MOTOROLA 6800, ZILOGZ-80	INTEL 8086, TEXAS INSTRUMENTS TMS 9900, MOTOROLA 6809

Źródło: T. Sienkiewicz: *Jaki wybrać mikroprocesor*? Informatyka, nr 10/1979 r.

Narzędziem usprawniającym programowanie mikroprocesorów jest np. asembler skrośny (CROSS-ASSEMBLER) i symulator instrukcji oraz sprzętowe urządzenie (EXORCISER) służące do uruchamiania programów (opracowane dla mikroprocesora *M-6800*).

Realizacja programu użytkowego polega na wprowadzeniu da-

Tabela 2.5

Języki do programowania mikroprocesorów

Firma	ROCK-WELL	MOTO-ROLA	INTEL	INTEL	GENRAL. INSTRUM.	MONO-LITIC
Model	*PPS-4*	*M6800*	*8008*	*8080*	*CP1600*	*6701*
Technologia	PMOS	NMOS	PMOS	NMOS	NMOS	BIPO-LAR
Liczba kostek/ liczba wyprowadzeń kostki	1/42	1/40	1/18	1/40	1/40	24/40
Czas dodawania [rejestr--rejestr]	4	—	20	2	2,4	900 ns segment
Długość słowa [bity]	4	8	8	8	16	4-bitowy
Częstotliwość cyklu/liczba faz	200 kHz/4	1 MHz/ /2	500 kHz/2	2 MHz/ /2	5 MHz/ /2	5 MHz/ /2
Liczba instrukcji	50	72	48	78	68	22

Źródło: T. Sienkiewicz: *Podstawowe charakterystyki mikroprocesorów i mikrokomputerów*, Informatyka, nr 1/1978 r.

Tabela 2.6

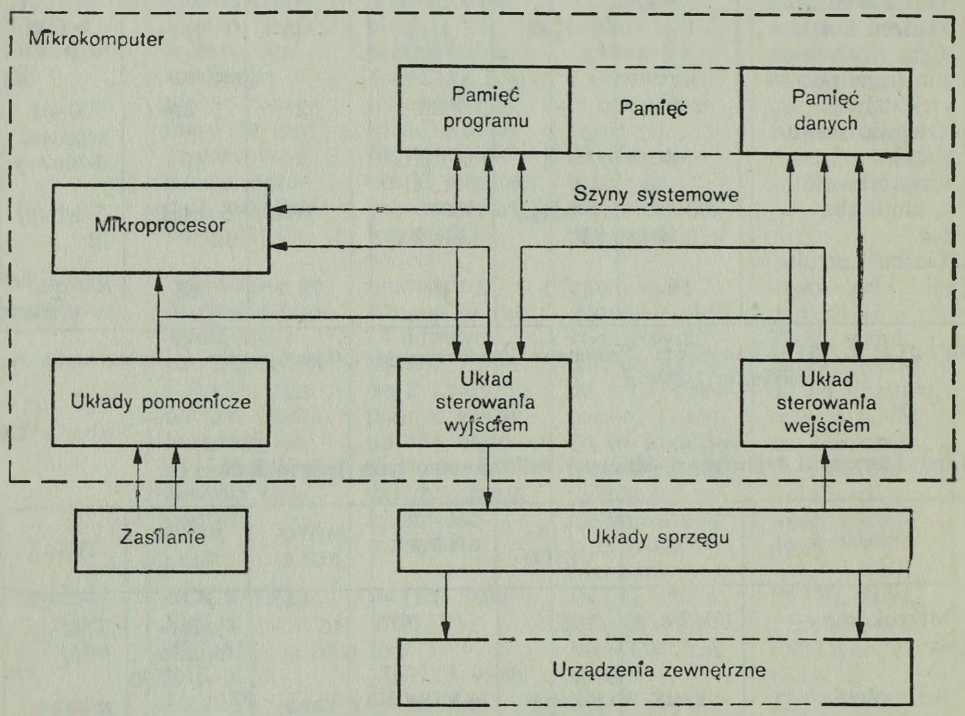
Charakterystyki typowych 8-bitowych mikrokomputerów jednoukładowych

Producent	INTEL	FAIR-CHILD	MOSTEK	MOTO-ROLA	ROCK-WELL	TEXAS
Mikrokomputer	*8048/8748*	*3859*	*MK 3870*	*MC 6801*	(jednoukładowy) *6500*	*TMS 9940*
Technologia	*n*-kanałowa	*n*-kanałowa	*n*-kanałowa	*n*-kanałowa	*n*-kanałowa	*n*-kanałowa
Pojemność pamięci ROM [bajty]	1024	1024	2048	2048	2048	2048
Pojemność pamięci RAM [bajty]	64	64	64	128	64	128
Liczba rozkazów	96	70	70	72	53	58
Liczba linii we-wy	32	32	32	30	34	32
Napięcie zasilania [V]	+5	+5	+5	+5	+5	+5

Źródło: *Minikomputer w jednym układzie scalonym*. Informatyka, nr 11/1978 r.

nych do rejestrów mikroprocesora, wykonaniu odpowiednich operacji na tych danych i wprowadzeniu danych wynikowych do pamięci lub urządzeń we-wy. Liczba rejestrów roboczych mikroprocesora ma bezpośredni wpływ na szybkość realizacji programu użytkowego. Lista rozkazów obecnie produkowanych mikroprocesorów nie przekracza 100 rozkazów.

Mikrokomputer tworzą następujące układy funkcjonalne (rys. 2.14): mikroprocesory, pamięci stałe (ROM), pamięci o dostępie



Rys. 2.14. Schemat typowej struktury mikrokomputera

swobodnym (RAM), zegar taktujący, układy sterowania urządzeniami zewnętrznymi.

Oprócz podanych układów mikrokomputer może zawierać takie urządzenia pomocnicze, jak np.: układy dopasowania poziomów sygnałów, układy wzmacniające i buforowe dekodery, układy sterowania przerwaniami itp.

Przy programowaniu mikrokomputerów występuje wiele ograniczeń wynikających z małej pojemności pamięci i niewielkiej długości słowa. Spowodowało to między innymi, że mikrokomputery nie zostały wyposażone w systemy operacyjne.

Typowymi dla obecnej fazy rozwoju mikrokomputerami są wyprodukowane w 1977 r. urządzenia firmy INTEL, oznaczone symbolami *8048, 8748, 8035*. Każdy z nich wykonany jest w postaci jednego standardowego 40-końcówkowego układu scalonego, zawierającego 8-bitową jednostkę centralną, 64-bitową pamięć typu RAM, zawierającą 16 rejestrów i 8-poziomowy stos do przechowywania danych; rozbudowane układy sterowania urządzeniami we-wy (trzy 8-bitowe bramki), bufory we-wy, układy testowania szyn itp. Mikrokomputer *INTEL 8048* ma poza tym pamięć stałą ROM o pojemności 1 kbita, umieszczoną w tym samym układzie scalonym. *INTEL 8748* ma natomiast pamięć z mikroprocesorem w tym samym układzie scalonym, *INTEL 8035* zaś nie ma w ogóle pamięci stałej. Wszystkie te mikrokomputery wykonano w technologii NMOS.

Koncepcje firmy INTEL zakładają stworzenie w latach 80-tych całej serii jednoukładowych mikrokomputerów, mających tę samą listę rozkazów i identyczną podstawową architekturę, ale z różnymi wariantami pamięci stałych i pamięci o bezpośrednim dostępie oraz z różnymi możliwościami we-wy.

W tabeli 2.6 zestawiono charakterystyki typowych 8-bitowych mikrokomputerów jednoukładowych.

Obecnie w kraju przewidywana jest produkcja następujących układów:

— układy podstawowe, tj. procesor *MCY 7880* o 72 rozkazach i maksymalnym czasie cyklu 2 μs (odpowiednik mikroprocesora *INTEL 8080*), zegar *UCY 74S424* i bufory *UCY 74S428* i *74S438;*

— pamięci statyczne o dostępie swobodnym *MCY 7102* (1 kbit) i *7114* (4 kbity), pamięć stała *MCY 7316* (16 kbitów) i programowane elektrycznie *MCY 7716*.

Układem 16-bitowym jest mikrokomputer *MERA 60*, powstający w kooperacji ze Związkiem Radzieckim, w oparciu o mikroprocesor *ELEKTRONIKA 60*, będący odpowiednikiem procesora *LSI-11* firmy DEC.

2.5. Urządzenia wejścia-wyjścia

Urządzenia we-wy obejmują zestaw urządzeń służących do wprowadzania i (lub) wyprowadzania danych do (z) maszyny cyfrowej w postaci spełniającej wymagania wynikające ze specyfiki procesu przetwarzania danych. Urządzenia we-wy, służące wprowadzaniu i wyprowadzaniu danych, są tym elementem

systemu liczącego, który najsilniej wiąże użytkowników z komputerem.

Z punktu widzenia funkcjonowania systemu liczącego istotny jest fakt nienadążania rozwoju urządzeń we-wy za rozwojem np. pamięci i procesorów (zwłaszcza w zakresie szybkości działania). Ostatnie lata, aczkolwiek przyniosły postęp w tej dziedzinie, to jednak nie usunęły całkowicie istniejących dysproporcji.

Urządzenia we-wy podzielić można na pewne grupy ze względu np. na tryb funkcjonowania, wykorzystywaną technikę i maszynowy nośnik informacji. Ogólnie wyróżnia się:

— urządzenia wprowadzania informacji (np. różnego rodzaju czytniki);
— urządzenia wyprowadzania informacji (np. różnego rodzaju drukarki);
— urządzenia dialogowe, zapewniające zarówno wprowadzanie, jak i wyprowadzanie informacji.

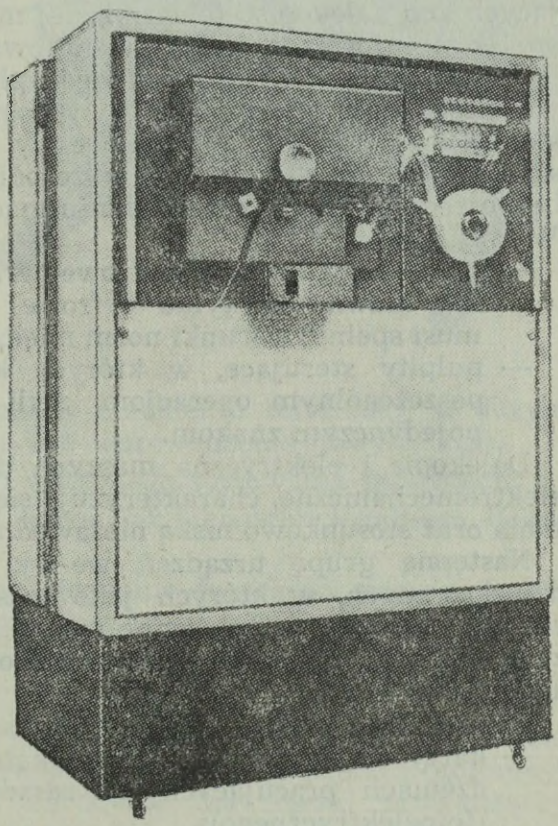
Najpopularniejszą do niedawna grupę urządzeń we-wy stanowiły urządzenia taśmy papierowej (czytniki, dziurkarki, dalekopisy, elektryczne maszyny do pisania). Jak powszechnie wiadomo, informacja przedstawiana jest w nich na taśmie w postaci zakodowanej kombinacji dziurek. Jedna kombinacja, tworząca tzw. znak alfanumeryczny, przedstawia cyfrę, literę, znak pisarski, znak arytmetyczny lub znak sterujący jakąś czynnością urządzenia taśmy papierowej. Znak nanosi się w poprzek taśmy papierowej, w jednym rządku dziurek, które tworzą w zależności od użytego kodu 5 do 8 ścieżek wzdłuż taśmy. Powszechnie przyjęto konwencję, że w systemie dwójkowym dziurka oznacza 1, a brak dziurki 0*.

Taśma papierowa, jako nośnik informacji dla maszyny cyfrowej, ma wiele zalet, a między innymi:

— jest najtańsza spośród obecnie stosowanych nośników informacji;
— jest względnie odporna na zmiany temperatury, wilgoci itp.;
— czytniki i dziurkarki taśmy mają stosunkowo prostą budowę, są tanie i łatwe w obsłudze;
— taśma (z programami i danymi) może być otrzymywana automatycznie przez sprzęgnięcie dziurkarek z maszynami do pisania, maszynami do księgowania i fakturowania, cyfrowymi urządzeniami rejestracyjnymi itp.;
— jest praktycznym nośnikiem informacji dla urządzeń transmisji danych.

* P. Kociatkiewicz, W. Zamojski: *Urządzenia wejścia-wyjścia maszyn cyfrowych.* Skrypt Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1976 r.

Najpowszechniej stosowanym do niedawna urządzeniem wejściowym maszyny cyfrowej był czytnik taśmy papierowej. Dokonuje on zmiany kodu wydziurkowanych na taśmie znaków na kod sygnałów elektrycznych. Odczyt może odbywać się na zasadzie mechanicznej, elektrycznej, pojemnościowej lub fotoelektronicznej. Najczęściej stosowany odczyt fotoelektryczny umożliwia czytanie taśmy z szybkością 2000 znaków/s. Sam czytnik składa się z takich podzespołów, jak: układ odczytu, urządzenie transportu taśmy, rejestr wyjściowy, układ sterowania i zasilacz (rys. 2.15).



Rys. 2.15. Czytnik-dziurkarka taśmy *CDT 325-1*

Dziurkarka taśmy papierowej służy do zamiany informacji przedstawionych w postaci impulsów elektrycznych na informację zakodowaną za pomocą dziurek na taśmie papierowej. Szybkość dziurkowania wynosi od 30—300 znaków/s. W dziurkarce wyróżnia się bloki: mechaniczny (zespoły dziurkowania i przesuwu taśmy), elektroniczny (sterowanie pracą dziurkarki i współpracą z maszyną cyfrową), zasilania i napędu.

Dalekopis i elektryczna maszyna do pisania służą jako tzw. monitory, tj. urządzenia do bezpośredniej alfanumerycznej komunikacji między operatorem a jednostką centralną systemu liczącego oraz do wprowadzania i wyprowadzania danych wejściowych i wyjściowych (na ogół w niewielkich ilościach). Dzięki tym urządzeniom operator ma możliwość ingerencji w pracę systemu liczącego, wywoływania programów i ich uruchamiania, kontrolę sprawności systemu itp. Dalekopis i elektryczna maszyna do pisania mogą być podłączone do maszyny cyfrowej bezpośrednio lub za pośrednictwem tzw. modemów, czyli urządzeń dostosowujących kod dalekopisu (elektrycznej maszyny do pisania) do kodu, w jakim informacja jest transmitowana poprzez łącze, oraz do kodu maszyny cyfrowej. Modemy wpływają także na zwiększenie wierności transmisji, gdyż są wyposażone w układy bitu parzystości. Omawiane urządzenia we-wy należą do urządzeń wyposażonych w klawiaturę, tj. w zespół elementów umożliwiający bezpośrednie wprowadzenie informacji do maszyny cyfrowej. Wyróżnia się:

— klawiatury literowo-cyfrowe wraz ze specjalnymi znakami lub klawiatury tylko cyfrowe, przy czym układ znaków musi spełnić warunki norm międzynarodowych;
— pulpity sterujące, w których klawisze mogą odpowiadać poszczególnym operacjom, czyli rozkazom (słowom), a nie pojedynczym znakom.

Dalekopis i elektryczna maszyna do pisania, jako urządzenia elektromechaniczne, charakteryzują się dość małą szybkością działania oraz stosunkowo niską niezawodnością.

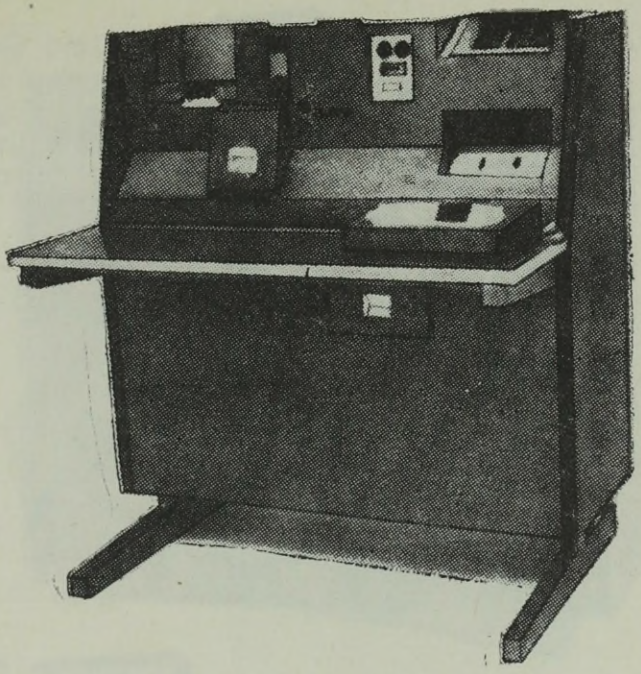
Następną grupę urządzeń we-wy stanowią urządzenia kart dziurkowanych, w których jako maszynowy nośnik informacji stosuje się karty dziurkowane (rys. 2.16). Karty są produkowane ze specjalnego cienkiego kartonu o znormalizowanych wymiarach: 187,5×82,5 mm.

Powszechnie stosuje się dwa typy kart:

— karty 80-kolumnowe o prostokątnych dziurkach — w urządzeniach pracujących na zasadzie odczytu elektrycznego (fotoelektrycznego);
— karty 90-kolumnowe o dziurkach okrągłych — w urządzeniach z odczytem mechanicznym.

Karta 80-kolumnowa podzielona jest na 12 poziomych rzędów (wierszy), zwanych strefami, natomiast pionowo podzielona jest na 80 pól, zwanych kolumnami. Pozwala to na zapisanie na całej karcie informacji zawierającej do 80 znaków alfanumerycznych.

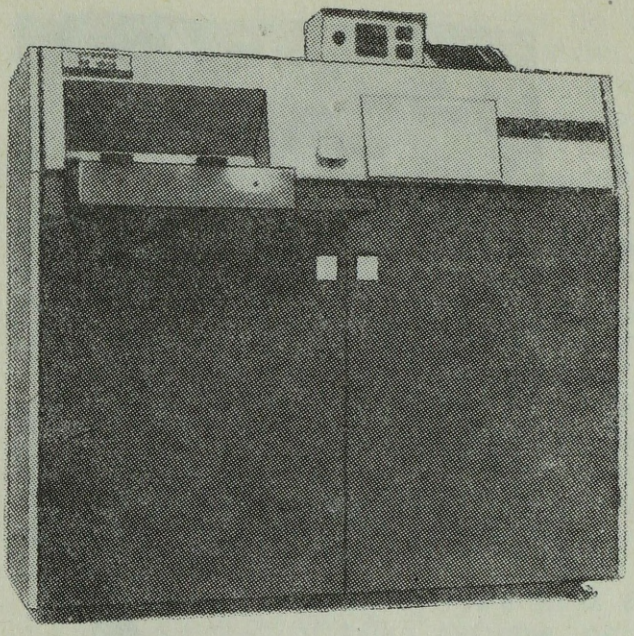
Karty dziurkowane, jako nośniki informacji, charakteryzują następujące właściwości:



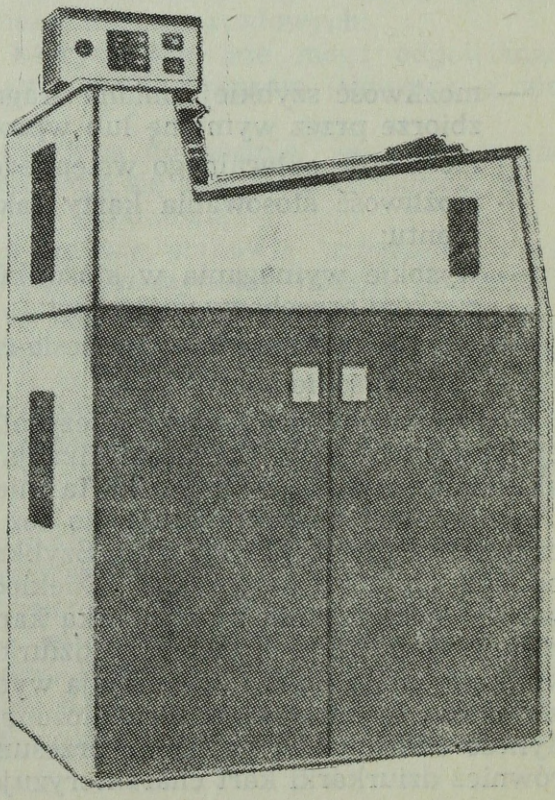
Rys. 2.16. Urządzenie do przygotowania danych — dziurkarka kart *EC-9015*

— możliwość szybkiej zmiany fragmentu informacji w dużym zbiorze przez wymianę lub wprowadzenie nowych kart;
— możliwość opłacalnego wstępnego sortowania informacji;
— możliwość stosowania karty jako konwencjonalnego dokumentu;
— wysokie wymagania w stosunku do jakości papieru i warunków przechowywania kart;
— łatwość uszkodzenia w procesie czytania;
— dość wysokie koszty.

Podstawowym problemem w czytnikach kart jest synchronizacja przesuwu karty, tzn. identyfikacja numeru wiersza (kolumny) aktualnie czytanego, gdyż karta nie ma ścieżki prowadzącej. Czytniki kart charakteryzują się też większymi gabarytami niż czytniki taśmy (rys. 2.17, 2.18). Szybkość pracy czytników wynosi od 400 do 2000 kart/minutę. Niekiedy konstruktorzy urządzeń we-wy łączą czytnik z dziurkarką kart w jedną całość. W odróżnieniu od dziurkarek taśmy, w dziurkarkach kart duże znaczenie mają pojemniki kart i organizacja wydawania kart z pojemników, zwłaszcza że karty są w nich ułożone stosami i muszą być pojedynczo oddzielone i następnie przesunięte. Podobnie jak czytniki również dziurkarki kart charakteryzują się znacznymi wymiarami



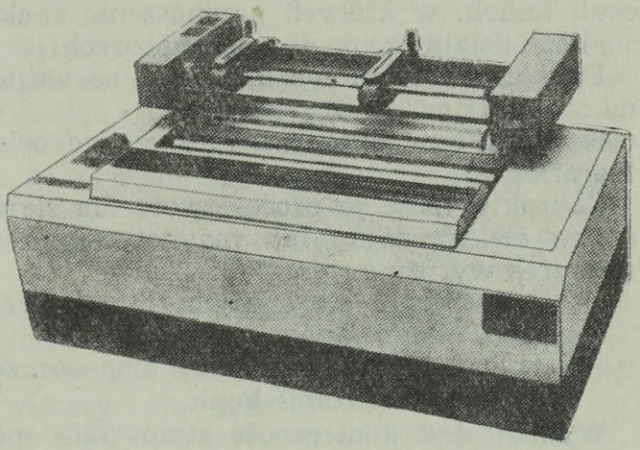
Rys. 2.17. Dziurkarka kart *EC-7014*



Rys. 2.18. Czytnik kart *EC-6016*

zewnętrznymi. Szybkość perforacji w tych urządzeniach wynosi od 100 do 600 kart na minutę.

Do najpopularniejszych i stosunkowo szybkich urządzeń wyjściowych zalicza się drukarki wierszowe wyprowadzające informację z maszyny cyfrowej w postaci alfanumerycznej (rys. 2.19).



Rys. 2.19. Drukarka wierszowa *EC-7033*

Takim urządzeniem tego typu jest drukarka *OCT 666*, która drukuje w jednym wierszu 160 znaków alfanumerycznych, a takich wierszy w ciągu minuty 1200, tzn. 192 000 znaków w ciągu minuty, co odpowiada w przybliżeniu objętości 100-stronicowej książki. Aby uzyskać taką szybkość pisania, stosuje się odmienną zasadę druku niż w maszynie do pisania, a mianowicie: w mechanicznych drukarkach wierszowych drukowany jest równocześnie cały wiersz. Podstawową częścią zespołu mechanicznego drukarek wierszowych jest tzw. bęben drukarski, obracający się ze stałą prędkością, np. 1200 obrotów/minutę. Dla sterowania pracą mechanizmu drukarki budowane są moduły z własną pamięcią buforową, sterujące drukarkę, pobierające tylko z jednostki centralnej informacje i odpowiednie sygnały startu i zajętości. Pamięć buforowa jest najczęściej ferrytową pamięcią koincydencyjną z dostępem cyklicznym, o pojemności np. 160 słów 9-bitowych, cyklu pamięci 2,2 μs i czasie dostępu 0,8 μs. Szybkość drukowania z pojedynczym dostępem między wierszami wynosi dla repertuaru (liczby typów czcionek) złożonego z 96 znaków — 900 wierszy/minutę, a dla repertuaru złożonego z 74 znaków — 1100 wierszy/minutę. Repertuar złożony z 96 znaków tworzą: 26 liter alfabetu łacińskiego, 19 cyrylicy, dwa zestawy po 10 cyfr, 29 znaków pisarskich, znak występowania błędu oraz spacja. Niezawodność drukarek omawianego typu określają takie para-

metry, jak: tzw. stopa błędu (dopuszczalne przekłamanie) — 1 znak na 10^7, średni czas międzyawaryjny — 760 godzin.

Ze względu na ograniczone możliwości mechanicznych drukarek (ograniczony repertuar, brak możliwości drukowania wykresów lub schematów, konieczność stosowania układów mechaniki precyzyjnej itp.) podjęto produkcję tzw. drukarek bezstykowych, czyli takich, w których przenoszenie znaków na papier odbywa się bez udziału czcionek mechanicznych.

Drukarki bezstykowe dzieli się, ze względu na metodę zapisu, na następujące typy:
elektrostatyczne (elektrograficzne), videoelektrostatyczne, magnetograficzne.

Charakteryzuje je proces tworzenia się zapisu, który jest procesem elektrycznym lub magnetycznym. W cyklu pracy tych drukarek wyróżnia się:

— wytworzenie na specjalnym papierze „utajonego" obrazu znaku drukowanego;
— „wywołanie i utrwalenie" tego obrazu na papierze i ewentualne sporządzanie kopii.

Wynika stąd konieczność stosowania specjalnego papieru, np. fotoczułego, pokrytego warstwą odpowiedniego dielektryka lub nasyconego roztworami pewnych substancji.

W drukarkach elektrostatycznych „utajony" obraz znaków (rysunków) wytwarza się na specjalnym papierze pokrytym warstwą dielektryka, wykorzystując zjawisko gromadzenia ładunku elektrostatycznego w silnym polu elektrycznym. „Wywołanie i utrwalenie" obrazu następuje w wyniku odpowiedniej obróbki papieru. Dla otrzymania wysokiej jakości obrazów stosuje się ok. 1000 elektrod piszących, a dla wytworzenia znaków alfabetycznych stosuje się najczęściej metodę matrycową, tzn. znak otrzymuje się przez zaciemnienie odpowiednich punktów ułożonych w polu 5×7 elementów. Zapis wiersza tekstu odbywa się równocześnie dla wszystkich symboli wiersza. Drukarka wyposażona jest ponadto w pamięć, w której zapisywany jest od razu cały wiersz. Wywołanie obrazu odbywa się za pomocą środków sypkich, np. proszków kserograficznych, jakość zaś wywołanych obrazów zależy od sposobu organizacji kontaktu między papierem a środkiem wywołującym (np. zanurzanie papieru w ciekłym wywoływaczu, próżniowe i offsetowe nanoszenie wywoływacza).

W drukarkach videoelektrostatycznych obraz znaków drukowanych jest wytwarzany na ekranach specjalnych lamp oscyloskopowych, a następnie poprzez układy optyczne jest nanoszony na światłoczuły papier. W miejscach naświetlonych gromadzi się ładunek elektrostatyczny. Papier poddawany jest zazwyczaj

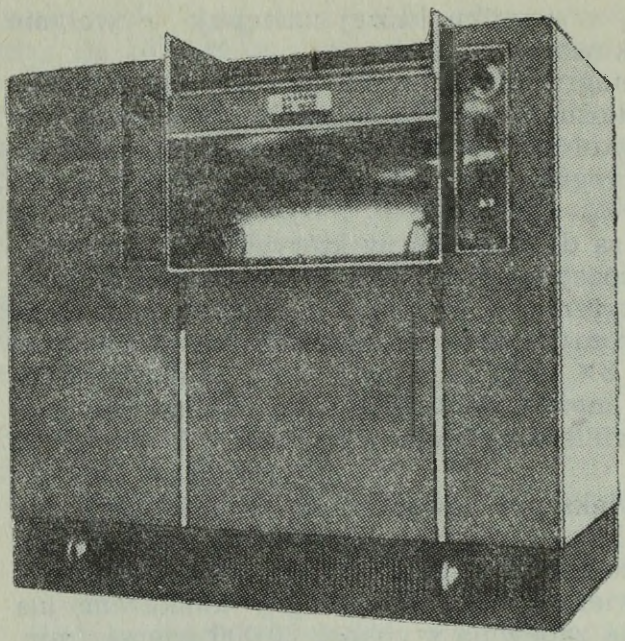
kserograficznej obróbce, w wyniku której następuje wywołanie i utrwalenie obrazu drukowanych znaków.

W drukarkach magnetograficznych wytwarza się magnetyczny „utajony" obraz na podłożu ferromagnetycznym, natomiast wywołuje się go specjalnymi proszkami magnetycznymi. Głowice magnetyczne tworzą z reguły matrycę punktową 5×7-elementową.

Drukarki natryskowe są drukarkami, w których strumień atramentu, wyrzucany ze specjalnego „działa atramentowego", sterowany jest elektrostatycznie, a niekiedy elektromechanicznie. Znaki drukuje się zazwyczaj metodą mozaikową, z zastosowaniem np. matrycy punktowej 8×14-elementowej. Dużą zaletą tej drukarki jest cicha praca i możliwość stosowania zwykłego papieru, natomiast wadą — niewielka szybkość wynosząca 120 znaków/s (90 wierszy/min).

Oczekuje się, że największym powodzeniem będą cieszyły się w najbliższych latach właśnie drukarki natryskowe. Na przykład firma MEAD opracowała model drukarki *2700*, której szybkość określa się na 80 000 wierszy/min, podczas gdy konkurencyjna drukarka elektrograficzna zapewnia szybkość 20 000 wierszy/min. Drukarka *MEAD 2700* ma możliwość wytwarzania znaków o różnej wysokości. Firma japońska FUJITSU wyprodukowała drukarkę laserową osiągającą szybkość 10 000 wierszy/min. W drukarce tej wiązka promieni laserowych modulowana jest przez element akustyczno-optyczny, a następnie promienie są odbijane między dwunastościanowym zwierciadłem, obracającym się z szybkością 33 000 obrotów/min, a powierzchnią światłoczułej płytki. Drukarka laserowa firmy ICL, tzw. *LPS 14*, jest dziesięciokrotnie szybsza od konwencjonalnej superszybkiej drukarki uderzeniowej i może zastąpić kilka drukarek klasy 1200 wierszy/min. Umożliwia także wytwarzanie 255 kopii, bez potrzeby dostarczania dodatkowego tekstu z jednostki centralnej. Uzyskany druk o najwyższej jakości, o wysokim kontraście i dobrej czytelności na wszystkich kopiach, powstał dzięki generowaniu znaków przez promień lasera.

Z drukarek wierszowych, szeroko dostępnych i produkowanych w kraju, dużą popularnością cieszy się drukarka mozaikowa *DZM 180/KSRE* stosowana do pracy w systemie wielodostępnym, najczęściej jako końcówka typu dalekopis (rys. 2.20). Urządzenie to składa się z drukarki zawierającej bufor 256-znakowy, klawiatury i interfejsu (po wprowadzeniu zmian umożliwiających podłączenie do sieci telekomunikacyjnej za pośrednictwem modemu). Drukarkę *DZM 180* charakteryzują następujące parametry: szybkość drukowania 180 znaków/s, struktura znaku — matryce 7×5,



Rys. 2.20. Drukarka mozaikowa *DZM 180/325*

szerokość maksymalna wydruku 132 znaki/linie, wymiary: 33×70×40 cm, masa 35 kg. Drukarka może pracować w następujących wariantach:

— z modemami lub bez modemów w pełnym zakresie lub w półdupleksie oraz lokalnie;
— jako transmisja asynchroniczna szeregowa lub blokowa (do 256 znaków w bloku).

Drukarka *DZM 180/KSRE*, dzięki wyposażeniu jej w klawiaturę alfanumeryczną, stała się popularnym i cenionym urządzeniem „dialogowym", pozwalającym zarówno na wprowadzanie, jak i na wyprowadzanie danych. Stosowana jest w systemach informatycznych jako tzw. terminal.

Kolejną grupę urządzeń we-wy tworzą czytniki dokumentów, służące do zamiany informacji przedstawionej w formie liter, cyfr, znaków pisarskich i symboli — na język maszyn cyfrowych. Wśród urządzeń tej grupy uwagę zwracają czytniki, których zadaniem jest kodowanie kolejnych znaków czytanego dokumentu w odpowiednim kodzie binarnym. W procesie czytania dokumentów można wyróżnić etapy:

— przygotowanie dokumentów do wprowadzenia;
— transport dokumentów, podczas którego dokumenty przechodzą pod głowicą układu optycznego;
— badanie tekstu, w którym układ czytający zapewnia stwo-

rzenie obrazu optycznego kolejnych znaków tekstu, a następnie jego zamianę na odpowiedni przebieg elektryczny w celu zapisania w pamięci;
— rozpoznawanie, kiedy zapamiętany „obraz" elektryczny przeczytanego znaku zostaje porównany z grupą znaków wzorcowych i w ten sposób identyfikowany;
— zapisywanie — rozpoznawane znaki zostają zapisane w pamięci a następnie mogą być wykorzystane do opracowania przez maszynę cyfrową.

Czytniki dokumentów tworzą najczęściej następujące zespoły funkcjonalne: kasety podające, zespół transportu, układ czytający, układ rozpoznający obraz oraz kasety odbiorcze z urządzeniem sortującym. Typowe szybkości czytania dostępnych modeli czytników dokumentów wynoszą (w znakach/s): 480 (*IBM 1428 MODEL 3*), 370 (*CONTROL DATA 915 PAGE READER*), do 2000 (*PHILCO GENERAL PURPOSE PRINT READER*), 2400 (*RECOGNITION EQUIPMENT INC*).

Grupę urządzeń we-wy, z którą wiązane są obecnie duże nadzieje użytkowników, stanowią urządzenia, umożliwiające bezpośrednią graficzną komunikację człowieka z maszyną cyfrową. Urządzenia te oparte są przede wszystkim na wykorzystaniu lampy oscyloskopowej i wiążą się z obecną tendencją zmierzającą do „bezpapierowego" przetwarzania danych. Są to tzw. monitory ekranowe (DISPLAY). Ogólnie dzieli się je na dwie grupy, a mianowicie:

— alfanumeryczne monitory ekranowe, tzw. alfaskopy, czyli urządzenia umożliwiające wyprowadzenie znaków alfanumerycznych i prostych informacji graficznych oraz wprowadzenie, za pomocą klawiatury, znaków numerycznych;
— monitory ekranowe z piórem świetlnym, tzw. grafoskopy, umożliwiające człowiekowi wymianę wszelkich informacji graficznych z maszyną cyfrową.

Pierwszą grupę monitorów ekranowych stanowią urządzenia składające się z klawiatury oraz z lampy oscyloskopowej. Klawiatura służy do wprowadzania informacji, a ekran do jej wyprowadzania, przy czym dla kontroli wprowadzanych tekstów na ekranie jest wyświetlona aktualnie wprowadzana informacja. Zdolność rozdzielcza lampy i jej wymiary pozwalają na jednoczesne wyświetlanie kilkunastu wierszy tekstu, po kilkadziesiąt znaków w wierszu. Wadą stosowanych lamp jest stosunkowo krótka poświata, co wymaga znacznej liczby powtórzeń obrazu, a także jej kołowy kształt i stosunkowo mała średnica ekranu (typowe wymiary: 20×20 cm). Oprócz standardowych lamp oscyloskopowych stosowane są lampy projekcyjne, przeznaczone do projekcji

obrazu na duży ekran za pośrednictwem układu optycznego oraz tzw. oscyloskopowe lampy pamięciowe, charakteryzujące się jednak małą selektywnością i niską kontrastowością.

Ze względu na sposób dostarczania informacji do monitorów ekranowych wyróżnia się:

— monitory bez pamięci obrazu, które wymagają w trakcie wyświetlania obrazu ciągłego kontaktu z pamięcią komputera;
— monitory z pamięcią obrazu, wyposażone w pamięć buforową, zdolne do zapamiętania obrazu obejmującego cały ekran.

Produkowane obecnie alfanumeryczne monitory ekranowe wyposażone są w dodatkową klawiaturę ułatwiającą redakcję tekstu oraz umożliwiającą komunikację z komputerem. Liczba znaków, które mogą być wyświetlane na ekranie, zawiera się w granicach 500—1000 znaków.

Monitory ekranowe z piórem świetlnym * należą do grupy tzw. urządzeń dynamicznych we-wy, charakteryzujących się możliwością aktywnego oddziaływania na proces tworzenia obrazu. Możliwości te uzyskuje się dzięki stosowaniu pióra świetlnego, którego zasada działania polega na wykorzystaniu sprzężenia zwrotnego między układami odchylającymi strumień wytwarzający plamkę świetlną na ekranie lampy oscyloskopowej i elementem światłoczułym, znajdującym się w obudowie przypominającej wyglądem zewnętrznym pióro. Za pomocą pióra świetlnego operator ma możliwość dokonywania zmian poszczególnych elementów rysunku na ekranie (przesunięcie, zmiana skali, zmiana przekroju lub rzutu itp.) oraz możliwość rysowania na ekranie, podobnie jak to czyni się na papierze. Kreślenie linii piórem świetlnym polega na wielokrotnej realizacji programu ustalenia i zapamiętywania położenia przesuwającego się po powierzchni ekranu pióra, wraz z natychmiastowym wyświetlaniem jego drogi. Grafoskopy mają ponadto znacznie bogatszy niż alfaskopy repertuar symboli, wyposażone są w generatory wektorów, krzywych drugiego stopnia, a także klawiaturę ułatwiającą sterowanie piórem. Korzystając z klawiatury można przesuwać fragmenty lub całe utworzone poprzednio rysunki, łączyć je lub wymazywać z ekranu itp. Dążąc do skoncentrowania uwagi użytkownika na ekranie grafoskopu zastępuje się niekiedy klawiaturę funkcyjną odpowiednim zbiorem klawiszy świetlnych. Są to symbole lub teksty, wyświetlane na poboczu ekranu. Wskazując je piórem świetlnym, użytkownik wprowadza do programu użytkowego

* Wyczerpujące omówienie grafoskopów zawiera opracowanie naukowców z WAT pt.: *Grafoskopy w systemach komputerowych.* WNT, Warszawa, 1980 r.

dyrektywy i ich parametry. Do wad grafoskopów należy np. możliwość reagowania na światło zewnętrzne i na odbicie na ekranie (eliminuje się to przez stosowanie tzw. piór strumieniowych), a także konieczność stosowania lamp oscyloskopowych pokrytych dwoma warstwami różnych luminoforów.

Na ekranie lampy oscyloskopowej wyróżnia się z reguły 1024 × ×1024 punktów, tzn. 2^{20} punktów, co zapewnia uzyskanie znacznie większej rozdzielności niż np. w telewizorze.

Rozwój monitorów ekranowych polega przede wszystkim na doskonaleniu sprzętu opartego na lampach oscyloskopowych (kineskopowych), co wyraża się np. wprowadzeniem monitorów kolorowych. Najnowsze zaś rozwiązania nie są oparte na lampach oscyloskopowych, lecz np. stosowane są monitory wyposażone w tablice plazmowe o znacznych wymiarach (do 1,8 × 2,5 m), rozwinięciem zaś monitorów ściennych są systemy oparte na fotochromii i technice laserowej, a także płaskie ekrany zbudowane techniką ciekłych kryształów. Zapewniają one uzyskiwanie wielobarwnych obrazów *.

Należy także wspomnieć o biernych urządzeniach wyjściowych maszyn cyfrowych, przeznaczonych do wyprowadzania informacji graficznej. Są to różnego rodzaju pisaki przetwarzające wyniki w postaci cyfrowej na wykresy i ich opisy lub rysunki. Do współpracy z maszynami analogowymi służą pisaki analogowe (typu x-y lub y-t), sterowane bezpośrednio sygnałami analogowymi, które wyposażone w konwertory cyfrowo-analogowe stosuje się jako urządzenia wyjściowe maszyn cyfrowych. Pisaki cyfrowe dostosowuje się bezpośrednio do współpracy z urządzeniami cyfrowymi.

Pisaki x-y, ze względu na mechanizm poruszania elementem kreślącym, dzieli się na: pisaki działające na zasadzie kompensacji napięciowej (pisaki analogowe) oraz pisaki wykorzystujące silniki krokowe (pisaki cyfrowe).

Z kolei pisaki cyfrowe dzieli się na: elektroniczne, w których wykres jest wytwarzany przez ruch promienia elektronowego, a sam wykres rejestrowany jest automatycznie na mikrofilmie, oraz elektromechaniczne, w których wykres jest wytwarzany przez ruch pióra względem powierzchni rejestrującego papieru.

Pod koniec lat 70-tych charakterystycznymi wydarzeniami w dziedzinie urządzeń we-wy były: pojawienie się generacji drukarek laserowych (*IBM*, *XEROX*, *SIEMENS*), które drukują z szybkością do 21000 wierszy/min, z jakością podobną do druku offseto-

* Tzw. monitory ścienne o dużych wymiarach znalazły zastosowanie do zobrazowania sytuacji w zautomatyzowanych systemach dowodzenia obroną powietrzną.

wego, a także pojawienie się plottera (pisak x-y) elektrostatycznego firmy VERSATEC, który jest 30—100 razy szybszy od konwencjonalnych, graficznych urządzeń wyjściowych. Należy przewidywać dalszy postęp przede wszystkim w dziedzinie drukarek bezuderzeniowych i monitorów ekranowych, a także tanich urządzeń do optycznego odczytu znaków i urządzeń zapewniających sprzężenie akustyczne z maszyną cyfrową.

Należy także podkreślić znaczenie urządzeń do przygotowania danych — bezpośredniego zapisu na urządzeniu pamięciowym. Przykładem takiego urządzenia może być urządzenie *EC 9004*, produkowane przez bułgarską firmę ISOTIMPEX. Służy ono do bezpośredniego zapisu na taśmie magnetycznej informacji wprowadzanych za pośrednictwem klawiatury. Urządzenie ma wbudowaną pamięć buforową, w której mieści się cały blok danych do chwili jego zapisania na taśmie magnetycznej. Pozwala to korygować błędy powstające podczas wprowadzania danych.

Na żądanie zamawiającego urządzenie *EC 9004* może realizować następujące dodatkowe operacje:

— przepisywanie danych z jednego urządzenia na inne;
— drukowanie danych zapisanych na taśmie magnetycznej;
— wprowadzanie danych z czytnika kart dziurkowanych.

Niewątpliwie urządzenia do bezpośredniego zapisu danych są wyrazem jednej z nowoczesnych tendencji rozwojowych wśród urządzeń we-wy.

Jednym z takich urządzeń jest *FLOPPYMAT-D*, przeznaczony do zbierania i bezpośredniego zapisu danych na tzw. elastycznych dyskach. Pojemność jednego dysku wynosi 242 944 bajty. Informacje zapisywane są na 74 ścieżkach, na jednej ścieżce znajduje się 26 sekcji, a długość jednej sekcji wynosi 128 bajtów. Dane, przeznaczone do zapisu za pomocą klawiatury alfanumerycznej, mogą być kontrolowane dzięki wyposażeniu w monitor ekranowy. Urządzenie *FLOPPYMAT-D* może wykonywać następujące operacje: zapis, czytanie i korekta, kontrola i korekta, wyszukiwanie według adresu, wyszukiwanie według zawartości, wyszukiwanie ostatniego zapisanego rekordu itp.

2.6. Systemy minikomputerowe

Precyzyjne określenie minikomputera napotyka znaczne trudności, gdyż przedrostek „mini" — sugerujący urządzenie o niewielkich możliwościach obliczeniowych — odnosi się tylko do ceny minikomputera i do jego gabarytów, bowiem postęp w dziedzinie technologii układów cyfrowych, architektury syste-

mów liczących i oprogramowania spowodował, że dzisiejsze minikomputery mają możliwości wczorajszych dużych komputerów. Kwestię powyższą komplikuje na dodatek fakt pojawienia się na rynkach światowych tzw. mikrokomputerów.

Podstawową cechę minikomputerów — ich niską cenę, osiąga się kosztem pewnych uproszczeń struktury logicznej, w porównaniu ze średnimi i dużymi komputerami. Polegają one głównie na stosowaniu krótkiego słowa maszynowego, na małej liczbie rejestrów uniwersalnych, uproszczeniu struktury arytmometru i małej pamięci operacyjnej. Istnieją jednakże możliwości zwiększenia pojemności pamięci operacyjnej *. Stosowanie krótkiego słowa maszynowego (16, 12, a nawet 8 bitów) utrudnia efektywne adresowanie, co może wydłużać czas cyklu rozkazowego. Ograniczone możliwości listy rozkazów powodują wydłużanie czasu realizacji programów. Lista rozkazów stanowi najistotniejszą cechę architektury procesora, gdyż określa funkcje dostępne dla programisty. Liczba rozkazów standardowych wynosi dla minikomputerów np. 27 *(MERA 300)*, 85 *(PDP-11* firmy DIGITAL EQUIPMENT CO.), 128 *(HP 21 MK* firmy HEWLETT PACKARD) **. Do najpopularniejszych modeli stosowanych w latach 70-tych należał minikomputer *PDP-11*. Jest to szybka, uniwersalna maszyna cyfrowa, operująca 16-bitowym słowem.

Powiemy zatem, że współczesny minikomputer jest najczęściej 16-bitową maszyną cyfrową z pamięcią od 1 do 32 k-słów ***. Cechuje ją ograniczona dokładność obliczeń, wolna arytmetyka podwójnej precyzji, brak układów realizujących arytmetykę zmiennoprzecinkową itp. , ale także: możliwość mikroprogramowania, rozbudowany system we-wy i bogaty repertuar rozkazów. W zasadzie minikomputery różnią się od małych komputerów większymi możliwościami oprogramowania, co w znacznej mierze wpływa obecnie na cenę maszyn. Porównanie podstawowych cech programowalnych kalkulatorów, minikomputerów i małych komputerów zawiera tabela 2.7.

Typowy minikomputer (rys. 2.21) tworzą następujące bloki funkcjonalne: pamięć, układy arytmetyczno-logiczne, sterowanie, układy we-wy.

Bloki te połączono tzw. magistralami. Sterowanie i układy arytmetyczno-logiczne wraz z magistralami i rejestrami nazywa się procesorem centralnym (jednostką centralną). Najpowszech-

* W. Komorowski: *Architektura minikomputerów*. WNT, Warszawa 1980 r.

** Liczba rozkazów standardowych mikroprocesora *INTEL 8080* wynosi 111.

*** C. Weitzman: *Systemy minikomputerowe. Struktura i zastosowanie*. WNT, Warszawa 1979 r.

Tabela 2.7

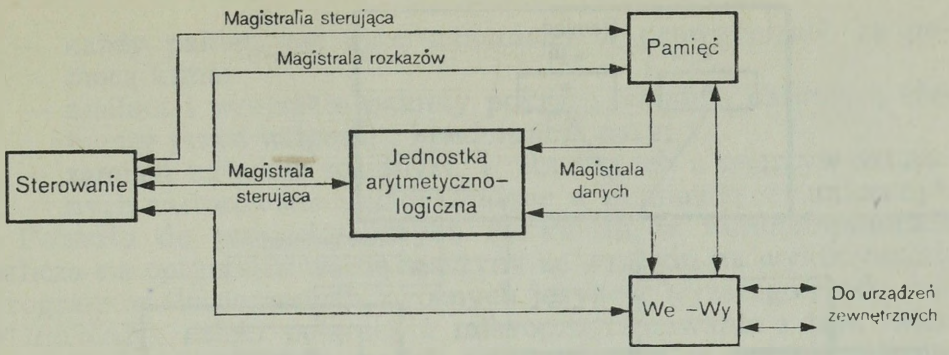
Podstawowe cechy kalkulatorów, minikomputerów i małych komputerów

Charakterystyki	Kalkulator programowalny	Minikomputer	Mały komputer
Maksymalna wielkość pamięci w słowach	100	32 000	256 000
Maksymalna długość słowa w bitach	64	18	24
Języki wyższego rzędu	Realizacja sprzętowa BASIC	Realizacja programowa: FORTRAN, BASIC, ALGOL, RPG, PASCAL	Realizacja programowa: FORTRAN, BASIC, ALGOL, RPG, COBOL
Przeznaczenie	określone	uniwersalne	uniwersalne
Urządzenie we-wy zapisujące, wyświetlacz	wbudowane	dołączone urządzenie zewnętrzne	dołączone urządzenia zewnętrzne
Szybkość	mała	duża	duża
Programowanie	ręcznie z klawiatury	assembler lub język wyższego rzędu	język wyższego rzędu
Wymagany od użytkownika stopień znajomości zasad działania maszyny	żaden	duży	mały
Koszt	bardzo niski	niski	wysoki

niejszą jest taka organizacja, przy której procesor zwraca się do pamięci przez szybką magistralę pamięciową, a do wszystkich urządzeń zewnętrznych przez magistralę we-wy *. Stosuje się zarówno pamięci ferrytowe, jak i półprzewodnikowe, których czas cyklu wynosi od 0,2 do 0,4 μs.

Podstawowymi elementami procesora centralnego są: rejestr rozkazów, dekoder, układy sterowania, licznik rozkazów, sumator z komparatorem, akumulator i rejestr stanu. Typowy cykl pracy minikomputera obejmuje dwa podcykle: cykl pobrania rozkazu i cykl wykonania rozkazu. Jednym z istotnych parametrów minikomputerów jest sposób adresowania i długość słowa, np. w minikomputerze 8-bitowym można praktycznie adresować co

* W niektórych minikomputerach, takich jak *PDP-11*, pamięć traktowana jest jak urządzenie zewnętrzne i kontakt z nią odbywa się przez magistralę we-wy.



Rys. 2.21. Organizacja blokowa minikomputera

najwyżej 256 słów, a w 16-bitowym — 64 k-słów (zakres adresowania w maszynach n-bitowych jest równy 2^n słów).

Minikomputery ze sterowaniem mikroprogramowym zawierają zespół sterujący z układem pamiętającym program ich działania. Zespół sterujący obejmuje dwa bloki funkcjonalne: pamięć sterowania i dekoder sterowania. Dekoder sterowania steruje wszystkimi elementami zestawu, łącznie z dwoma poziomami pamięci: pamięcią główną i szybką pamięcią sterowania (rys. 2.22).

Jedną z podstawowych cech minikomputerów jest ich wysoka niezawodność, która np. dla *PDP-11* wynosi (w godzinach pracy efektywnej między uszkodzeniami): 22 000 godzin (procesor), 33 000 godzin (zasilacz), 11 000 godzin (pamięć). Najwyższy poziom niezawodności osiąga się w minikomputerach dla zastosowań wojskowych, w których, w porównaniu z minikomputerami handlowymi, dokonano zmiany obudowy i uodpornienia na udary. Takie minikomputery przeważnie mogą funkcjonować w temperaturze od — 55°C do 95°C i wytrzymują udary rzędu 300 G.

Ze względu na zakres zastosowań i możliwości, organizację przetwarzania, typ oprogramowania itp., minikomputery dzieli się na następujące kategorie *:

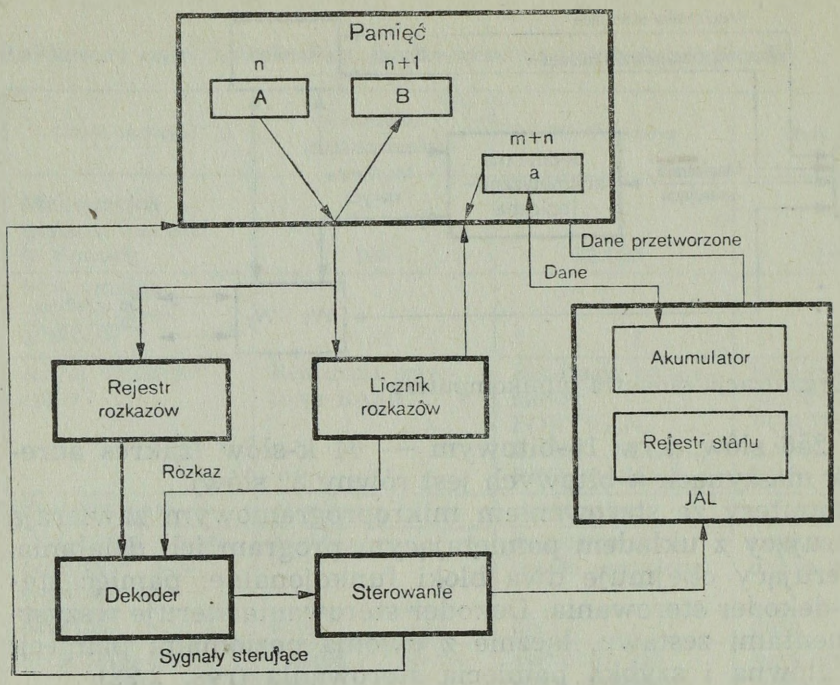
a) systemy przetwarzania i redagowania tekstów;

b) końcówki inteligentne i stacje końcowe do przetwarzania wsadowego, przy czym końcówkami inteligentnymi nazywa się systemy wyposażone w minikomputer lub programowalną jednostkę sterującą;

c) systemy wprowadzania i rejestracji danych oraz systemy automatycznego testowania, które stosuje się do analizowania informacji rejestrowanej podczas testowania różnych obiektów;

d) procesory telekomunikacyjne, realizujące w systemach

* C. Weitzman, wyd. cyt.



Rys. 2.22. Schemat typowej architektury minikomputera

telekomunikacyjnych: koncentrację danych, komutację wiadomości i tzw. przetwarzanie czołowe;

e) systemy sterowania instalacji i procesorów przemysłowych;

f) systemy do obliczeń numerycznych i systemy wielodostępne;

g) systemy dowodzenia, kierowania ogniem i nawigacji.

Podstawowym zadaniem przy projektowaniu minikomputerów wojskowych jest maksymalizacja niezawodności, której nie można zrealizować metodami strukturalnymi (przez stosowanie układów nadmiarowych). W minikomputerze Ruggednova *Rolm 1602*, który jest wymienny z minikomputerem *Data General Nova*, osiągnięto dużą niezawodność dzięki temu, że:

— każdy pakiet jest przymocowany do przewodzącej ciepło ramki metalowej;

— każdy układ scalony jest osadzony w ramce termicznej, która usztywnia pakiet i odprowadza ciepło od układów do krawędzi pakietu;

— zastosowano tzw. złącza pośrednie zamiast krawędziowych;

— między złączami umieszczono blok naprowadzający;

— pakiety nakryto płytkami w celu ochrony przed smarami i wyginaniem się pakietu w czasie wibracji;

— każdy pakiet jest unieruchomiony w prowadnicach za pomocą klina;
— zasilacz i wszystkie pakiety pokryto warstwą chroniącą elementy przed wilgocią i kondensacją pary;
— zamiast układów scalonych w obudowach z tworzyw sztucznych zastosowano układy scalone w obudowie ceramicznej *.

Ponadto do przyszłościowych rozwiązań w minikomputerach zalicza się optymalizowanie maszyny ze względu na wykonywanie programów tłumaczonych z różnych języków wyższego rzędu (np. FORTRAN), dzięki połączeniu mikroprogramowania i tzw. organizacji stosowej. Wiele modeli minikomputerów ma już wbudowane układy do testowania i wykrywania błędów. Powstają również nowe miniurządzenia zewnętrzne, znacznie upraszczające wymianę informacji z minikomputerem. Zaliczyć do nich można urządzenie rozpoznające mowę firmy DATA GENERAL (w maszynie *NOVA*), tanie minipamięci z dyskiem elastycznym, monitory z ekranem plazmowym (używane w wojskowym minikomputerze *CDC 469*). Minikomputery oraz mikrokomputery stanowią podstawę tworzenia wojskowych i kosmicznych systemów pokładowych.

Przykładem minikomputera produkcji krajowej może być *MERA-400*. Jest to uniwersalna 16-bitowa maszyna cyfrowa o elastycznej strukturze logicznej i funkcjonalnej budowie. Maksymalna pojemność pamięci operacyjnej wynosi 17 bloków po 4k do 32 k-słów 16-bitowych, czas cyklu zaś wynosi 700 μs.

2.7. Systemy teleinformatyczne

Szczególnym rodzajem informacji, jakie mogą być przesłane na odległość za pomocą systemów telekomunikacyjnych, są informacje cyfrowe. Informacje przesyła się od źródła informacji do obiektu przeznaczenia. Sygnały nadawane, wytwarzane w nadajniku, docierają do odbiornika przez kanały transmisji. Usługi telekomunikacyjne w zakresie transmisji informacji, pochodzących od komputerów lub wykorzystywanych przez komputery, określa się mianem transmisji danych (teledacji). W skład każdego systemu transmisji danych wchodzi cyfrowe źródło danych i ujście danych (obiekt przeznaczenia informacji cyfrowych) oraz zespół urządzeń umożliwiających szybkie i wierne przesyłanie informacji, czyli transmisję danych ze źródła do ujścia. Zespół tych urządzeń, czyli cyfrowy kanał telekomunikacyjny, określa się

* C. Weitzman, wyd. cyt.

mianem kanału transmisji danych. Jako typowe urządzenie, w które wyposażone są źródła i ujścia danych, służyć mogą: dalekopisy, urządzenia we-wy, pamięć maszyn cyfrowych.

W tabeli 2.8 podano szybkość niektórych tych urządzeń we-wy.

Tabela 2.8

Szybkość niektórych urządzeń we-wy

Rodzaj urządzenia	Szybkość wprowadzania lub wyprowadzania danych [kbit/s]
Dalekopisy arkuszowe	0,045—0,3
Magnetofony cyfrowe — szpulowe	0,15—2720
— kasetowe	0,15—10
Mechaniczne czytniki kart	3,2—10,6
Perforatory kart	32—6,4
Czytniki taśmy	0,075—8
Dziurkarki taśmy	0,075—2,4
Szybkie drukarki wierszowe	6—19,2
Drukarki mozaikowe	2
Monitory ekranowe:	
— alfaskopy	5
— grafoskopy	50
Dyski magnetyczne	1240—2496
Bębny magnetyczne	1000—8000
Pamięci ferrytowe	2000—64000

Źródło: *Wprowadzenie do teleinformatyki.* Wyd. WKiŁ, Warszawa 1979 r.

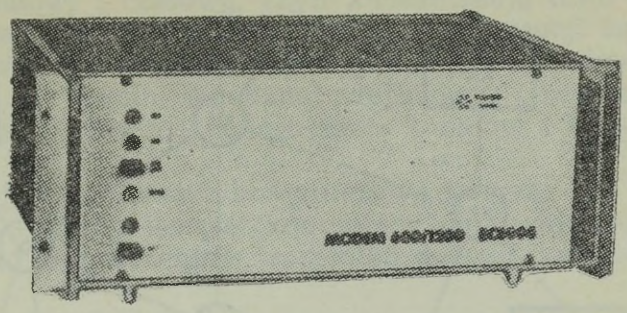
Istnieją dwa odmienne sposoby przesyłania dowolnej informacji przez łącza telekomunikacyjne: transmisja analogowa i transmisja cyfrowa. Pierwsza oznacza, że przesyła się sygnały o ciągłym widmie częstotliwości, druga — że przesyłany jest ciąg impulsów binarnych (typu: TAK — NIE). Ze względu na szybkość transmisji, wyrażoną w bit/s, wyróżnia się następujące rodzaje łączy *:

— podakustyczne — wolniejsze od łączy telefonicznych (szybkość: 45—180, 200);
— akustyczne łącza telefoniczne (szybkość 600 i 1200, a przy użyciu modemów — 1200—4800, a nawet 10 500);
— szerokopasmowe — szybsze od łączy telefonicznych (szybkości: 19 200, 40 800, 50 000, a nawet 500 000).

Do przekształcania sygnałów cyfrowych na sygnały dostosowane do łącza analogowego i odwrotnie służą modemy (rys. 2.23).

* J. Martin: *Wprowadzenie do transmisji danych.* WNT, Warszawa 1975 r.

Rys. 2.23. Modem *600/1200 (EC-8006)*



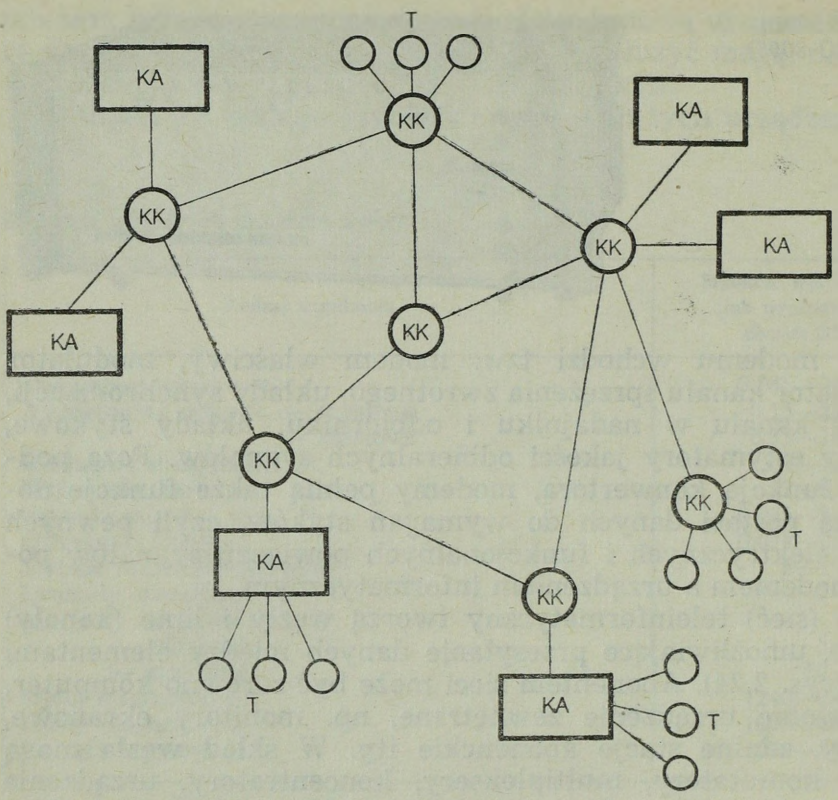
W skład modemu wchodzi tzw. modem właściwy, modulator i demodulator kanału sprzężenia zwrotnego, układy synchronizacji, korektory kanału w nadajniku i odbiorniku, układy stykowe, a niekiedy estymatory jakości odbieralnych sygnałów. Poza podstawową funkcją konwertora, modemy pełnią także funkcję dostosowania postaci danych do wymagań styków, czyli pewnych zespołów elektrycznych i funkcjonalnych powiązań sygnałów pomiędzy modemem a urządzeniem informatycznym.

System (sieć) teleinformatyczny tworzą węzły i linie (kanały) łączące je, umożliwiające przesyłanie danych między elementami systemu (rys. 2.24). Abonentem sieci może być zarówno komputer, jak i dowolne urządzenie zewnętrzne, np. monitory ekranowe, dalekopisy, zdalne stacje abonenckie itp. W skład węzła mogą wchodzić komutatory, multipleksery, koncentratory, urządzenia modemowe, komputery komunikacyjne i obliczeniowe itp.*. Wyróżnia się dwa podstawowe sposoby przesyłania informacji poprzez sieć utworzoną na podstawie węzłów komutacji:

— metoda komutacji kanałów (łączy), polegająca na tworzeniu bezpośredniego połączenia między źródłem i ujściem informacji przed rozpoczęciem przesyłania, a więc podobnie, jak to się dzieje w sieci telefonicznej;
— metoda komutacji informacji, polegająca na tym, że istnieje możliwość podziału wiadomości na bloki i przesyłania ich przez sieć do ujścia, gdzie dokonuje się uporządkowanie informacji **.

* Przyjęto nazywać komputerami komunikacyjnymi komputery służące do sterowania przepływem informacji w sieci, w odróżnieniu od komputerów obliczeniowych, których zadaniem jest realizacja zadań obliczeniowych użytkowników.

** Rozróżnia się komutację wiadomości, w której przesyłana jest cała wiadomość wraz z adresami oraz danymi służbowymi, od komutacji pakietów, w której wiadomość jest dzielona na bloki (segmenty), do nich dodaje się adresy i dane służbowe tworząc pakiety o ustalonym formacie.



Rys. 2.24. Przykład struktury sieci komputerowej

W drugiej metodzie informację kieruje się do miejsca przeznaczenia blokami o stałych lub różnych długościach, które zostały uprzednio zmagazynowane w pamięci. W sieciach teleinformatycznych najczęściej stosuje się komutację mieszaną, tj. komutację czasową łączy i komutację informacji.

W węźle sieci, pracującym metodą komutacji informacji, znajduje się procesor komunikacyjny (węzłowy) mający rejestr cech wszystkich obsługiwanych przez niego urządzeń końcowych oraz algorytmy sterowania przesyłaniem informacji. Po odebraniu pakietu procesor umieszcza go w kolejce wejściowej, gdzie oczekuje na opracowanie. Musi zatem być wyposażony w odpowiednią pamięć, w której formowane są kolejki oczekujących na opracowanie wiadomości. Zadaniem komutacji jest kierowanie informacji na trasy prowadzące do zadanych miejsc docelowych. Ze względu na nierytmiczną pracę źródeł informacji węzły komutacji spełniają zadania koncentracji nadsyłanych danych w strumieniach z nich wypływających. Wyróżnia się przy tym koncentrację przestrzenną,

czyli koncentrację kanałów, i czasową, czyli koncentrację informacji. Podstawowym wyposażeniem koncentratora informacji są pamięci buforowe, w których gromadzi się napływające od abonentów dane do czasu, aż zwolni się kanał wejściowy. Obecnie stosowane są koncentratory łączące koncentrację kanałów i koncentrację informacji.

Najogólniej przyjmuje się,* że sieć komputerową tworzą:

— co najmniej dwa systemy liczące (komputery obliczeniowe) z podziałem czasu i wyposażeniem transmisji danych (komunikacyjnym);
— urządzenia abonenckie (końcówki);
— zespół technicznych środków telekomunikacji (komputery komunikacyjne, modemy, linie łączności itp.);
— oprogramowanie podstawowe sieci (sterowanie przesyłaniem, komunikacją i wymianą wiadomości między abonentami i komputerami w sieci).

Całość elementów i oprogramowania, realizujących funkcje rozproszonych przestrzennie użytkowników, jest nazywana zbiorem zasobów sieci komputerowej. Zbiór reguł dotyczących zasad współpracy elementów oraz abonentów w sieci nazywa się protokółem sieci. Komputerem użytkowników sieci jest zazwyczaj system wielodostępny, wykorzystywany w trybie wsadowym i interakcyjnym, zarówno lokalnie, jak i zdalnie. Wyposażony on jest w mechanizmy podziału czasu oraz moduł programowy, zapewniający jego współpracę z komputerem komunikacyjnym (niekiedy może być stosowany koncentrator). Funkcje węzła pełni zazwyczaj procesor zwany komputerem komunikacyjnym.

Całość urządzeń telekomunikacyjnych stanowi łącze telekomunikacyjne, które może być tworzone na bazie:

— telefonicznej lub telegraficznej komutacyjnej sieci powszechnego użytku;
— telefonicznych lub telegraficznych linii dzierżawionych;
— specjalnych, szerokopasmowych kanałów telekomunikacyjnych.

Przyszłość transmisji o dużych szybkościach (od 20 kbodów do 50 kbodów) wiąże się z zastosowaniem techniki cyfrowej, a w dalszej perspektywie — łączności świetlnej i laserów (ok. 10^{10} bodów) **.

Ze względu na topologię wyróżnia się sieci o strukturach: scentralizowanej (gwiaździstej), rozłożonej i pętlowej (łańcuchowej).

* M. Bazewicz: *Sieci komputerowe.* Informatyka nr 2/1977 r.

** Bod jest jednostką szybkości modulacji będącej liczbą dyskretnych stanów znamiennych sygnału w ciągu sekundy.

Oprogramowanie komunikacyjne sieci można podzielić na oprogramowanie komputera użytkownika i oprogramowanie komputera komunikacyjnego. Ma ono strukturę wielopoziomową, obejmującą cztery poziomy:

— poziom odpowiadający transmisji węzeł-węzeł, obejmujący programy operacyjne komputerów komunikacyjnych (przesyłanie i analiza informacji, sterowanie transmisją, sprawdzanie poprawności transmisji itp.);
— poziom odpowiadający transmisji: węzeł-komputer użytkownika, obejmujący programy sieciowe systemu operacyjnego komputera użytkownika sieci;
— poziom dotyczący transmisji: komputer użytkownika-komputer użytkownika w sieci, który stanowi oprogramowanie realizujące funkcje systemowe (planowanie i sterowanie przesyłaniem zadań, planowanie dostępu, organizacja współpracy między procesami przetwarzania w komputerach użytkowników);
— poziom odpowiadający komunikacji: abonent-abonent, stanowiący oprogramowanie zapewniające realizację wymaganych przez użytkowników usług sieci.

Oprogramowanie pozwala na specyficzne sposoby wykorzystywania sieci, do których można zaliczyć następujące:

— zdalne uruchamianie zadań, wiążące się z przenoszeniem gotowych do przetwarzania zadań do komputerów, w których znajdują się potrzebne zbiory danych;
— zdalne przetwarzanie wsadowe, wiążące się z przenoszeniem programów lub danych (np. dane przesyła się do węzła, w którym znajduje się przetwarzany program);
— współpraca interakcyjna użytkowników z siecią za pomocą terminala, umożliwiająca sterowanie jednym lub wieloma procesami przetwarzania wsadowego;
— dynamiczny dostęp do zbiorów danych polegający na tym, że przetworzone zadanie ma taki sam dostęp do odległych zbiorów danych, jak do zbiorów lokalnych;
— wzajemna wymiana obciążeń komputerów sieci, zmierzająca do wyrównania obciążeń.

Podstawowymi charakterystykami efektywnego funkcjonowania sieci komputerowych są: krótki czas reakcji, duża szybkość i przepustowość transmisji, niska stopa błędów, tzw. przezroczystość kodowa (zgodność lub odpowiedzialność), wysoka niezawodność sieci jako całości, niski koszt użytkowania sieci.

Zwróćmy uwagę na rolę minikomputerów w systemach teleinformatycznych. Minikomputery stosowane w tych systemach różnią się od minikomputerów o przeznaczeniu uniwersalnym.

Powodują to możliwości wyrażające się trzema dziedzinami zastosowań w systemach teleinformatycznych, a mianowicie: koncentracja danych, komutacja wiadomości i przetwarzanie czołowe. Pierwsza dziedzina zastosowań obejmuje koncentratory i multipleksory *. Komutatory, jak wiadomo, umożliwiają przesyłanie danych z końcówki do komputera, bez potrzeby oczekiwania na przydział łącza.

Procesor czołowy jest natomiast standardowym minikomputerem z odpowiednim sprzęgiem, dostosowanym do kanału we-wy głównego komputera.

Przykładem sieci komputerowej może być sieć ARPA zbudowana z inspiracji Departamentu Obrony USA. Głównym celem budowy tej sieci było zbadanie możliwości współużytkowania rozproszonych zasobów komputerowych przez wielu odległych użytkowników. W sieci zastosowano komutację pakietów oraz kanały międzywęzłowe o przepustowości 50 kbit/s, przy czym zażądano, aby:

— transmisja pakietu w sieci trwała krócej niż 0,2 s;
— między dowolną parą węzłów można było przesłać do 85 kbit/s;
— z każdego węzła istniało połączenie do co najmniej dwóch innych węzłów;
— częstość błędów była mniejsza od 10^{-12}.

Sieć ARPA obejmuje swym zasięgiem cały obszar Stanów Zjednoczonych A.P., a od 1973 r. istnieje połączenie z Norwegią i Wielką Brytanią, w którym wykorzystuje się dzierżawione łącze transatlantyckie o szybkości transmisji 7200 bit/s. Przesłanie pakietu między dowolnymi węzłami sieci nie trwa dłużej niż ok. 100 ms. Sieć ARPA jest siecią z buforowaniem wiadomości w węzłach pośrednich, łączącą za pomocą kanałów ponad 50 komputerów (wśród nich komputer *ILLIAC IV* z pamięcią bezpośredniego dostępu o pojemności 10^{12} bitów). Z usług tej sieci mogą również korzystać użytkownicy sieci ALOHA opartej na radiowej sieci łączności w pasmie UKF **. Centralny system komputerowy sieci *IBM 360/65* może współpracować z kanałem radiowym przez komputer czołowy *HP 2115A*.

* Multipleksowanie jest metodą stosowania jednej drogi przesyłania dla dwu lub więcej kanałów, przez podział pasma częstotliwości (systemy z podziałem częstotliwości) lub przez podział czasu (systemy z podziałem czasu).

** Sieć ALOHA została zrealizowana w Uniwersytecie Hawajskim, finansowanie badań zapewniły NASA, ARPA i lotnictwo wojskowe USA.

Rozwój i integracja systemów teleinformatycznych, a w szczególności sieci komputerowych, stanowi wyraz integracji systemów informatycznych w sensie dostępu i mocy obliczeniowej.

2.8. Oprogramowanie

Rozwój współczesnych maszyn cyfrowych spowodował, że coraz trudniejsze staje się określenie ścisłej granicy między stroną techniczną a stroną programową systemów liczących. Nie sposób precyzyjnie przedstawić oprogramowania komputerów bez odwoływania się do konkretnych rozwiązań technicznych i odwrotnie — trudno w pełni scharakteryzować strukturę techniczną maszyn cyfrowych bez omówienia istotnych cech ich oprogramowania. Zagadnieniom oprogramowania poświęcamy osobną uwagę ze względu na to, że możliwości programowe znajdują się niejako w centrum uwagi użytkowników. Inną istotną cechą omawianego zagadnienia jest zjawisko rosnącego udziału kosztów oprogramowania w całości kosztów systemu liczącego.

Przykładowo maszyna cyfrowa w ujęciu strukturalnym* rozumiana jest jako hierarchia pewnych poziomów, którym odpowiadają określone typy języków programowania. Każdy z nich charakteryzuje metoda jego tworzenia oraz nazwa programu tworzącego. Najniższy nazywany jest poziomem mikroprogramowania, programy zaś interpretujące — mikroprogramami. Rozkazy tego poziomu są wykonywane przez układy elektroniczne maszyny cyfrowej. Drugi określono jako konwencjonalny poziom maszynowy. Trzeci to poziom systemu operacyjnego, czwarty — poziom języka assemblera, a ostatni jest poziomem języka problemowego. Idea prezentowanej hierarchii sprowadza się do projektowania różnych języków, za pomocą których odbywa się komunikacja z maszyną cyfrową, przy czym każdy następny język jest wygodniejszy (dla użytkownika) niż poprzedni, bazę zaś każdego języka stanowi jego poprzednik. Podkreślmy fakt, że większość nowoczesnych systemów liczących składa się z dwu lub więcej poziomów, jednakże systemy pięciopoziomowe nie należą wcale do rzadkości.

Najogólniej, języki programowania dzieli się na **:

— tzw. języki wewnętrzne maszyn cyfrowych, w których jedynymi dopuszczalnymi wyrażeniami są instrukcje nale-

* A. Tanenbaum: *Organizacja maszyn cyfrowych w ujęciu strukturalnym*. WNT, Warszawa 1980 r.

** W. Turski: *Propedeutyka informatyki*. PWN, Warszawa 1975 r.

żące do listy rozkazów, w jakie jest wyposażona każda maszyna cyfrowa;
— tzw. języki zestawiające (assemblery), powstałe z języków wewnętrznych przez parametryzację niektórych części instrukcji maszynowych; parametryzacja polega na tym, że przy pisaniu posługujemy się nazwami symbolicznymi, które dopiero w maszynie zastępuje się odpowiednimi nazwami konkretnymi *;
— tzw. języki zewnętrzne, zwane językami wysokiego poziomu.

Oczywiście najbardziej zbliżonymi do języka naturalnego, a więc języka najdogodniejszego dla człowieka, są języki zewnętrzne, które najczęściej nie zależą od konkretnej maszyny. Wykonanie programu napisanego w języku zewnętrznym wymaga przetłumaczenia go na język wewnętrzny maszyny. Tłumaczenie przebiega samoczynnie, dzięki istnieniu odpowiedniego programu tłumaczącego, zwanego translatorem. Z kolei translatory dzieli się zazwyczaj na dwie kategorie: kompilatory i interpretatory, przy czym różnica między nimi jest taka, że jeśli chcemy wykonać program napisany w języku zewnętrznym, to:
— używając kompilatora możemy przystąpić do wykonania programu w postaci docelowej dopiero po zakończeniu translacji;
— używając interpretatora możemy wykonywać przekłady poszczególnych części (jednostek syntaktycznych), nie czekając na zakończenie translacji całości **.

Wszystkie rodzaje wymienionych języków zalicza się, oczywiście, do języków formalnych, tj. takich, dla których istnieją dobrze określone reguły, należące do ustalonego zbioru i pozwalające na uzyskanie wszystkich zdań uznawanych za komunikaty w tym języku.

Zbiór języków programowania obejmuje wiele różnych języków różniących się nie tylko np. składnią, ale przeznaczeniem. Ze względu na rodzaj zastosowań, którym służą, języki dzieli się na ***:

1) języki algorytmiczne, przystosowane do zapisywania algorytmów, wśród których wyróżnia się:
— języki algebraiczne (np. FORTRAN, ALGOL) przeznaczone głównie do zapisywania algorytmów numerycznego przetwarzania informacji w obliczeniach naukowo-technicznych,

* Najczęściej parametryzacja dotyczy adresów i dlatego assemblery nazywa się językami adresów symbolicznych.
** W. Turski, wyd. cyt.
*** W. Turski: *Podstawy użytkowania maszyn cyfrowych w ośrodkach naukowo-technicznych.* PWN, Warszawa 1973 r.

— języki ekonomiczne (np. COBOL) przeznaczone do przetwarzania danych do celów zarządzania,
— języki do symbolicznego przetwarzania informacji (np. LISP) przeznaczone do zapisywania algorytmów przetwarzania danych nienumerycznych (wykonywania operacji na danych symbolicznych);

2) języki symulacyjne (np. CSL, GPSS, SIMULA, SIMSCRIPT) przeznaczone do opisywania algorytmów modelowania cyfrowego oraz do badania modelowych obiektów rzeczywistych przez symulację ich działania;

3) języki bezpośredniego dostępu, czyli tzw. języki konserwacyjne, pozwalające na bezpośrednie współdziałanie człowieka z komputerem w trybie konwersacyjnym (np. JEAN, JOSS, APL);

4) języki problemowe przystosowane do wygodnego formułowania określonej klasy problemów rozwiązywanych za pomocą komputera i używane przez ograniczony krąg specjalistów (np. APT).

Do najpopularniejszych języków programowania należą: FORTRAN, ALGOL-60 i ALGOL-68, PL/1, COBOL, a ponadto GPSS, BASIC oraz PASCAL *. Język PL/1, opracowany przez firmę IBM, umożliwia programowanie zadań typu ekonomicznego i naukowo-technicznego oraz przetwarzanie dowolnej informacji. PASCAL jest językiem pozwalającym zapisać programy dla szerokiej klasy problemów; ma możliwość zapisania kompilatora języka w samym języku, a także służy do tzw. programowania strukturalnego (ma wygodne do stosowania pętle i instrukcje warunkowe). Należy ponadto zwrócić uwagę na języki JOVIAL i CORAL, które zorientowane są na specyficzne problemy wojskowe.

W ostatnim czasie pojawił się uniwersalny język wyższego rzędu, przystosowany do wszystkich zagadnień rozwiązywanych obecnie za pomocą komputerów. Język ten nosi nazwę ADA i został opracowany na zlecenie Departamentu Obrony USA. Uważa się, że grupuje on najlepsze cechy języków PASCAL, ALGOL i PL/1. Pierwsze kompilatory języka ADA pojawiły się na początku lat 80-tych. ADA jest obecnie stosowana w ograniczonym zakresie w armii amerykańskiej, ale według niektórych specjalistów ma szanse stać się powszechnym językiem programowania do 1990 roku i dominować na rynku jeszcze w pierwszych latach następnego stulecia **.

Użytecznym, i chyba najogólniejszym, podziałem oprogramowa-

* W okresie lat 1952—1977 powstało ponad 3000 języków, wśród których tylko kilkanaście reprezentuje nowe koncepcje.

** J. Zalewski: *Ada — nowy język programowania.* Informatyka, nr 11—12/1981 r.

nia maszyn cyfrowych jest podział na: oprogramowanie podstawowe (systemowe), oprogramowanie użytkowe.

Oprogramowanie użytkowe stanowi zbiór programów zorientowanych na określone problemy i zadania konkretnych użytkowników, niezbędnych do spełnienia potrzeb związanych z realizacją ich celów działania. Takimi programami użytkowymi, np. w zautomatyzowanym systemie dowodzenia, są: programy analizy i oceny sytuacji, programy oceny stosunku sił, programy planowania przegrupowania wojsk, programy zestawienia obiektów rażenia bronią jądrową, programy planowania uderzeń jądrowych, programy prognozowania strat, programy planowania zabezpieczenia materiałowego operacji itp.

Zadaniem oprogramowania podstawowego jest obsługa systemu liczącego w sposób jak najbardziej efektywny i przy najmniejszej ingerencji człowieka. Ze względu na spełniane funkcje, oprogramowanie podstawowe można podzielić na następujące grupy:

— oprogramowanie translacyjne, które tworzą najczęściej translatory (kompilatory) języków takich, jak ALGOL, FORTRAN, COBOL itp.;
— oprogramowanie operacyjne (systemy operacyjne), dostarczane przez producenta, pełniące funkcje sterujące pracą systemu liczącego;
— oprogramowanie organizacyjne, będące najczęściej elementem systemu operacyjnego, realizujące zarządzanie i obsługę urządzeń zewnętrznych oraz gospodarkę zbiorami danych przechowywanych w pamięci systemu liczącego;
— oprogramowanie „proceduralne", zawierające zbiór gotowych procedur, które mogą być wykorzystywane zarówno przez użytkowników (w programach użytkowych), jak i przez system operacyjny (najczęściej zawiera programy realizujące powtarzające się operacje na zbiorach danych, takie jak sortowanie zbiorów, ich łączenie, aktualizacja itp.);
— oprogramowanie techniczne, zawierające gotowe procedury, służące do technicznej kontroli sprawności i stanu technicznego systemu liczącego (zawiera najczęściej testy kontrolne i programy diagnostyczne).

Do oprogramowania podstawowego można także włączyć tzw. systemy zarządzania bazą danych, będące zbiorem programów obsługujących zbiory bazy danych w ramach określonego banku danych.

We współczesnych systemach liczących szczególna rola przypada tzw. systemom operacyjnym, czyli zbiorom procedur wykonywanych ręcznie lub automatycznie, pozwalającym grupie użytkow-

ników efektywnie dzielić zasoby maszyny cyfrowej między siebie *.

System operacyjny określa kilka języków, w których mogą być opisane reguły podziału zasobów (czasu, pamięci, urządzeń) i żądań obsługi. Jednym z nich jest język opisu prac, który pozwala identyfikować użytkowników oraz opisywać wymagania prac obliczeniowych: rodzaj i liczba potrzebnych zasobów oraz nazwy używanych programów i zbiorów danych. Do podstawowych funkcji systemów operacyjnych należą: przydział pamięci, szeregowanie zadań, wieloprogramowanie, ochrona programów, redakcja tekstów itp.

Główna część systemów operacyjnych zawiera **:

— programy szeregujące dla jednostki centralnej prace, części prac i procesy;
— programy zarządzania pamięcią, sterujące przydziałem pamięci operacyjnej;
— programy sterujące wejściem/wyjściem, które obsługują żądania wejścia/wyjścia od wszystkich użytkowników;
— programy konsolidujące i ładujące, które służą do alokacji, ładowania i konsolidacji ze sobą zespołów programów;
— programy dla systemów plików danych sterujących dostępem, przechowywaniem i przenoszeniem plików danych między pamięciami maszyny cyfrowej;
— programy obsługi przerwań (dla obsługi przerwań zewnętrznych i wewnętrznych).

Programy te wywołują się wzajemnie i współdziałają ze sobą.

Wzrost wymagań stawianych oprogramowaniu prowadził do poszukiwania nowych metod i technik programowania, doskonalenia warsztatu oprogramowania projektanta oraz usprawniania organizacji zespołów projektowych. Doprowadziło to do wyłonienia się pewnej nowej dziedziny zwanej inżynierią oprogramowania ***. O znaczeniu efektywności warsztatu inżynierii oprogramowania świadczyć mogą chociażby wielkości kosztów oprogramowania, np. oprogramowanie systemu informatycznego NASA — *Apollo* kosztowało ponad 1 mld dolarów, a zaprojektowanie i wyprodukowanie systemu operacyjnego *OS/360* kosztowało firmę IBM ok. 200 mln dolarów. Jeżeli dodamy do tego, że wśród kosztów oprogramowania znaczny udział mają koszty kontroli i testowania,

* P. B. Hansen: *Podstawy systemów operacyjnych.* WNT, Warszawa 1979 r.
** A. C. Shaw: *Projektowanie logiczne systemów operacyjnych.* WNT, Warszawa 1980 r.
*** R. Głąb, A. Stokalski: *Projektowanie systemów komputerowych.* Podstawy inżynierii systemów informatycznych. WAT, Warszawa 1980 r.

spowodowane błędami popełnionymi przez analityków, projektantów i programistów, to rola inżynierii oprogramowania urasta do roli wiodącej w projektowaniu systemów informatycznych.

Istnieje zatem ważny problem zapewnienia wysokiej jakości oraz kontroli jakości oprogramowania w czasie jego opracowania. Wartość użytkowa oprogramowania zależy od wielu jakościowych cech programów, do których zalicza się:

— niezawodność wyrażaną jako prawdopodobieństwo, że oprogramowanie wykona poprawnie postawione zadanie dla określonej liczby danych wejściowych, przy ustalonych warunkach i przy założeniu, że sprzęt działa poprawnie i dane wejściowe są bezbłędne *;
— odporność wyrażającą się w tym, że błędy wynikające w czasie przetwarzania danych mogą być rozpoznawane, a ich szkodliwe skutki wyeliminowane;
— podatność na zmiany i na rozbudowę, co pozwala na względnie łatwe przystosowanie programu do zmienionego lub rozwiniętego zadania bez pogorszenia jakości programu i bez koniecznego odwoływania się do pomocy producenta;
— tzw. portatywność, która oznacza możliwość dostosowywania się programu do innego sprzętu lub innego oprogramowania systemowego;
— łatwość konserwacji oznaczającą, że niedostatki programu mogą być stosunkowo łatwo analizowane i usuwane, bez obniżania jego ogólnej jakości i bez niezbędnej pomocy ze strony jego producentów;
— komfort obsługi i użytkowania oznaczający minimalną ilość manipulacji podczas wykorzystywania programu, bezproblemowe wykorzystywanie wyników programu, a także przetwarzanie informacji w czasie pożądanym przez użytkownika;
— efektywność rozumianą wąsko, tj. jako minimalną ilość zasobów systemu, niezbędnych przy wykorzystaniu danego programu (czasu jednostki centralnej, obszaru w pamięci operacyjnej oraz urządzeń zewnętrznych).

Do podstawowych czynników pozytywnie wpływających na jakość oprogramowania zalicza się:

— pełną i dokładną dokumentację eksploatacyjną;
— modularną budowę programu;
— stosowanie języków wysokiego poziomu;
— stosowanie różnorodnych narzędzi kontroli i testowania;
— stosowanie programów standardowych;

* H. Kopetz: *Niezawodność oprogramowania.* WNT, Warszawa 1980 r.

— wysokie kwalifikacje analityków, projektantów i programistów oraz bieżący nadzór ze strony kierownictwa itp.

Oprócz błędów programowych bardzo często występują błędy analizy systemowej (złe sformułowanie problemu, zaniedbanie istotnych parametrów, błędny algorytm, niepełność, sprzeczność) i błędy eksploatacji (błąd danych, uszkodzenie sprzętu, błędna interpretacja wyników).

Zapobieganiu błędów służą rozwijane w ostatnich latach środki wspomagające projektanta w fazach analizy i projektowania. Do nich zalicza się *:

— standardy dokumentacyjne;
— systemy programowe przeznaczone do automatycznego nadzoru nad dokumentacją analityczną i projektową;
— systemy programowe, które oprócz wymienionych wyżej funkcji, wspomagają projektanta poprzez wykonywanie obliczeń, symulację itp.

Przykładem tych tendencji może być system projektowania i dokumentowania HIPO, metodyka modularnego projektowania programów EPD Jacksona, system dokumentowania i analizy projektów PSL/PSA.

Inżynieria oprogramowania stanowi współczesną tendencję w dziedzinie tworzenia i utrzymywania oprogramowania systemów liczących oraz charakteryzuje się:

— gromadzeniem dokumentacji o błędach programowych i organizacyjnych;
— kontrolą wydajności pracy i kosztów produkcji oprogramowania;
— standaryzacją konstrukcji programowych;
— standaryzacją metod diagnostycznych;
— standaryzacją technik i technologii projektowania itp.

O konieczności rozwoju powyższych prac i jednoczesnej niskiej efektywności dotychczasowych narzędzi projektowania oprogramowania mogą świadczyć następujące fakty: podczas 10-dniowego lotu *Apollo-14* odnotowano 18 awarii oprogramowania, każda zaś nowa edycja systemu operacyjnego *IBM OS/360* zawierała ok. 1000 nowych błędów.

Na zakończenie rozpatrzmy przykład wykorzystania programów bibliotecznych ogólnego użytku do rozwiązania zagadnienia programowania liniowego.

Programowanie liniowe obejmuje metody optymalizacji — rozwiązywania zadań optymalizacyjnych typu:
maksymalizować funkcję celu (efektywności)

* R. Głąb, A. Stokalski, wyd. cyt.

$$F(x_1, \ldots, x_n) = c_1x_1 + c_2x_2 + : . . + c_nx_n$$

przy ograniczeniach

$$a_{11}x_1 + \ldots + a_{1n}x_n \leqslant b_1$$

$$a_{21}x_1 + \ldots + a_{2n}x_n \leqslant b_2$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$a_{m1}x_1 + \ldots + a_{mn}x_n \leqslant b_m$$

$$x_i \geqslant 0,\ i = 1, \ldots, n$$

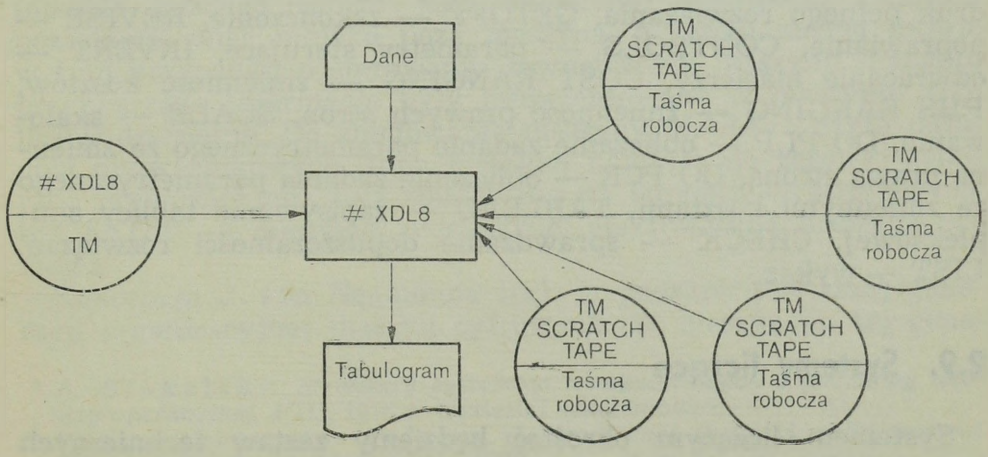
Zagadnienia tego typu obejmują szeroką klasę praktycznych zadań decyzyjnych takich, jak: optymalizacja przydziału środków, wybór optymalnych typów uzbrojenia, wybór optymalnego wariantu wykonania zadań ogniowych itp.

Programowanie liniowe wchodzi w skład oprogramowania użytkowego systemu liczącego *ODRA — 1300*. Do dyspozycji użytkowników są programy o symbolach # XDL8, # XDLR, # XDLW. Programy # XDLR oraz # XDLW organizują wydruk wyników i dodatkowych komentarzy powstałych w wyniku działania programu # XDL8 rozwiązującego zadanie programowania liniowego.

Opis programu umieszczony na karcie programowej umożliwia wykonanie obliczeń według tego pakietu programów.

Przy stosowaniu programów # XDL8 (rys. 2.25) niezbędne jest następujące minimalne wyposażenie maszyny cyfrowej:

— jednostka centralna o pojemności pamięci operacyjnej co najmniej 16 k-słów,



Rys. 2.25. Organizacja działania programu # *XDL8* programowania liniowego

— cztery jednostki taśmy magnetycznej (TM),
— jeden czytnik kart lub taśmy papierowej,
— jedna drukarka wierszowa.

W celu wykonania programu należy najpierw założyć taśmę magnetyczną z biblioteką programów, zawierającą program # XDL8 na przewijak taśmy. Następnie można załadować program # XDL8 do pamięci operacyjnej korzystając z instrukcji

fi # xd18 # tape

Wykonanie tego działania potwierdzi odpowiedni komunikat na monitorze operatora. Można wtedy uruchomić działanie programu # XDL8. Korzystamy z instrukcji

go # xdl18 20

do wprowadzenia bloków działań i danych z kart perforowanych. Trzeba następnie udostępnić cztery robocze taśmy magnetyczne (SCRATCH TAPE). Jeżeli program nie zawierał błędów, to na monitor zostanie wyprowadzony komunikat:

XDL8 HALTED : — ER

System programowania liniowego jest obszernym zestawem wielu pozornie niezależnych części — programów realizujących określone funkcje. Wywołanie poszczególnych części wykonywane jest za pomocą specjalnych bloków sterujących, tzw. bloków planu działania. Pozwala to wybierać tylko te części, które są potrzebne do rozwiązania danego zadania. Do pełnego rozwiązania zadania potrzebne są następujące bloki: HEADING — nagłówek, INPUT — wprowadzenie, NORMAL — normalny tryb działania, PRINT — druk pełnego rozwiązania, GETOFF — zakończenie, REVISE — poprawianie, CONTROLS — parametry sterujące, INVERT — odwracanie macierzy, COST RANGING — zmienność kosztów, RHS RANGING — zmienność prawych stron, SCALE — skalowanie, DO PLP — obliczanie zadania parametrycznego ze zmienną prawą stroną, DO PCR — obliczanie zadania parametrycznego ze zmiennymi kosztami, TABLEAU — zapisywanie tablicy simpleksowej, CHECK — sprawdzanie dopuszczalności rozwiązań, LIST — wykaz.

2.9. Systemy liczące

Systemem liczącym określać będziemy zestaw technicznych i programowych środków informatyki niezbędnych do realizacji zadań określonych użytkowników (związanych z zaspokojeniem

ich potrzeb w dziedzinie automatycznego przetwarzania danych). Jak każdy system, system liczący tworzą określone elementy (układy) i relacje (powiązania) między nimi. Relacje między poszczególnymi układami w systemie liczącym odwzorowują przepływ danych i (lub) instrukcji między tymi układami.

System liczący najczęściej określają:

— struktura, czyli „schemat blokowy", przedstawiający główne układy i relacje między nimi;

— organizacja, czyli struktura systemu liczącego wraz z opisem jego funkcjonowania;

— architektura, czyli sposób budowania systemu liczącego.

Niekiedy uważa się, że mówiąc o architekturze należy mieć na myśli łącznie:

— fizyczną organizację zestawu sprzętu komputerowego;

— sterowanie przepływami informacji między elementami (układami) funkcjonalnymi;

— reprezentację, interpretację i transformację informacji w sprzęcie *.

Ze względu na organizację i strukturę wyróżnia się pewne generacje organizacyjne (strukturalne) systemów liczących **. Analiza poszczególnych generacji organizacyjnych pozwala na pełną charakterystykę rozwoju systemów liczących i stanowi uzupełnienie wniosków uzyskanych z analizy tzw. generacji technologicznych.

Przykładem maszyny generacji zerowej jest maszyna *MARK-1*, która jako pierwsza potrafiła sekwencyjnie wykonywać uprzednio ustalony program zadawany w postaci dziurkowanej taśmy papierowej. Zasadniczym elementem układu sterowania był więc układ do bieżącego odczytu informacji z taśmy i do interpretowania każdego zapisu jako określonej instrukcji. Program pozostawał więc niejako poza maszyną, a zatem można mówić w tym przypadku o sterowaniu zewnętrznym maszyny. Ponadto przetwarzane informacje były reprezentowane w maszynie jako liczby dziesiętne. Do zbudowania maszyny *MARK-1* użyto układów przekaźnikowych. Inną maszyną należącą do zerowej generacji organizacyjnej, lecz zbudowaną na lampach elektronowych, był *ENIAC* — pierwsza, w zasadzie, elektroniczna maszyna cyfrowa.

Koncepcja J. von Neumanna legła u podstaw pierwszej generacji organizacyjnej maszyn cyfrowych. W maszynach tej gene-

* A. Stokalski: *Struktury systemów komputerowych i podstawy analizy operacyjnej*. PTC, 1978 r. (materiał szkoleniowy).

** Praca zbiorowa: *Podstawy elektronicznej techniki obliczeniowej*. Skrypt Politechniki Poznańskiej, 1978.

racji zastosowano zasadę sterowania wewnętrznego, a więc rozkazy razem z danymi przechowywane były w pamięci maszyny, przy czym nieefektywny (w sensie rozwiązań technicznych) układ dziesiętny został zastąpiony przez układ dwójkowy. Rozwiązania te spowodowały wzrost wydajności maszyn cyfrowych. Jednakże maszyny tej generacji nadal były maszynami:

— synchronicznymi, tzn. rytm wykonywania poszczególnych rozkazów programu narzucony był przez generator impulsów inicjujących i synchronizujących działanie układów;

— szeregowymi, czyli działanie maszyny realizowane było kolejno dla bitów jednostki informacji (np. słowa maszynowego).

Centralnym układem maszyn pierwszej generacji był arytmometr (jego główna część — sumator), co powodowało, że transmisja pomiędzy układami angażowała zawsze arytmometr.

Komputery tej generacji wyspecjalizowane są w obliczeniach lub przetwarzaniu danych, ich lista rozkazów zawiera kilkadziesiąt instrukcji, wyposażone są w niewiele rejestrów, programowanie zaś odbywa się w języku symbolicznym. Do typowych przedstawicieli tej generacji zalicza się np.: *IBM 650*, *IBM 704*, *Burroughs 205*, a także pierwsze polskie maszyny cyfrowe *ZAM-2*, *ODRA 1003* i *ODRA 1013*. Podkreślmy, że główną wadą maszyn pierwszej generacji były duże okresy przestojów najkosztowniejszych ich elementów podczas transmisji z (do) układu we-wy. Wady te mogło wyeliminować zapewnienie równoległości działania urządzeń we-wy i procesora, asynchroniczna sygnalizacja stanu różnych elementów maszyny itp. Doprowadziło to w rezultacie do powstania maszyn cyfrowych drugiej generacji organizacyjnej.

W komputerach drugiej generacji organizacyjnej centralnym układem staje się układ pamięci operacyjnej, który wiąże pozostałe układy w jedną całość. Uzyskano to dzięki wprowadzeniu dwóch nowych rozwiązań, a mianowicie:

— układu kanałów danych oraz

— systemu przerwań.

Kanał jest urządzeniem do przesyłania danych lub sygnałów sterujących między procesorem lub pamięcią operacyjną a urządzeniami we-wy; może także przekształcać informacje, np. z postaci szeregowej w równoległą, informować procesor o wykryciu błędów i zakończeniu operacji *.

Ogólnie powiemy, że kanały są procesorami przystosowanymi do transmisji informacji, mającymi niezależny dostęp do pamięci

* Np. w maszynie *ODRA 1305* wyróżnia się dwa typy kanałów: kanały znakowe (w tym multiplekserowe), przez które podłącza się urządzenia wolne (np. czytniki, drukarkę wierszową), oraz kanały automatyczne, przez które podłącza się urządzenia szybkie (np. pamięci taśmowe i dyskowe).

operacyjnej i wyposażonymi w listę rozkazów kanałowych. Włączenie urządzeń zewnętrznych do systemu liczącego za pośrednictwem kanału odbywa się radialnie (promieniowo) lub łańcuchowo (równolegle). W ramach każdego z wymienionych sposobów dąży się do stosowania jednolitego, w sensie logicznym i technicznym, styku urządzenia zewnętrznego z kanałem, noszącego nazwę złącza (sprzęgu) standardowego. Rola jednostki sterującej polega na dopasowaniu odmiennego styku samego urządzenia zewnętrznego do standardu oraz realizacji pewnych dodatkowych działań związanych z transmisją.

System przerwań zapewnia wykrycie pewnych szczególnych stanów systemu liczącego i powoduje wydanie sygnału, który inicjuje zawieszenie programów wykonywanych w chwili zaistnienia tych stanów. System przerwań składa się z dwóch podsystemów:

— podsystemu elektronicznego, którego zadaniem jest wykrycie jednego spośród szczególnych stanów i wygenerowanie sygnału przerwania (związane z nim układy logiczne zawarte w procesorze po odebraniu sygnału przerwania zawieszają aktualnie wykonywany program i inicjują program obsługi przerwania);

— podsystemu programowego, będącego zbiorem programów obsługi przerwań, którego liczebność odpowiada ilości różnych sygnałów przerwań.

Zakres kontroli stanów przez system przerwań obejmuje następujące zdarzenia: awarie niektórych układów maszyny, zakończenie pracy kanału, wykrycie błędu transmisji, rejestr upłynięcia określonego czasu, odwołanie się z programu użytkowego do systemu operacyjnego, wykrycie nielegalnego w danym stanie rozkazu, brak możliwości wykonania rozkazu itp.

Wyróżnia się następujące systemy przerwań:

— jednopoziomowe, w których żaden program obsługi przerwania nie może zostać przerwany przez jakikolwiek sygnał przerwania,

— wielopoziomowe, w których program obsługi przerwania może zostać przerwany przez sygnał o wyższym priorytecie, czyli zgodnie z pewną relacją porządkującą, zwaną priorytetem, określoną na zbiorze sygnałów przerwań.

Do innych ważnych koncepcji, charakteryzujących maszyny drugiej generacji organizacyjnej, zalicza się:

— zasadę sterowania mikroprogramowego;

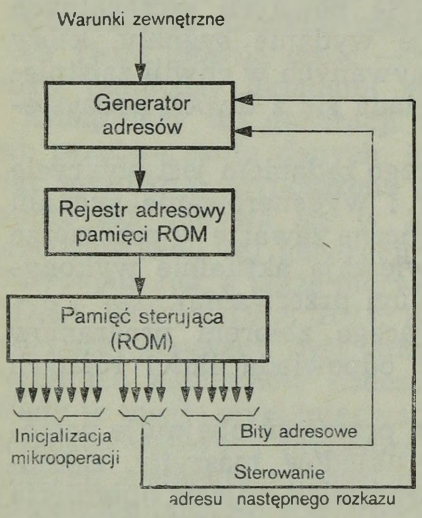
— zasadę podziału czasu;

— zasadę zmiany długości słowa maszynowego.

Koncepcja mikroprogramowania pojawiła się po raz pierwszy w 1953 roku. Z każdym rozkazem maszynowym związane są

pewne operacje, takie jak: dodawanie, mnożenie, przesuwanie itp. Z kolei, wykonanie tych prostych operacji składa się z jeszcze prostszych działań, np. ładowanie rejestrów, odczyt lub zapis do pamięci operacyjnej, przeniesienie treści jednego rejestru do innego itp. Działania te zwane są mikrooperacjami. Aby uniknąć wielokrotnego instalowania w procesorze układów inicjujących wykonania ciągu tych samych mikrooperacji związanych z każdym rozkazem, stosuje się sterowanie mikroprogramowane.

Komputer z mikroprogramowaną jednostką sterującą (rys. 2.26)



Rys. 2.26. Schemat funkcjonalny mikroprogramowej jednostki sterującej

ma dwie oddzielne pamięci: pamięć operacyjną i pamięć sterującą *. Pamięć operacyjna jest dostępna dla użytkownika i może on przechowywać tam swoje programy. Zawartość pamięci operacyjnej może zmieniać się podczas wykonywania programu, a także za każdym razem, gdy program jest zmieniany. Program użytkownika w pamięci operacyjnej składa się, oczywiście, z rozkazów i danych. Pamięć sterująca przechowuje ustalony mikroprogram, który składa się z mikrorozkazów określających różne sygnały sterujące wykonywaniem mikrooperacji w rejestrach. Każdy rozkaz komputera inicjuje szereg mikrorozkazów w pamięci sterującej, które z kolei generują mikrooperacje:

— pobrania rozkazu z pamięci operacyjnej;
— określania adresu części operacyjnej;
— wykonania operacji określonej przez rozkaz;

* M. M. Mano: *Architektura komputerów*. WNT, Warszawa 1980 r.

— sterowania powrotu od początku cyklu pobrania w celu powtórzenia sekwencji dla następnego rozkazu.

Najważniejszą zaletą mikroprogramowania jest zapewnienie dogodnej organizacji sterowania oraz ułatwienie obsługi komputerów, przynoszącej poprawę szybkości działania.

Inną charakterystyczną cechą maszyn drugiej generacji organizacyjnej jest zasada podziału czasu. Zasada ta określa właściwość wykorzystania procesora w wieloprogramowanym systemie liczącym, polegającą na oddawaniu tego procesora we władanie kolejno różnym programom na pewien okres *.

Typowymi przedstawicielami komputerów drugiej generacji są: *ICL 1904, IBM 705, IBM 709, 7090, 7094, IBM 1402, IBM 360/20—50, MIŃSK 32* oraz *ODRA 1204, ODRA 1304, ZAM 41.*

Wady maszyn tej generacji związane są przede wszystkim z koniecznością synchronizacji pracy arytmometru, kanałów danych i pamięci operacyjnej za pomocą specjalnego koordynatora.

W systemach liczących trzeciej generacji organizacyjnej wprowadzono kilka pełnych bloków pamięci operacyjnej, zaopatrzonych w dwukrotną liczbę szyn informacyjnych i sterujących. Poszczególne bloki pamięci operacyjnej mogą realizować swe funkcje jednocześnie, co pozwala na równoległy kontakt z pamięciami operacyjnymi kilku układów funkcjonalnych maszyny.

W komputerach trzeciej generacji dąży się do pełnej autonomii pracy procesora, pamięci operacyjnej i urządzeń we-wy z osobnymi łączami i źródłami zasilania oraz do pewnej modularności systemu liczącego. Reprezentantami tej generacji są komputery: *CDC 3300, CDC 3600, IBM 360/65, IBM 360/70, GE 625, GE 635* oraz, częściowo, *ODRA 1305.*

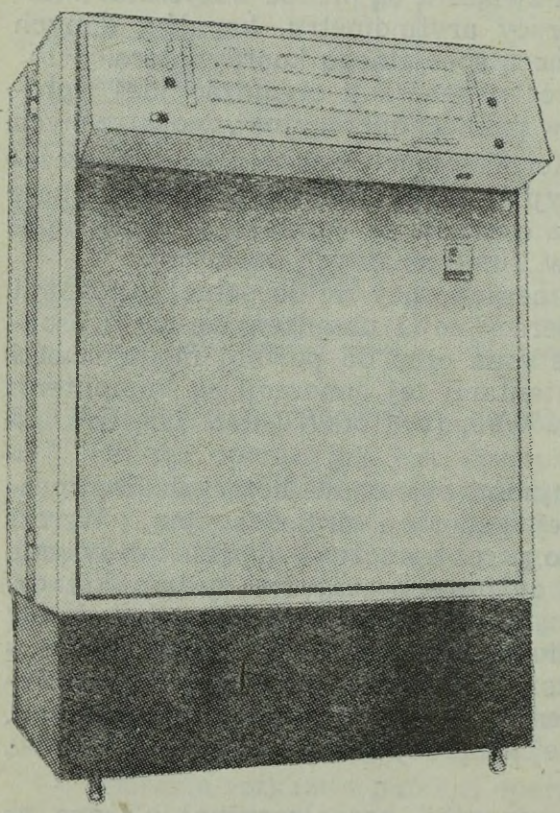
Dążenie do wzrostu wydajności systemów liczących doprowadziło do powstania czwartej generacji organizacyjnej. Wzrost mocy obliczeniowej uzyskano przez sprzężenie dwóch lub więcej, niekiedy odległych, maszyn cyfrowych w jeden system liczący. Komunikację między maszynami realizuje się za pomocą modułów we-wy oraz dzięki stosowaniu dynamicznego rozdziału zadań poszczególnych modułów. Większość zagadnień związanych ze współpracą maszyn w systemie realizuje się środkami programowymi. Przykładowymi systemami tej generacji są komputery: *CDC 3800, IBM 360/40, IBM 360/65.*

Maszyny cyfrowe piątej generacji organizacyjnej złożone są z wielu niezależnych modułów (procesorów, pamięci, układów we-wy), powiązanych łączami standardowymi. Podstawowymi cechami systemów liczących piątej generacji jest występowanie

* W. Turski, wyd. cyt.

bezpośrednio współpracujących kilku procesorów, a zatem systemy te nazywać będziemy wieloprocesorowymi, tryb zaś ich wykorzystania — wieloprzetwarzaniem. Możliwy jest bezpośredni dostęp jednego procesora do innego procesora. Z piątą generacją wiążą się pojęcia równoległości operacji, która odnosi się do współbieżnego, sprzętowego wykonywania co najmniej dwóch operacji (mikrooperacji). Najbliższa koncepcji wieloprocesorowości jest koncepcja kanałów danych i specjalizowanych procesorów we-wy, a także zupełnie nowa koncepcja procesorów baz danych.

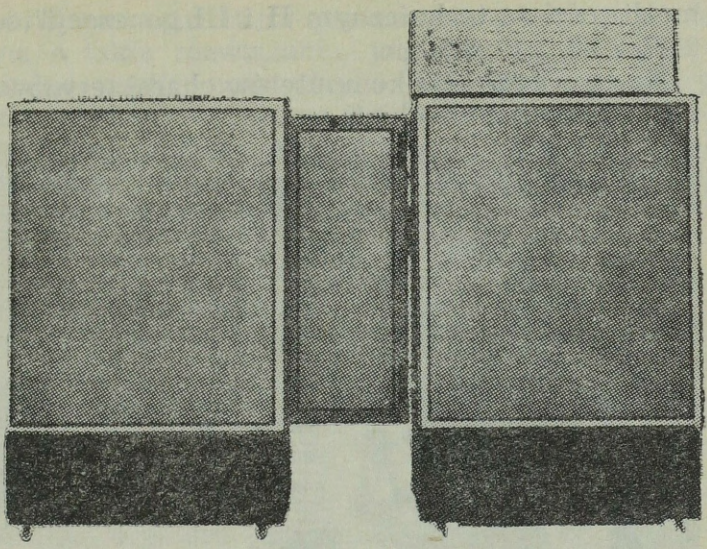
Charakterystycznymi przedstawicielami piątej generacji maszyn są *GE 645, IBM 360/67, SIGMA, IRIS 80, ODRA 1305* (dwuprocesorowa) oraz różniący się od nich koncepcyjnie system *ILLIAC IV*.

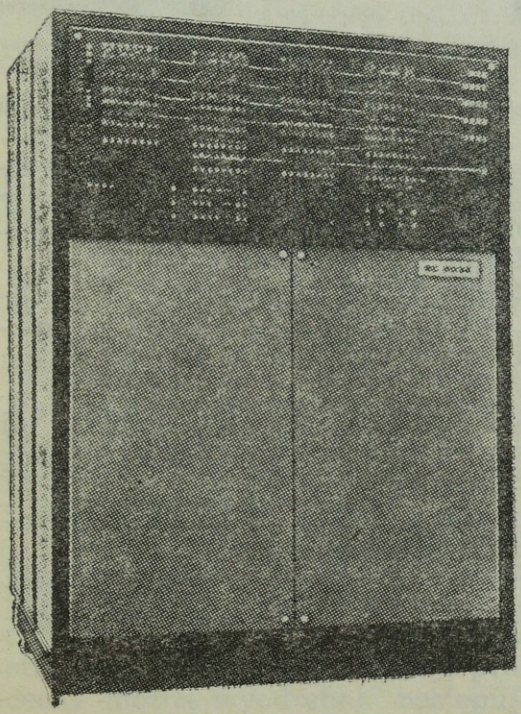


Rys. 2.27. Jednostka centralna *ODRA 1325*

Przypomnijmy, że architektoniczna koncepcja maszyny cyfrowej von Neumanna odpowiadała potrzebom i możliwościom technicznym lat 40 i 50-tych, ale już na początku lat 60-tych ukształtowały się nowe koncepcje bardziej odpowiadające ówczesnym

Rys. 2.28. Jednostka centralna *ODRA 1305*

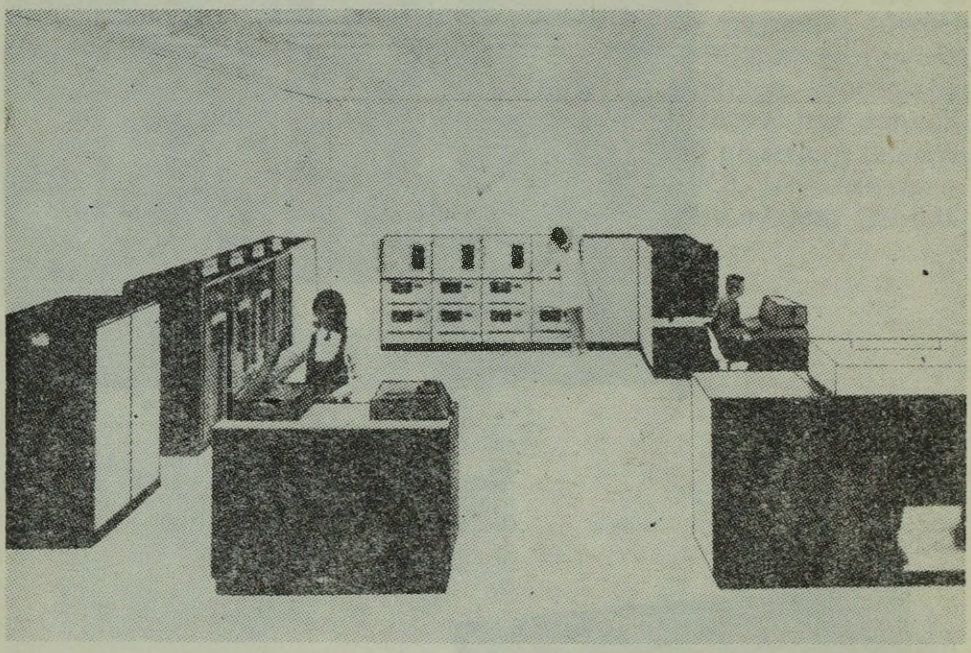




Rys. 2.29. Jednostka centralna *EC-2032*

możliwościom technicznym II i III generacji technologicznej (rys. 2.27, 2.28, 2.29, 2.30).

Nową organizację komputerów charakteryzowały przede wszystkim następujące cechy *:



Rys. 2.30. Typowa konfiguracja systemu liczącego *IBM 370/model 145*

a) blokowa budowa pamięci operacyjnej, co pozwoliło na znaczne zwiększenie przepustowości systemów liczących, gdyż każdy blok może pracować autonomicznie i w dużym stopniu współbieżnie z pozostałymi (przyjęło to formę tzw. przeplotu);

b) wieloakumulatorowy procesor ściśle sekwencyjny z możliwością pracy co najmniej w dwóch stanach: programu nadzorczego i programu użytkowego oraz z układami ochrony pamięci podczas pracy wieloprogramowej;

c) kanały zewnętrzne, będące wydzielonymi, autonomicznymi układami do sterowania transmisją informacji między pamięcią operacyjną a urządzeniami zewnętrznymi;

d) wydzielony układ koordynujący dostęp do pamięci operacyjnej ze strony procesora i kanałów zewnętrznych;

e) istnienie układów przerwań umożliwiających skuteczną pracę wieloprogramową oraz synchronizację operacji we-wy i procesorów obliczeniowych.

* A. Stokalski, wyd. cyt.

Na początku lat 70-tych struktura procesorów sekwencyjnych została wzbogacona o takie rozwiązania, jak: fazowa współbieżność, pamięć wirtualna, pamięć notatnikowa (buforowa), procesory peryferyjne, kanały międzyprocesorowe itp. Podstawą funkcjonowania komputerów z procesorem sekwencyjnym pozostaje nadal prosty procesor wieloakumulatorowy. W strukturze operacyjnej procesora można wyodrębnić następujące zespoły:

— rejestr rozkazów,
— licznik rozkazów,
— jednostkę arytmetyczno-logiczną,
— pamięć akumulatorową (16 rejestrów uniwersalnych),
— układ ochrony pamięci,
— sterowanie (obejmuje m.in. układ dekodowania rozkazów, generator mikroprogramów sterujących rejestry stanu programu i stanu systemu itp.).

Powyższa struktura ulega, oczywiście, zmianom w zależności od przyjętego rozwiązania organizacyjnego w konkretnych maszynach cyfrowych.

Ze względu na zastosowanie specjalnych zespołów, procesory można podzielić na szereg klas, na przykład:

a) procesory zawierające: licznik rozkazów, arytmometr, jeden lub dwa uniwersalne rejestry dostępne dla programisty;

b) procesory zawierające: licznik rozkazów, 8 uniwersalnych rejestrów oraz ewentualnie rejestry zmiennoprzecinkowe;

c) procesory zawierające: licznik rozkazów, arytmometr, 16—32 uniwersalnych rejestrów oraz rejestry zmiennoprzecinkowe;

d) procesory zawierające układy, jak w przypadku procesorów poprzedniej klasy, oraz zespół automatycznego odwzorowywania adresów pamięci wirtualnej w adresy fizyczne;

e) procesory zawierające układy, jak w przypadku procesorów poprzedniej klasy, a ponadto szybką pamięć notatnikową (buforową) — „niewidzialną" dla programisty.

Podstawowe różnice między klasami można wyrazić liczbą bramek logicznych, wchodzących w skład procesora, jego kosztem, wydajnością obliczeniową i stopniem trudności w programowaniu. Obok wymienionych rozwiązań procesorów stosuje się również specjalne typy procesorów, a mianowicie: procesory tablicowe i tablicowo-asocjacyjne.

Jako miarę decentralizacji operacyjnej systemu liczącego przyjmuje się liczbę niezależnie realizowanych strumieni przesyłań instrukcji i danych. Zdolność do interpretowania odbieranego strumienia, jako ciągu instrukcji, wykonania ich i sterowania tym strumieniem — charakteryzuje procesor. Ze względu na powyższe cechy można wyodrębnić następujące klasy systemów liczących:

— systemy unistrukturalne, mające możliwość realizowania tylko jednego strumienia przesyłań;
— systemy multistrukturalne, mające możliwość realizowania wielu współbieżnych strumieni przesyłań;
— systemy wieloprocesorowe, czyli systemy multistrukturalne, realizujące co najmniej dwa współbieżne strumienie instrukcji;
— systemy wielokomputerowe, czyli systemy wieloprocesorowe, w których procesory należą do co najmniej dwóch odrębnych komputerów.

Uważa się, że komputery unistrukturalne stanowią typ raczej przestarzały, ze względu na wysokie koszty eksploatacji (przy stosunkowo niskim koszcie budowy), spowodowane m.in. brakiem możliwości przetwarzania wieloprogramowego. W związku z powyższym obecnie architekturę unistrukturalną mają mikrokomputery.

Z kolei komputery multistrukturalne jednoprocesorowe charakteryzują się następującymi cechami:
— w strukturze występują: procesor centralny, pamięć operacyjna, układ koordynacyjny, kanały zewnętrzne, urządzenia zewnętrzne;
— procesor jest wyposażony w układy przerwań i ochrony pamięci dla pracy wieloprogramowej;
— procesor może pracować w stanie dozwolonych przerwań lub przerwań zabronionych, który może mieć strukturę wielopoziomową.

W dążeniu do wyższej wydajności systemu liczącego pojawiły się w architekturze centralnych procesorów nowe rozwiązania, takie jak np.: automatyczne stronicowanie i segmentacja, pamięci notatnikowe tych cech, wektorowe arytmometry, stosy, lokalny asynchronizm i fazowa współbieżność.

W zasadniczych rozwiązaniach wieloprocesorowych wyróżnić można dwie koncepcje:

a) konfigurację z uniwersalną pulą procesorów centralnych (np. superkomputer z 1962 r. *PHILCO 211—214*), której celem było zwiększenie wydajności poprzez współbieżność obliczeń (rozbijanie procesów na podprocesy lokalnie współbieżne);

b) konfigurację z pulą programowo specjalizowanych procesorów peryferyjnych (np. komputer z lat 1962—1963 *CDC 6600*), której celem było zwiększenie wydajności procesora centralnego na drodze autonomizacji podsystemu we-wy i przerzucenie wszystkich procedur związanych z wprowadzeniem i wyprowadzeniem informacji z procesora centralnego na procesory peryferyjne.

A oto specyficzne cechy struktur wieloprocesorowych:

Dział Zbiorów

— wszystkie procesory mają dostęp do wspólnej pamięci operacyjnej w pełnym zakresie pola adresowego;

— system operacyjny zapewnia, że każdy program może się znajdować w pamięci operacyjnej tylko w jednym egzemplarzu, a być współbieżnie wykonywany przez kilka procesorów;

— wszystkie procesory traktuje się przez wspólny program sterujący jako pula „anonimowych zasobów", czyli każda sekwencja rozkazów dowolnego programu realizowanego w maszynie może być wykonywana przez dowolny z procesorów;

— wszystkie urządzenia zewnętrzne stanowią pulę zasobów dostępnych bezpośrednio z każdego procesora;

— wieloprocesorowy system liczący jest stosunkowo mało wrażliwy na awarie procesorów i urządzeń zewnętrznych, gdyż w wypadku uszkodzenia któregokolwiek z tych urządzeń, funkcje jego przejmie inny.

Zakres bezpośredniej współpracy komputerów w systemach wielokomputerowych charakteryzuje poziom integracji, który może przyjmować postać:

— integracji na poziomie zerowym, obejmującej przypadek, gdy komputery nie mają wspólnej pamięci, lecz komunikują się za pomocą tzw. adaptera międzykanałowego;

— integracji na poziomie pamięci operacyjnej, obejmującej przypadek, gdy procesory komputerów tworzących system mają dostęp do wspólnego obszaru pamięci operacyjnej oraz specjalny wewnętrzny kanał współdziałania;

— integracji na poziomie pamięci zewnętrznych o dostępie cyklicznym, obejmującej przypadek, gdy współdziałające komputery dysponują wspólną pamięcią dyskową lub bębnową, co stwarza możliwość współbieżnej realizacji w zasadzie niezależnych procesorów w oparciu o wspólną bazę danych.

Podkreśla się, że wszystkie formy współbieżnej realizacji procesorów działających na wspólnych danych prowadzą do problemów technicznych polegających na konieczności wyposażenia współdziałających procesorów (komputerów) w układowe lub programowe narzędzia do synchronizacji procesów współzależnych i ochrony wspólnie użytkowanych danych.

Jedną z podstawowych koncepcji współczesnych systemów liczących jest pamięć wirtualna, której celem jest stworzenie programiście wrażenia, że dysponuje on bardzo dużą pamięcią operacyjną. Pamięć wirtualna jest zatem pozornie spójną pamięcią liniową, adresowalną identycznie jak pamięć operacyjna danego komputera. Fizycznym odpowiednikiem takiej pamięci może być tylko pamięć masowa (np. pamięć dyskowa). Realizując program należy odpowiedni jego fragment wraz z danymi umieścić w pa-

mięci operacyjnej oraz zapewnić wymianę tych fragmentów w trakcie obliczeń. Wymianę tę organizuje się, używając obszarów pamięci o stałej wielkości, których pojemność wyraża się całkowitymi potęgami liczby 2. Program także dzielony jest na fragmenty o tej samej wielkości, zwanej stronicami, ich odpowiedniki zaś w pamięci — stronicami fizycznymi. Stronice programu (pamięci wirtualnej) są „niewidzialne" dla systemu operacyjnego, gdyż istnieją one jedynie dla mechanizmów sterowania pamięcią wirtualną.

Gdy program jest konstrukcją zbyt dużą i mało elastyczną, wtedy dzieli się go na mniejsze jednostki, zwane segmentami. Segmentację nazywa się fizyczną, gdy segment jest strukturą liniową, składającą się z pewnej stałej liczby stronic (np. wielkość segmentu — 16 stronic = 32 kbajty). W drugim przypadku mówi się o segmentacji logicznej, gdy pojęcie programu zastępuje się pojęciem procesu obliczeniowego, rozumianego jako struktura składająca się z pewnego ciągu instrukcji i struktur danych, nazywanych segmentami programowymi i segmentami danych.

Do podstawowych zalet pamięci wirtualnej należy:

— zniesienie ograniczenia na wielkość programów, wynikające z wielkości dostępnej pamięci operacyjnej;

— dostarczenie każdemu z użytkowników jednakowej pamięci wirtualnej w pełnym jej zakresie adresowym;

— izolowanie użytkowników od organizacji wymiany fragmentów ich programów i danych między pamięcią operacyjną a pamięcią zewnętrzną;

— możliwość zorganizowania wspólnego użytkowania segmentów danych przez różne procesy współbieżne.

W dużych systemach liczących w celu zwiększenia ich wydajności stosuje się technikę przeplotu operacyjnego. Jeżeli kolejne adresy zlokalizowane są w kolejnych autonomicznych blokach pamięci operacyjnej, to każdy blok może realizować operacje zapisu (odczytu) niezależnie od innych bloków. Przeplot przynosi korzyści w postaci skrócenia czasu oczekiwania na argumenty w przypadku tzw. operacji wektorowych, czyli wtedy, gdy pojedynczy rozkaz definiuje operacje oraz adresy i długość dwóch kolejnych słów reprezentujących wektorowe argumenty i ciąg kolejnych komórek pamięci, w których mają być umieszczone wyniki operacji wykonywanej na kolejnych parach słów z obszarów argumentów.

Arytmometry wielojednostkowe składają się z kilku jednostek arytmetyczno-logicznych, zdolnych do niezależnej pracy. Według jednego z rozwiązań — poszczególne jednostki tworzą uniwer-

salną pulę, z której każda jednostka może być przez układ sterowania przeznaczona do realizacji któregokolwiek rozkazu arytmetycznego. Według drugiego natomiast — każdą jednostkę charakteryzuje pewna funkcjonalna specjalizacja, np. sumatory stałe i zmiennoprzecinkowe, układy mnożenia stałoprzecinkowego i zmiennoprzecinkowego.

Arytmometry wektorowe są natomiast wielowymiarowym uogólnieniem stosowanych powszechnie arytmometrów skalarnych. Oznacza to, że architektura procesora powinna umożliwiać definiowanie za pomocą pojedynczych rozkazów struktur dla typowych operacji na wektorach (np. sumowania, mnożenia wektorów itp). Zatem arytmometr wektorowy powinien być wyposażony w akumulatorową pamięć wektorową. Przykładem omawianego rozwiązania może być część wektorowa arytmometru komputera *CRAY-1* (tabela 2.9).

Jeszcze innym nowym rozwiązaniem jest tzw. przetwarzanie współbieżno-fazowe *, które stanowi technikę zwiększania wydaj-

Tabela 2.9

Charakterystyki wybranych wieloprocesorowych systemów liczących

System	STAR 100	ASC	CRAY 1
Długość słowa danych	32 i 64	32	16 i 32
Długość słowa sterującego	1, 8, 32, 64 i 128	16, 32, 64	64
Pamięć operacyjna			
— maksymalna pojemność [Mbajtów]	4 (8)	4 (8)	8
— czas cyklu [ns]	1280	160	50
Jednostka centralna			
— czas cyklu [ns]	40	60	12,5
— liczba rejestrów wektorowych		8—32	8
— liczba słów w rejestrze wektorowym		1	64
— całkowita pojemność rejestrów [słowa]	262	8—32	524
Maksymalna szybkość wykonywania operacji [mln op./s]			
— dodawanie	50	37	80
— mnożenie	25	21	80

Źródło: B. Gołowkin: *Parallielnyje wyczislitielnyje sistiemy*. Nauka, Moskwa 1980 r.

* Ang. pipelining.

ności na drodze autonomizacji podzespołów, ich buforowania i pracy asynchronicznej w maksymalnie możliwym z ekonomicznego punktu widzenia stopniu.

Wspomniane rozwiązania doprowadziły m.in. do stworzenia tzw. jednostki przetwarzania potokowego, będącej rozwiązaniem kompromisowym między jednostką przetwarzania szeregowego a jednostką przetwarzania równoległego. Jednostka ta składa się z niezależnych podzespołów nazywanych wierszami przetwarzającymi. W każdym z tych wierszy realizuje się określona czynność związana z przetwarzaniem dowolnego zlecenia, przy czym dla każdego z wierszy czas wykonywania dowolnej czynności jest stały. Przetwarzanie dowolnego zlecenia realizowane jest w jednostce przetwarzania potokowego jako sekwencja *n* czynności wykonywanych w kolejnych wierszach przetwarzających w poszczególnych odcinkach czasowych. W dowolnym odcinku czasu w różnych wierszach mogą być realizowane czynności związane z przetwarzaniem różnych zleceń, co pozwala na częściowe nałożenie na siebie w czasie realizacji zleceń w tej jednostce.

Jednym z ważnych zastosowań jednostek przetwarzania potokowego jest wykorzystanie ich jako arytmometrów, czego przykładem mogą być systemy liczące *IBM 360/195* lub *CDC STAR*. Jednym natomiast z dowolnych sposobów fizycznej realizacji jednostek przetwarzania potokowego jest budowa tzw. układów macierzowych (komórkowych), czyli układów składających się z dużej liczby połączonych ze sobą w sposób regularny identycznych podzespołów zwanych komórkami *.

Układ macierzowy ma więc postać regularnej tablicy (macierzy) zbudowanej z identycznych komórek. W ten sposób powstała tzw. macierzowa jednostka przetwarzania potokowego.

Najbardziej znanymi przykładami systemów z przetwarzaniem potokowym są **:

— IBM S/360 Model 91 — przetwarzanie potokowe stosuje się w obu jednostkach zmiennoprzecinkowych (składa się z dwu kroków);

— CDC 7600 — wszystkie dziewięć jednostek arytmetycznych stanowią procesory potokowe o różnej liczbie kroków;

— CDC STAR 100 — obok układów do przetwarzania równoległego (np. procesory peryferyjne), w procesorze centralnym istnieją dwie jednostki przetwarzania potokowego i strumieniowego;

* K. Fiałkowski, Z. Nowicki: *Organizacja jednostek przetwarzania potokowego.* Informatyka, nr 11/1977 r.

** P. H. Enslow (red.): *Systemy cyfrowe wieloprocesowe.* WNT, Warszawa 1978 r.

— Texas Instruments Advanced Scientfic Computer (ASC) — procesor potokowy wykonujący instrukcje na wektorach i skalarach, dostępne są procesory centralne z 1, 2, 3 lub 4 potokami.

Do najbardziej znanych procesorów równoległych należą rozwiązania przyjęte w systemach:

— ILLIAC IV, w których istnieje hierarchia procesorów, gdyż występują procesory sterujące dla każdej macierzy złożonej z 64 elementów procesorowych (8×8), oraz istnieje nadrzędny procesor sterujący, koordynujący pracę czterech takich macierzy;

— Goodyear Aerospace Staran, w którym zastosowano organizację procesora macierzowego oraz technikę przetwarzania asocjacyjnego, każda zaś matryca ma 65 kbitów pamięci i 256 elementów procesorowych *;

— PEPE (Parallel Ensemble of Processin Elements), w skład którego wchodzą: duży asymetryczny wieloprocesor *CDC 7600*, wykorzystany jako zespół nadzorczy, specjalne jednostki do celów korelacji, do sterowania operacjami arytmetycznymi oraz do sterowania asocjacyjnymi operacjami wyjścia; zastosowano tu kombinację technik przetwarzania macierzowego i asocjacyjnego **.

Obecnie uważa się, że systemy wieloprocesorowe będą w przyszłości stosowane tam, gdzie wymagana jest wysoka niezawodność i gotowość operacyjna systemów liczących. Z tych powodów znajdują się one w centrum uwagi specjalistów automatyzacji systemów kierowania armii państw NATO. Będą z pewnością stosowane w standardowych systemach pokładowych samolotów wojskowych (rys. 2.31, 2.32, 2.33).

Potrzeby badań kosmicznych w znacznej mierze wpływały na rozwój systemów liczących. Uważa się, że bez nowej generacji systemów komputerowych nie byłoby możliwe lądowanie człowieka na Księżycu. W projekcie *Apollo* przez okres całego eksperymentu komputery wykorzystywano do obliczeń trajektorii lotu w czasie rzeczywistym. Podczas realizacji programu *Skylab* komputery przeprowadzały ciągłe obliczenia przez okres 275 dni, przetwarzając 25 mln danych na godzinę. W programie *Space Shuttle* (Prom Kosmiczny) zastosowano pięć identycznych komputerów do obliczeń nawigacyjnych, sterowania lotem i testowania. Przetwarzanie danych w programie *Space Shuttle* charakteryzują następujące cechy: szybkość obliczeń — 325 tys. operacji zmiennoprzecinkowych na sekundę i 480 tys. operacji stałoprzecinkowych na sekundę; długość słowa maszynowego — 32 bity;

* System Staran zaprojektowano z przeznaczeniem do wielostrumieniowego przetwarzania danych radarowych.

** System PEPE został zaprojektowany dla amerykańskiej agencji wojskowej: U.S. Army Advanced Ballistic Missile Defence Agency.

pojemność pamięci — 40 960 słów. Do celów sterowania przewidziano ok. 8 tys. słów 32-bitowych pamięci głównej i 17 tys. słów 16-bitowych pamięci masowej. Każdy komputer połączony jest z 38 podsystemami w chwili znajdowania się statku na orbicie, 4 podsystemami na wyrzutni oraz z licznymi punktami naziemnymi. Do realizacji wymiany danych między komputerami w statku kosmicznym i między nimi a komputerami współpracującymi stosuje się 24-przewodową szynę danych, pracujących na zasadzie podziału czasu. W promie kosmicznym zastosowano do komunikacji człowieka z komputerem uniwersalne i specjalizowane monitory ekranowe, klawiatury, wskaźniki itp.

Do funkcjonujących obecnie superkomputerów zalicza się maszyny cyfrowe *CYBER 203, CRAY-1* i *DAP*. Najpotężniejszą z nich jest *CYBER 203* firmy CDC *. Jego pamięć operacyjna ma pojemność 2 mln słów 64-bitowych, prowadzone zaś prace zmierzają do zwiększenia pojemności do 8 mln słów. Jednostka centralna systemu *CYBER 203* zawiera: procesor skalarny, procesor wektorowy, pamięć operacyjną i układ we-wy. Szybkość wykonywania obliczeń przez procesor skalarny wynosi 50 mln operacji zmiennoprzecinkowych na sekundę, a procesor wektorowy — 100 mln operacji na sekundę, wykonywanych równolegle z przetwarzaniem skalarnym. Układ we-wy zawiera 12 kanałów o przepustowości do 40 Mbitów/s.

CYBER 203 znajduje zastosowanie m.in. w prognozowaniu meteorologicznym, w symulacji zjawisk aerodynamicznych i badaniach nuklearnych. Należy podkreślić fakt zamówienia systemu *CYBER 203* dla sieci komputerowej CYBERNET oraz trzech egzemplarzy systemu dla sił lotniczych USA (rys. 2.31, 2.32, 2.33).

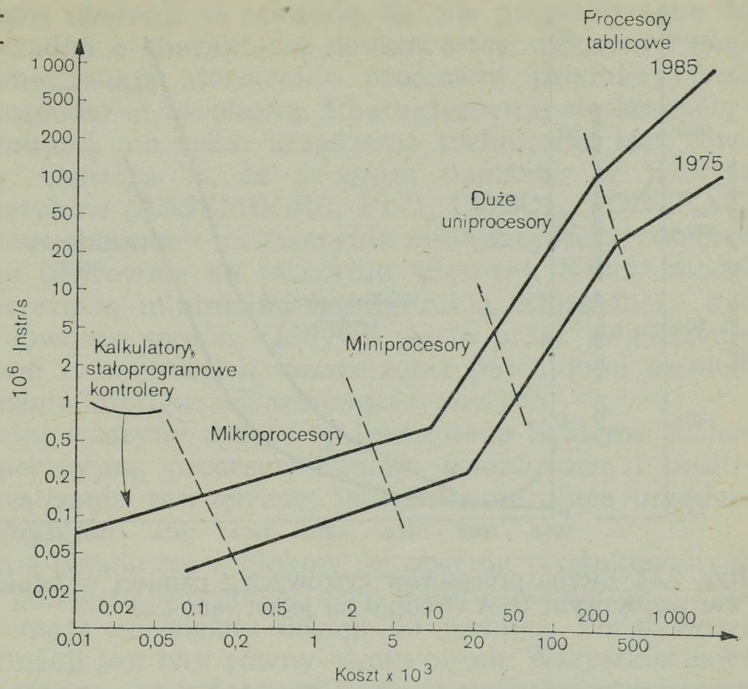
Jako przykład popularnej rodziny maszyn cyfrowych rozpatrzymy maszyny Jednolitego Systemu.

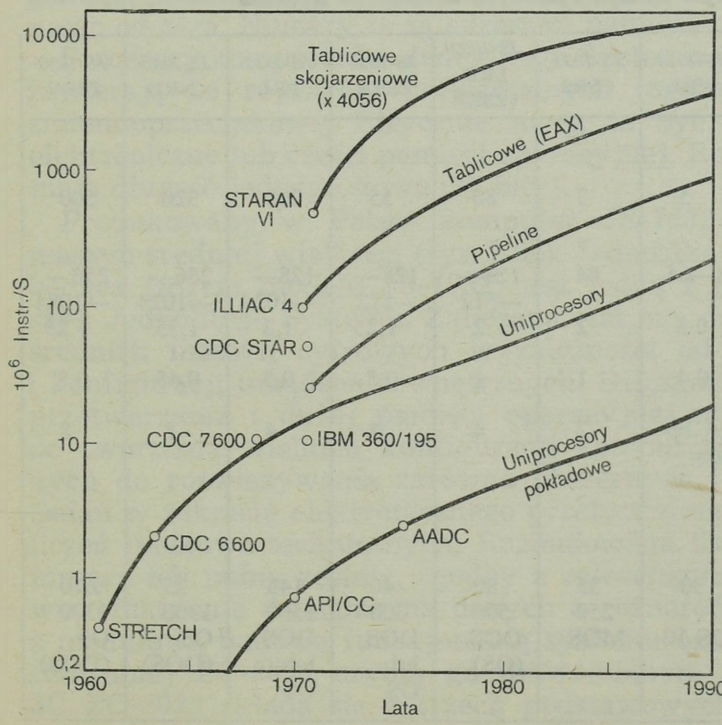
W 1969 r. Bułgaria, Czechosłowacja, NRD, Polska, Węgry i ZSRR utworzyły Międzypaństwową Komisję Współpracy Krajów Socjalistycznych w zakresie Techniki Obliczeniowej, której zadaniem jest koordynacja prac związanych z produkcją rodziny komputerów nazwanej Jednolitym Systemem EMC. Rezultatem 43 posiedzenia Komitetu Wykonawczego RWPG było podpisanie w grudniu 1969 r. „Międzynarodowego porozumienia o współpracy w zakresie opracowania, produkcji i zastosowań środków techniki obliczeniowej"; później do współpracy przyłączyła się Kuba i Rumunia.

Komputery Jednolitego Systemu (tab. 2.10) są maszynami cyfrowymi uniwersalnymi, o mocy obliczeniowej od kilku tysięcy

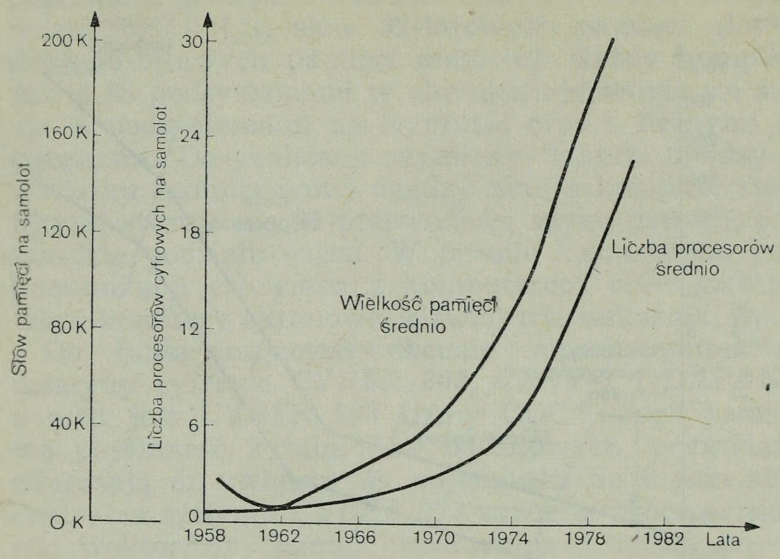
* Informatyka, nr 6/1979 r.

Rys. 2.31. Prognoza wskaźnika wydajność/koszt





Rys. 2.32. Prognoza wydajności



Rys. 2.33. Liczba procesorów cyfrowych i pamięci w lotnictwie wojskowym USA (średnio na jeden samolot)

Tabela 2.10

Podstawowe charakterystyki maszyn cyfrowych Jednolitego Systemu

Parametry	*JS-1010* WRL	*JS-1021* CSRS	*JS-1022* LRB i ZSRR	*JS-1030* ZSRR	*JS-1032* PRL	*JS-1040* NRD	*JS-1050* ZSRR
Szybkość działania [tys. operacji/s]	5	7	80	55	200	320	500
Pamięć operacyjna							
— pojemność [k bajty]	8—64	64	128—512	128—512	128—1024	256—1024	256—1024
— cykl [μs]	0,8	2	2	1,25	1,2	1,35	1,25
— czas dostępu [μs]	0,4	1	1	0,8	0,5	0,45	0,8
— długość słowa [bajty]	16 bitów	2	4	4	4	8	8
Szybkość transmisji kanałów [kbajtów/s]							
— multiplekserowy	30	35	80	40	145	25	670
— selektorowy		250	500	300	1500	1300	1300
System operacyjny	OS-10	MOS	DOS (OS)	DOS lub OS	DOS lub OS	OS (DOS)	OS (DOS)

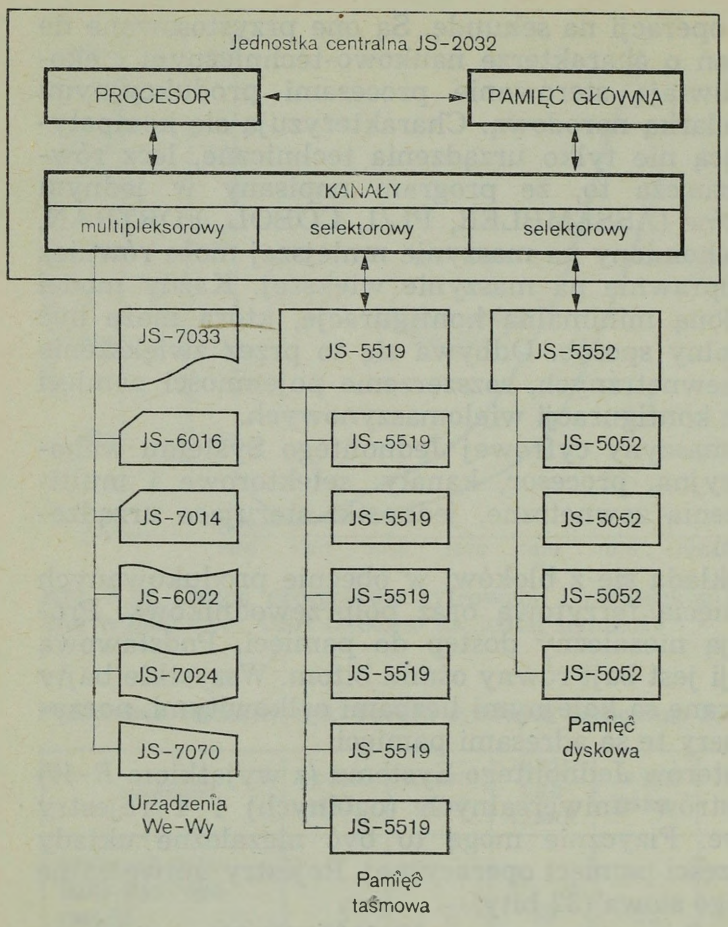
do kilku milionów operacji na sekundę. Są one przystosowane do rozwiązywania zadań o charakterze naukowo-technicznym i ekonomicznym, umożliwiają sterowanie procesami produkcyjnymi i zarządzanie gospodarką narodową. Charakteryzują się kompatybilnością, obejmującą nie tylko urządzenia techniczne, lecz również programy. Oznacza to, że program napisany w jednym z używanych języków (ASSEMBLER, PL/1, COBOL, FORTRAN, RPG, ALGOL) uruchomiony na maszynie mniejszej może również być odtworzony poprawnie na maszynie większej. Każdy model systemu ma określoną minimalną konfigurację, która może być zwiększona w dowolny sposób. Odbywa się to przez zwiększenie zestawu urządzeń zewnętrznych, rozszerzenie pojemności pamięci lub przez tworzenie konfiguracji wielomaszynowych.

W skład każdej maszyny cyfrowej Jednolitego Systemu wchodzi: pamięć operacyjna, procesor, kanały: selektorowe i multipleksorowe, urządzenia zewnętrzne, jednostki sterujące urządzeniami zewnętrznymi.

Pamięć główna składa się z bloków; w obecnie produkowanych modelach jest pamięcią ferrytową oraz półprzewodnikową. Procesor i kanały mają niezależny dostęp do pamięci. Podstawową jednostką informacji jest bajt równy ośmiu bitom. Wszystkie bajty pamięci ponumerowane są kolejnymi liczbami całkowitymi, poczynając od zera. Numery te są adresami pamięci.

Procesory komputerów Jednolitego Systemu (z wyjątkiem *R-40*) zawierają 16 rejestrów uniwersalnych (ogólnych) i 4 rejestry zmiennoprzecinkowe. Fizycznie mogą to być niezależne układy elektroniczne lub części pamięci operacyjnej. Rejestry uniwersalne mają długość jednego słowa (32 bity).

Produkowany w Polsce komputer *JS-1032* (*R-32*) należy do maszyn średniej wielkości (rys. 2.34). Jednostka centralna *JS-2032*, będąca jądrem modelu *JS-1032*, jest jedną z podstawowych maszyn Jednolitego Systemu. Zaliczana jest ona do klasy dużych lub średnich maszyn cyfrowych w zależności od wielkości pamięci i konfiguracji urządzeń zewnętrznych. Dzięki znacznej wydajności przetwarzania i dużej pamięci operacyjnej może stanowić bazę do tworzenia wielkich konfiguracji komputerowych przeznaczonych do rozwiązywania zarówno obszernych i skomplikowanych zadań w zakresie elektronicznego przetwarzania danych, jak i obliczeń naukowo-technicznych. Rozbudowana lista rozkazów, obejmująca ich pełny zestaw, zgodny z zaleceniami JS EMS, umożliwia efektywne działanie na danych o różnorodnej postaci i wraz z modułową budową funkcjonalną systemu opartego na jednostce centralnej *EC-2032* czynią go uniwersalnym w zastosowaniach. JC *EC-2032* składa się z trzech podstawowych bloków funkcjo-



Rys. 2.34. Typowa konfiguracja komputera *JS-1032 (R-32)*

nalnych: procesora, kanałów i pamięci operacyjnej (PAO). Procesor przeznaczony jest do sterowania procesem przetwarzania zgodnie z zadanym programem. Łączność procesora z urządzeniami zewnętrznymi realizowana jest poprzez kanały we-wy: multipleksorowy (KM) i selektorowe (KS). Kanał multipleksorowy umożliwia podłączenie szeregu urządzeń we-wy najczęściej o małej i średniej szybkości przesyłania danych; urządzeń we-wy z kart perforowanych, z taśmy papierowej, drukarek itp. KM zawiera 256 nie dzielonych lub 120 nie dzielonych i 8 dzielonych podkanałów. Do podkanałów nie dzielonych można podłączyć tylko jedno urządzenie we-wy; do podkanału dzielonego — do 16. Szybkość transmisji danych w reżimie multipleksorowym — 145 000 bajtów/s, w reżimie selektorowym — 470 000 bajtów/s. Kanał selektorowy (KS) umożliwia podłączenie do procesora szyb-

kich urządzeń zewnętrznych (pamięci zewnętrzne dyskowe, taśmowe itp.). Do jednego kanału selektorowego można podłączyć do 8 urządzeń sterujących, które mogą sterować maksymalnie 256 urządzeniami we-wy. Sumaryczna przepustowość kanałów selektorowych — 2 500 000 bajtów/s. Pamięć operacyjna (PAO) służy do przechowywania zarówno przetwarzanych danych, jak i rozkazów. Zbudowana jest z bloków po 4096 bajtów (4 k bajty) każdy. Pojemność pamięci może wynosić 128 do 1024 k bajtów i może być tworzona z modułów po 128 k bajtów każdy. Najmniejszą jednostką informacji adresowaną w PAO jest bajt (8 bitów +1 bit kontrolny). Bajty wewnątrz bloku adresowane są bezpośrednio. Miejsca w pamięci adresowane są 24-bitową liczbą poczynając od „0". Zawartość pewnych pól w PAO zabezpieczona jest przed niewłaściwym wykorzystaniem lub zniszczeniem spowodowanym błędnym zapisem informacji podczas pracy programu. Ochrona pamięci działa przy zapisie i odczycie w oparciu o tzw. klucz ochrony pamięci. Klucze pamięci znajdują się w pamięci kluczy ochrony niedostępnej dla programisty.

Dane eksploatacyjne

Długość słowa maszynowego	32 bity informacji
Cykl podstawowy maszyny	300 ns
Zasada sterowania	mikroprogramowa
System kontroli	układowy i mikroprogramowy
System diagnostyki	układowy, mikroprogramowy i programowy
Zestaw rozkazów	uniwersalny (143)
Pojemność pamięci kluczy ochrony	64 słowa 8-bitowe dla każdego modułu 128 k bajtów PAO
Czas wykonywania podstawowych operacji:	
— dodawanie-odejmowanie stałoprzecinkowe	2,4 μs
— dodawanie-odejmowanie zmiennoprzecinkowe	4,1 μs
— mnożenie stałoprzecinkowe	16,4 μs
— mnożenie zmiennoprzecinkowe	12,9 μs
— dzielenie stałoprzecinkowe	17,3 μs
— dzielenie zmiennoprzecinkowe	13,2 μs
Średnia szybkość wg mieszanki *Gibson 1*	220 tys. oper./s

Kanał multipleksorowy	
— liczba podkanałów	256 nie dzielonych lub 120 nie dzielonych i 8 dzielonych
— liczba jednostek sterujących	do 8
— szybkość przesyłania	
— reżim multipleksorowy	145 000 bajtów/s
— reżim selektorowy	470 000 bajtów/s
— pamięć słów sterujących	4 k bajty (niedostępna programowo część PAO)
Kanały selektorowe:	
— liczba kanałów	3
— liczba podkanałów w każdym	256
— liczba jednostek sterujących w każdym	do 8
— szybkość przesyłania danych	150 000 bajtów/s
Pamięć operacyjna	
— pojemność	128—1024 k bajtów
— moduł poszerzenia PAO	128 k bajtów
— cykl (dla 1 słowa)	1,2 μs
— czas dostępu	0,5 μs
— długość słowa	36 bitów (w tym 4 kontrolne)
— ochrona pamięci	przy zapisie oraz przy zapisie i odczycie
Dane instalacyjne	
Zasilanie	380/220 V $^{+10\%}_{-15\%}$ 50 Hz $\pm 2\%$
Pobór mocy	
— JC 256 k bajtów	3,8 kVA
— poszerzenie 256 k bajtów	2,0 kVA
Dopuszczalna temperatura otoczenia	5°C÷40°C
Zalecana temperatura otoczenia	20°C÷24°C
Dopuszczalna wilgotność	40%÷60%
Masa	
— JC 256 k bajtów	430 kg
— poszerzenie 256 kbajtów	250 kg
Wymiary podstawowe (w mm)	
— JC 256 kbajtów	
— wysokość	1440
— szerokość	1024
— głębokość	880
— poszerzenie	256 k bajtów

— wysokość 1440
— szerokość 1024
— głębokość 540

2.10. Uwagi końcowe

Rozwój współczesnych środków informatyki charakteryzują następujące zjawiska *:

— rozszerzenie zakresu realizacji sprzętowej struktur logicznych oraz ich funkcji w konfiguracji systemu liczącego;
— doskonalenie sposobów tworzenia oprogramowania podstawowego (systemów operacyjnych);
— zwiększenie efektywności komunikacji użytkowników z systemem liczącym;
— doskonalenie form użytkowania komputerów (dialogu, metod wyszukiwania informacji i organizacji banku danych).

W związku z powyższym można wymienić kilka systemów liczących rozróżnianych ze względu na **:

a) rozwiązania sprzętowo-programowe:
   — systemy komputerowe lokalnego przetwarzania wsadowego,
   — wielodostępne abonenckie systemy liczące z równoczesnym przetwarzaniem wsadowym i interakcyjnym,
   — rozproszone przestrzenne oraz powiązane logicznie i fizycznie moce obliczeniowe i bazy danych, oparte na obsłudze abonenckiej, wykorzystywane wsadowo i interakcyjnie (systemy teleinformatyczne);
b) techniki przetwarzania danych:
   — wieloprogramowość,
   — podział pamięci,
   — podział czasu i mocy obliczeniowej,
   — wieloprocesorowość,
   — obsługa zadań w czasie rzeczywistym,
   — komutacja układowa i programowa informacji,
   — szybka transmisja danych i zamiana kodu szeregowego na równoległy i odwrotnie;
c) formy użytkowania systemu:
   — wsadowo lokalnie lub zdalnie, sekwencyjnie w sekcjach lub równolegle,
   — interakcyjnie (wielodostępnie) na zasadzie dialogu, kon-

* M. Bazewicz: *Systemy informatyczne w szkole wyższej.* PWN, Warszawa 1980 r.
** *Tamże.*

wersacji lub pytania — odpowiedzi *, które związane są z różnymi właściwościami interakcji człowiek — komputer,
— w czasie rzeczywistym systemu „komputer — otoczenie", w którym własności otoczenia nie ulegają istotnym zmianom w stosunku do wyników przetwarzania informacji;

d) zastosowania:
— jedno- i wielodziedzinowe, autonomiczne i kompleksowe,
— specjalistyczne lub uniwersalne,
— działania lokalnego lub rozproszonego,
— obejmujące różne zakresy lub sfery obsługi informatycznej.

Jako perspektywiczne formy użytkowania traktuje się formy interakcyjne, które obejmują następujące sposoby obsługi zadań użytkowników:

1. Dialogowe przetwarzanie zadań na zasadzie współdostępu ** użytkownika do systemu (systemy zapytaniowe).
2. Dialog sterowany programowo, podczas którego użytkownik komunikuje się z programem, z możliwością modyfikowania programu w trakcie jego wykonywania (system półdialogowy).
3. Dialog sterowany przez użytkownika, podczas którego nie występują ograniczenia, jak w poprzednich przypadkach (systemy konwersacyjne).
4. Systemy uwarunkowane czasowo (czasu rzeczywistego), zwane też sterującymi otoczeniem.

Dokonana analiza aktualnego stanu rozwoju informatyki wraz z wnioskami dotyczącymi przewidywanych kierunków rozwoju nie wyczerpuje oczywiście zagadnienia ani też nie pretenduje do miana prognozy rozwoju. Celem jej było stworzenie pewnej bazy pojęciowej oraz specyfikacja najistotniejszych, naszym zdaniem, zjawisk (wynalazków, innowacji, programów badawczo-rozwojowych), co powinno umożliwić nakreślenie ogólnych perspektyw informatyzacji w siłach zbrojnych, bez konieczności omawiania konkretnych rozwiązań technicznych, strukturalnych i form użytkowania systemów liczących.

Automatyzacja niewątpliwie staje się zjawiskiem powszechnym, przekraczającym bariery polityczne, handlowe, kulturowe i języ-

* Przez interakcyjną formę użytkowania rozumie się dialog oparty na translacji programu użytkownika metodą kompilacji. Konwersacja związana jest na ogół z translacją programu metodą interpretacyjną. Użytkowanie na zasadzie „pytanie-odpowiedź" wykorzystuje niekiedy jedną z wymienionych metod translacji, a niekiedy obie.

** Współdostęp polega na tym, że użytkownik uzyskuje dostęp w określonym czasie i zakresie, bez możliwości tworzenia, modyfikowania i zakładania w bibliotece systemu swoich programów.

kowe. Nie wywiera jednak oczekiwanego wpływu ani na gospodarkę narodową, ani na siły zbrojne jako całość. Wśród przyczyn tego stanu należy widzieć istnienie silnego rynku producentów komputerów, wysokie koszty sprzętu i oprogramowania, usług informatycznych, eksploatacyjne i szkolenia użytkowników, dosyć złożone formy użytkowania systemów liczących, często niezadowalającą niezawodność systemów liczących itp.

W latach 70-tych wystąpiły jednak pewne symptomy istotnych zmian w omawianej dziedzinie. Należy przewidywać, że zmiany te ulegną pogłębieniu w latach 80-tych. Świadczą o tym takie tendencje jak: zmiana struktury podaży (np. szeroki rynek mikroprocesorów i mikrokomputerów), ewolucja struktury cen, zmiany w architekturze i organizacji systemów liczących, postęp w dziedzinie telekomunikacji i masowość stosowania zdalnych urządzeń końcowych itp. Wskazuje to między innymi na przełamanie rynku producentów komputerów. Oznacza to, po prostu, wzrost znaczenia wymagań użytkowników dotyczących efektywności, wydajności i trybu użytkowania systemów liczących.

3

ORGANIZACYJNO-TECHNOLOGICZNE ASPEKTY WOJSKOWYCH SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH

3.1. Wprowadzenie

Zasadniczy efekt użycia środków informatyki sprowadza się do usprawnienia procesów zbierania, przesyłania, przetwarzania oraz wydawania informacji, tj. do skrócenia czasu i zwiększenia dokładności ich realizacji. Dla sprawnego przebiegu tych procesów poszczególne ogniwa (elementy) systemu dowodzenia muszą dysponować odpowiednim sprzętem technicznym, który może być efektywnie wykorzystany w warunkach sprawnej organizacji systemu dowodzenia i racjonalnej technologii rozwiązywania zadań realizowanych w procesie dowodzenia. Problemy te mogą być rozwiązywane w różny sposób, albowiem nawet wykorzystując ten sam sprzęt techniczny, w różnych przypadkach różna może być realizacja zadania procesu dowodzenia. Inna może być także organizacja systemu dowodzenia.

Stąd też problemy poruszane w tym rozdziale mają charakter ogólny, prezentują pogląd autorów i nie są związane z określonym realnym systemem informatycznym.

Przed ich przedstawieniem należy przyjąć następujące założenia:

1. System informatyczny powinien umożliwiać informowanie poszczególnych użytkowników w możliwie najkrótszym czasie. Zapewnić to może kompleksowy zautomatyzowany system obejmujący wszystkie ogniwa systemu dowodzenia. W takim systemie urządzenia końcowe powinny być rozmieszczone bezpośrednio w źródłach informacji i u każdego użytkownika systemu.

2. Wyposażenie w techniczne środki informatyki wszystkich źródeł informacji i wszystkich użytkowników przerasta możliwości nawet bogatego państwa. Stąd też dla zebrania informacji w określonych źródłach należy stosować różne podejścia organi-

zacyjno-techniczne w zależności od potrzeb i możliwości oraz roli spełnianej w systemie przez dany element.

3. Wprowadzenie do systemu informatycznego wszystkich informacji wykorzystywanych w procesie dowodzenia, jak i rozwiązywanie metodami informatycznymi wszystkich zadań realizowanych w tym procesie jest zbędne. Istnieje informacja i zadania *, które szczególnie ze względu na możliwość ich formalizacji lepiej może opracować i rozwiązać człowiek. Ponadto dla każdego ogniwa systemu dowodzenia istnieje zestaw informacji niezbędnych do jego właściwego funkcjonowania.

Zebrany w tym rozdziale materiał przedstawiający niektóre problemy związane z:

— organizacją procesu dowodzenia,
— przesyłaniem, gromadzeniem i przetwarzaniem informacji,
— zadaniami przetwarzanymi w systemie informatycznym, powinien dostarczyć czytelnikowi informacji o realizowanych pracach i problemach wymagających rozwiązania w procesie informatyzacji systemu dowodzenia.

3.2. Struktury organizacyjno-funkcjonalne

Podstawę organizacji wojskowych systemów informatycznych stanowi rozbudowana sieć punktów zbierania, przetwarzania i wykorzystania informacji. Obejmuje ona poszczególne szczeble dowodzenia wojskami powiązane ze sobą kanałami łączności.

Struktura organizacyjno-funkcjonalna, jak również wyposażenie techniczne punktów zbierania, przetwarzania i wykorzystania informacji, zależy od charakteru i zakresu prac, które wykonuje się w tych komórkach. Biorąc to pod uwagę można wyróżnić następujące, podstawowe rodzaje elementów, realizujących funkcje informacyjne:

— punkty informacyjne (PI),
— punkty zbierania informacji (PZI),
— ośrodki przetwarzania informacji (OPI),
— komórki organizacyjne i osoby funkcyjne stanowiska dowodzenia.

Punkty informacyjne (PI) stanowią pierwsze ogniwo systemu informatycznego dowodzenia wojskami i zapewniają napływ niezbędnych informacji. Zadaniem ich jest zbieranie i przekazywanie informacji o stanie ilościowym i jakościowym sprzętu technicz-

* Dotyczy to przede wszystkim tzw. zadań nieustrukturalizowanych, dla których charakterystyczna jest dominacja cech jakościowych nad ilościowymi i mnogość relacji między nimi.

nego, o stratach w ludziach i w sprzęcie, o stanie zabezpieczenia materiałowego wojsk, o stanie i ruchu zapasów środków materiałowych, o obłożeniu punktów medycznych, o stanie dróg, jak również innych informacji związanych z organizacją, zaopatrywaniem i obsługą wojsk. Punkty informacyjne dostarczają również wiadomości o położeniu i działalności wojsk nieprzyjaciela.

PI należy organizować w pododdziałach ogólnowojskowych, innych pododdziałach oddziałów, w składnicach polowych i pododdziałach jednostek tyłowych oraz w pododdziałach wyższych szczebli dowodzenia. Informacje przekazywane wyższym ogniwom dowodzenia systemu mogą pochodzić z bezpośredniej obserwacji prowadzonej z PI lub ze zbiorczych meldunków.

Punkty zbierania informacji (PZI) organizuje się w celu przyjęcia informacji z PI, dokonania wstępnej selekcji, zestawienia i uogólnienia informacji, jak również w celu opracowania prostych dokumentów informacyjnych i sprawozdawczych. Ponadto PZI przekazują do ośrodków przetwarzania informacji dane, które zestawione są w odpowiednie bloki informacyjne. Przyjmować będą również przetworzone w OPI informacje, a także w miarę potrzeby będą zapewniały tranzyt informacji z PI do OPI i z OPI do PI, a nawet bezpośrednio do użytkownika, którym może być np. określony wykonawca zadania.

Wyposażenie techniczne PZI powinno składać się z aparatury nadawczo-odbiorczej, zapewniającej przyjmowanie i przekazywanie informacji, oraz z prostych urządzeń obliczeniowych, pozwalających segregować, zestawiać i przekazywać informacje w postaci odpowiednich dokumentów. Wyposażenie techniczne PZI zależy również od usytuowania EMC, z którą współpracuje.

W strukturze organizacyjno-funkcjonalnej systemu informatycznego przewiduje się organizację PZI na stanowiskach dowodzenia odpowiednich ogniw, jak również w innych podległych jednostkach tyłowych i technicznych, a także w jednostkach rodzajów wojsk i służb objętych systemem informatycznym, co przedstawiono na rys. 3.1.

Ośrodki przetwarzania informacji (OPI) wyposażone są w uniwersalne i specjalistyczne, mobilne i dostosowane do pracy w warunkach polowych elektroniczne maszyny cyfrowe (EMC). Przeznaczone są do zbierania, przechowywania i przetwarzania informacji niezbędnych w procesie dowodzenia wojskami. Stanowią one podstawowy element informatycznego systemu dowodzenia wojskami, bowiem tu odbywa się gromadzenie i przechowywanie informacji, opracowanie zebranych informacji, wypracowanie danych do rozkazów i zarządzeń oraz przekazanie ich do wykonawców. Wykonawcami mogą być OPI, organizowane

na odpowiednich stanowiskach dowodzenia. OPI ogniw podległych w stosunku do OPI ogniw nadrzędnych spełniają rolę PZI. Tak, jak i w PZI, tak i w OPI następuje segregowanie i zestawianie informacji oraz maszynowe przygotowanie meldunków do przekazania ich przełożonemu. Jak stąd wynika, w strukturze organizacyjno-funkcjonalnej systemów informatycznych występują grupy punktów zbierania i przetwarzania informacji, które ściśle ze sobą powiązane tworzą jedną całość.

Powiązania między nimi zapewniają sprawną wymianę informacji, jak również komunikowanie się z innymi systemami informatycznymi w celu realizacji zadań procesu dowodzenia.

Ideowy schemat organizacji punktów zbierania i przetwarzania informacji w poszczególnych ogniwach dowodzenia wojskami oraz ich wzajemne powiązania przedstawiono na rys. 3.1.

Komórki organizacyjne i osoby funkcyjne stanowiska dowodzenia, zwane użytkownikami systemu, czynnie uczestniczą w eksploatacji systemu informatycznego, wykorzystywanego w procesie dowodzenia. Poprawne rozwiązanie zadań operacyjno-taktycznych przy wykorzystaniu EMC zapewnia się wspólnym wysiłkiem organów informatyki (etatowych i doraźnie powoływanych) sztabu, rodzajów wojsk i służb. Za efektywne wykorzystanie EMC odpowiadają oficerowie komórek organizacyjnych i osoby funkcyjne sztabu. Organizują oni i bezpośrednio uczestniczą, między innymi w realizacji takich przedsięwzięć, jak:

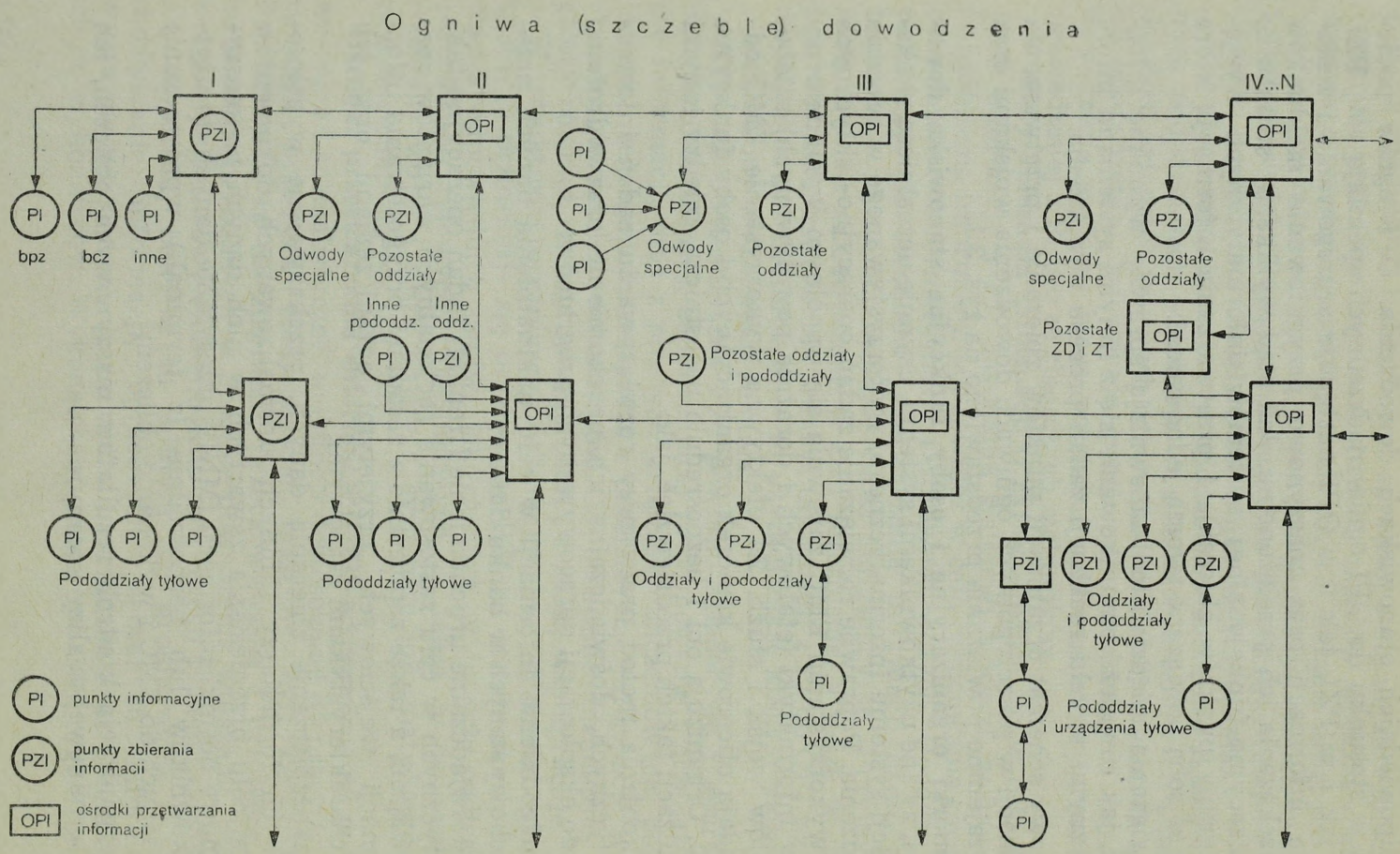
— kontrola metod pracy przy rozwiązywaniu zadań informatycznych, doświadczalne ich uruchomienie oraz wdrożenie do eksploatacji opracowywanych programów;

— uzgodnienie informacji w celu uaktualnienia danych przechowywanych w banku danych;

— doświadczalne uruchomienie (trening) zadań operacyjno-taktycznych w celu zastosowania racjonalnych wariantów rozwiązań, a także zapoznanie z zasadami przygotowania informacji wejściowych, przyjętymi ograniczeniami oraz ich charakterystykami czasowymi;

— zabezpieczenie zbierania danych, przekazywanie wypełnionych formularzy i innych sformalizowanych dokumentów w celu przeniesienia zawartych w nich danych na maszynowe nośniki informacji (MNI), przesyłanie danych do użytkowników lub bezpośrednie (z terminali) wprowadzanie danych do EMC i wykonanie obliczeń;

— organizacja kontroli rezultatów maszynowych obliczeń, ich terminowej analizy i oceny;



Rys. 3.1. Ideowy schemat organizacji punktów zbierania i przetwarzania informacji w poszczególnych ogniwach dowodzenia

— organizacja łączności dla potrzeb eksploatacji systemów informatycznych.

Wymienione wyżej przykładowe przedsięwzięcia mogą być w konkretnych systemach informatycznych inne, gdyż zależą one od ustalonej organizacji pracy stanowiska dowodzenia. Szczegółowy podział zadań, kompetencji i obowiązków osób funkcyjnych i komórek organizacyjnych stanowisk dowodzenia w zakresie wykorzystywania systemów informatycznych są regulowane przez odpowiednie akty normatywne.

Należy nadmienić, że w różnych systemach, np. w systemach kierowania środkami walki, będą występowały inne elementy organizacyjno-funkcjonalne systemu, lecz przedstawione powyżej podstawowe cele i zadania będą te same.

Wśród kompleksowych zadań realizowanych w procesie informatyzacji systemu dowodzenia na szczególną uwagę zasługują te, które zmierzają do opracowania modelu organizacyjno-funkcjonalnego, niezbędnego:

— do analizy i syntezy organizacyjnej poszczególnych szczebli dowodzenia wojskami, z punktu widzenia budowanego systemu informatycznego;
— do analizy metod i sposobów rozwiązywania problematyki (zadań) oraz obiegu informacji w ramach systemu dowodzenia;
— do analizy wyposażenia poszczególnych ogniw dowodzenia wojskami w środki i urządzenia techniczne.

Wynikiem opracowanego modelu organizacyjno-funkcjonalnego systemu informatycznego jest:

— struktura organizacyjna systemu informatycznego w całości oraz poszczególnych podsystemów niższego rzędu, wchodzących w skład systemu informatycznego;
— struktura zadań i czynności rozwiązywanych w procesie dowodzenia wojskami;
— schemat obiegu informacji.

Przedstawiona problematyka może czytelnikowi sugerować, że użytkowanie systemu informatycznego, a zwłaszcza wykorzystanie środków informatyki w systemie dowodzenia, stanowi dodatkowe obciążenie i jest szczególnie pracochłonne. W dostępnej literaturze często spotyka się stwierdzenie, „że podstawową cechą systemów informatycznych dowodzenia jest ich stałoprogramowość i rutynowe zastosowanie nie wymagające głębokiej wiedzy informatycznej. Zdaniem autorów jest to pogląd zbyt optymistyczny na obecnym etapie rozwoju systemów informatycznych dowodzenia. W praktyce automatyzacji dowodzenia nie znajduje on jak dotąd pełnego potwierdzenia, co nie oznacza że tak być powinno.

Efektywne wykorzystanie środków informatyki przez użytkownika w procesie dowodzenia zależy między innymi od stopnia znajomości możliwości środków informatyki stosowanych bezpośrednio w eksploatacji systemów. Ponadto pozwala zbierać w toku prowadzonych ćwiczeń doświadczenia i krytyczne uwagi, dzięki czemu można doskonalić eksploatowane systemy informatyczne, a także efektywniej wykorzystywać sprzęt informatyczny. W tym miejscu należy zaznaczyć, że doskonalenie systemów informatycznych i racjonalizacja eksploatacji sprzętu informatycznego w dowodzeniu wojskami jest procesem ciągłym. Rutynowe wykorzystywanie sprzętu informatycznego systemów informatycznych może być następstwem doskonałej znajomości ich możliwości w procesie dowodzenia.

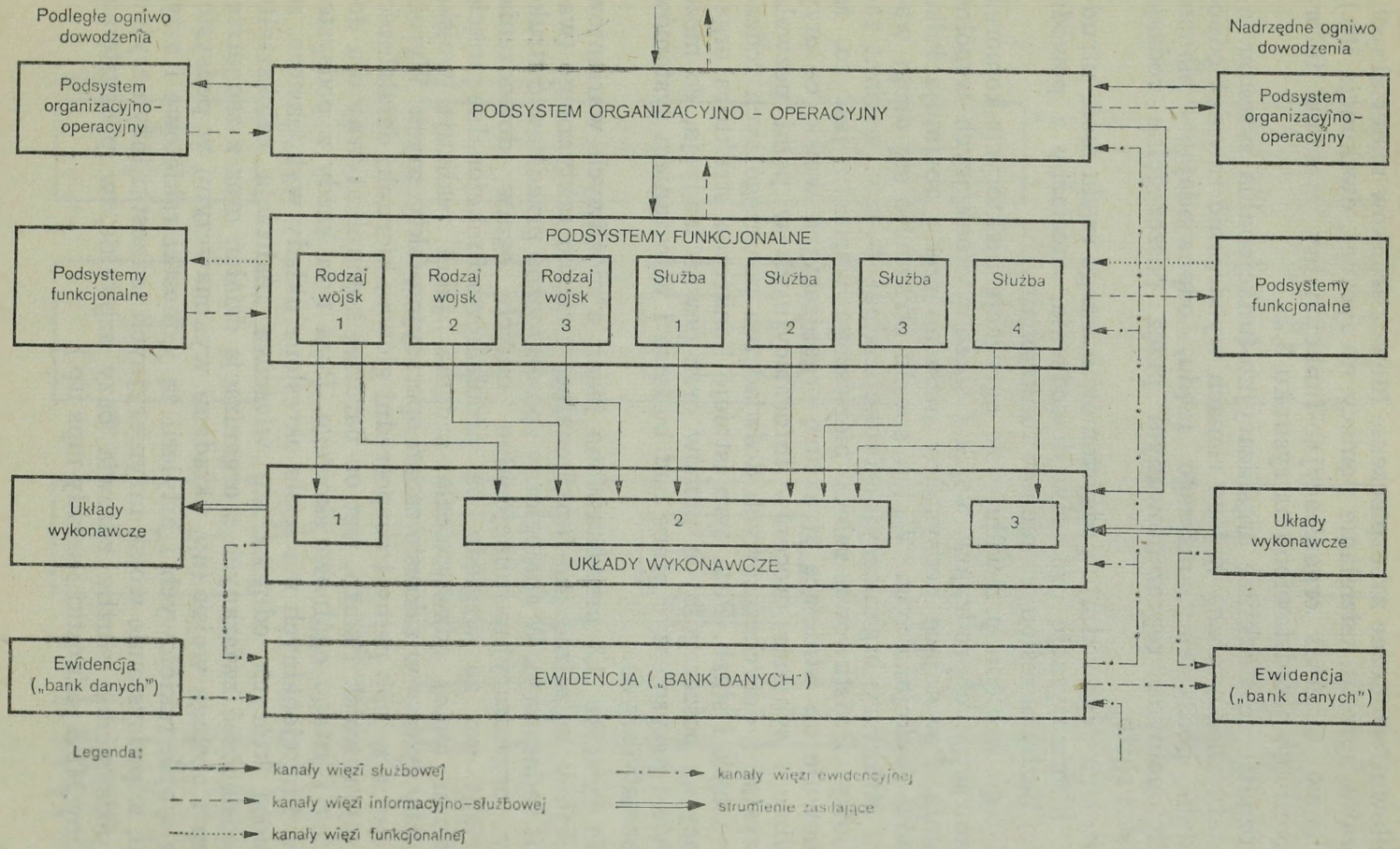
W każdym ogniwie systemu dowodzenia, a więc i systemu informatycznego, można wyróżnić trzy podstawowe podsystemy niższego rzędu, a mianowicie;

— podsystem organizacyjno-operacyjny;
— podsystemy funkcjonalne;
— układy wykonawcze.

Podsystem organizacyjno-operacyjny sprawuje funkcję organizacyjną, koordynującą pracę systemu informatycznego. Do jego zadań należy wypracowanie danych do podjęcia decyzji przez dowódcę, w tym także zaopatrywania i obsługi wojsk, decydowanie o organizacji ugrupowania wojsk, rozdziale sił i środków, wydawanie rozkazów (dyrektyw, zarządzeń) dla niższych ogniw systemu informatycznego, reagowanie na wszelkie odchylenia od przyjętego planu działania i wnoszenie niezbędnych uzupełnień stosownie do zaistniałej sytuacji.

Podsystemy funkcjonalne wymagać będą opracowania planów działania w oparciu o dyrektywy, rozkazy i zarządzenia organów dowodzenia wojsk danego pionu podsystemu organizacyjno-operacyjnego. Jednym z podstawowych zadań podsystemów funkcjonalnych jest operatywne kierowanie pracą poszczególnych układów wykonawczych oraz sprawowanie kontroli nad realizacją zadań w zakresie zaopatrywania i obsługi wojsk.

Układy wykonawcze obejmują wszystkie te oddziały, pododdziały, na których spoczywa ciężar właściwej realizacji podstawowych zamierzeń w zakresie wykonywania zadań bojowych i tyłowego zabezpieczenia wojsk. Są to podległe oddziały, pododdziały danego szczebla dowodzenia, jak również tyły i urządzenia tyłowe. A zatem układy wykonawcze obejmują te elementy podsystemu, których finalnym produktem jest zmaterializowane działanie, np. wykonanie określonego zadania bojowego oraz ma-



Rys. 3.2. Ideowy schemat organizacyjno-funkcjonalny systemu informatycznego

teriałowo-techniczne zabezpieczenie (dowóz środków materialnych, naprawa sprzętu, udzielanie pomocy medycznej, ewakuacja itp.).

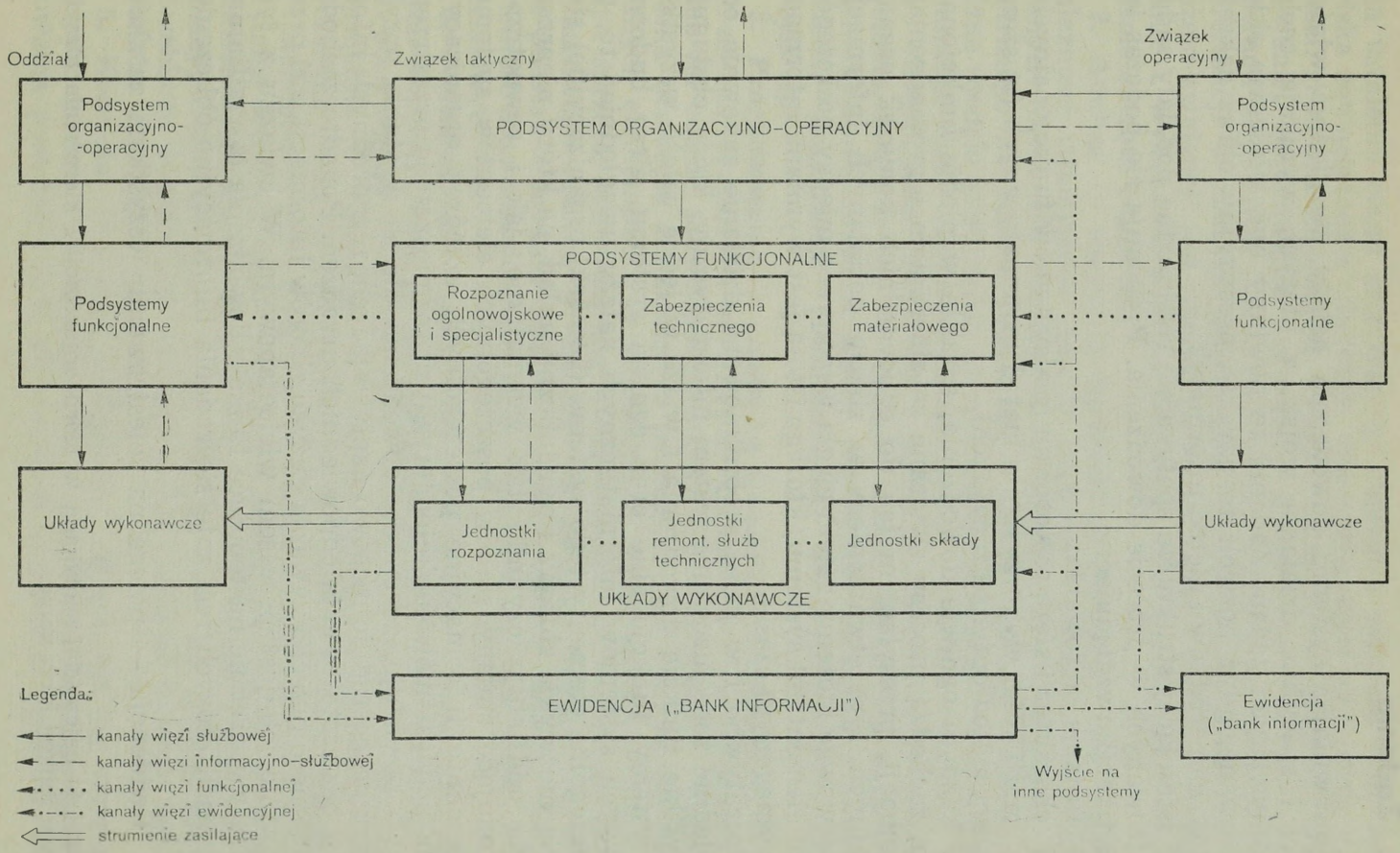
Ideowy schemat organizacyjno-funkcjonalny systemu informatycznego przedstawiono na rysunku 3.2.

Rozpatrując strukturę organizacyjno-funkcjonalną systemu informatycznego, można w jego ramach wyodrębnić również odpowiednie podsystemy niższego rzędu, odpowiadające pionom funkcjonalnym, reprezentowanym przez poszczególne rodzaje wojsk i służb.

Istnienie tego rodzaju podsystemów niższego rzędu może utrudniać informatyzację procesów dowodzenia, chociażby z powodu dużej liczby określonych pionów funkcjonalnych.

Z tego względu przewiduje się agregację niektórych komórek organizacyjnych rodzajów wojsk i służb wykonujących wspólne zadania. Powstające podsystemy niższego rzędu obejmują kilka pionów funkcjonalnych. W ten sposób otrzymuje się drugi wariant struktury organizacyjno-funkcjonalnej — tzw. wariant zadaniowy. Podstawową zaletą pierwszego wariantu jest to, że zachowuje on istniejącą strukturę organizacyjną wojsk, co przy analizie i syntezie procesów informacyjnych w pełni pozwala korzystać z dotychczasowych doświadczeń poszczególnych rodzajów wojsk i służb. Poza tym istnieje konkretna struktura organizacyjna poszczególnych pionów oraz pewna tradycja, co może pomóc i przyspieszyć prace nad budową i wdrażaniem systemów informatycznych.

Na rysunku 3.3 przedstawiono jeden z możliwych wariantów struktury organizacyjno-funkcjonalnej związku taktycznego (wariant zadaniowy). W analogiczny sposób można przedstawić struktury organizacyjno-funkcjonalne innych ogniw dowodzenia. Wariant ten ze względu na problemowo-funkcjonalne ujęcie systemu lepiej odzwierciedla zadania, jakie realizują wojska i służby tyłowe w zakresie zadań operacyjno-taktycznych. Wyróżnia on w sposób pełny i bezpośredni główne kierunki działalności rodzajów wojsk i służb, jest on bardziej komunikatywny dla dowódcy i sztabu ogólnowojskowego. Poza tym każdy z podsystemów funkcjonalnych ma ściśle określone układy wykonawcze, za pomocą których odbywa się właściwa realizacja całokształtu przedsięwzięć związanych z organizacją działań oraz z zaopatrzeniem i obsługą wojsk (np. układami wykonawczymi w podsystemie wojsk rakietowych i artylerii są jednostki rakietowe i artylerii, w podsystemie wojsk inżynieryjnych jednostki inżynieryjne, w podsystemie służby zdrowia bazy szpitalne, w podsystemie służby MPS jednostki i składy mps itp.).



Rys. 3.3. Ideowy schemat organizacyjno-funkcjonalny związku taktycznego

3.3. Zadania

Usprawniając systemy dowodzenia należy uwzględnić właściwości i specyfikę działania wojsk, z których wynikają cechy wykonywanych zadań. Zadania te powinny być właściwie sklasyfikowane, gdyż pozwoli to uzyskać precyzyjny obraz zakresu zastosowań środków i metod informatyki.

W istniejącej strukturze spotyka się różnorodne podziały zadań realizowanych w procesie dowodzenia. Proponuje się podczas ich klasyfikacji uwzględniać:

a) funkcje kierowania;

b) charakter i sferę zastosowań (podsystemów funkcjonalnych);

c) możliwości wykorzystania metod matematycznych (w szczególności metod optymalizacyjnych).

W każdym ogniwie dowodzenia, a także w pionie funkcjonalnym, zachodzą procesy związane ze zbieraniem i gromadzeniem informacji, przesyłaniem ich do odpowiednich komórek organizacyjnych i przetwarzaniem w zbiory pożądanych informacji. Obserwować możemy zatem ciągłą współpracę między poszczególnymi elementami systemu, którego istotą jest wymiana informacji w wymaganym czasie.

Operatywne i w pełni skoordynowane działanie zapewnia odpowiednio zorganizowany system informatyczny, który obsługuje wszystkie funkcje dowodzenia i wiąże w jedną całość wszystkie podsystemy funkcjonalne oraz ogniwa systemu. Przy budowie polowych systemów informatycznych należy uwzględniać to, że poszczególne elementy tego systemu (komórki organizacyjne) stanowią niezwykle złożony i dynamiczny układ, na który nieprzerwanie oddziałują czynniki tak wewnętrzne, jak i zewnętrzne, powodujące zmiany stanów poszczególnych elementów systemu.

Elementy informacyjne poszczególnych komórek organizacyjnych (podsystemów funkcjonalnych) są rozmieszczone przestrzennie, co powoduje, że organa dowodzenia nie są w stanie przyjmować bezpośrednio masowo napływających, różnorodnych informacji bez zastosowania odpowiednich urządzeń. Ponadto zachodzi konieczność przechowywania dużych zbiorów informacji, zaś przetwarzanie ich jest procesem wieloetapowym. W związku z tym można wyodrębnić następujące funkcje dowodzenia (zarządzania), w ramach których realizuje się zadania informacyjno-obliczeniowe *:

1. **Ewidencja** — polega na rejestrowaniu wszystkich zaszłości

* Przyjęto najczęściej spotykaną w teorii organizacji i kierowania klasyfikację funkcji kierowania.

dla ustalenia stanu kierowanego elementu systemu oraz środowiska zewnętrznego. Obejmuje ona następujące zasadnicze czynności: zbieranie informacji, wstępne opracowanie informacji, grupowanie, opracowanie zestawień, dokonywanie elementarnych operacji logicznych i obliczeniowych, wydawanie opracowanych informacji w różnych przekrojach rodzajowych. Finalnym wyrazem ewidencji jest sprawozdawczość i statystyka (np. sprawozdanie z wykonania zadania bojowego, czy też stopnia wykorzystania sprzętu bojowego).

2. **Analiza** — obejmuje opracowanie informacji dla ustalenia zależności istniejących między zmianami poszczególnych kierowanych elementów systemu a oddziaływaniem środowiska zewnętrznego na system. Realizując funkcję analizy, zestawia się różne modele analityczne, ilustrujące te zależności, oraz aktualne i minione stany kierowanych elementów systemu. W wyniku analizy otrzymujemy informacje o stanie rzeczywistym kierowanego systemu. Mogą to być np. modele obiegu informacji, organizacja wykorzystania środków walki, organizacja łączności i powiadamiania, organizacja zabezpieczenia materiałowo-technicznego wojsk itp.

3. **Prognozowanie** — polega na opracowaniu informacji w celu określenia przyszłych możliwych kierunków działania systemu oraz na ocenie prawdopodobieństwa ich wystąpienia. Prognozowanie dostarcza informacji o przyszłym zachowaniu się kierowanych elementów, a w szczególności oczekiwanych stratach ludzi i sprzętu, spowodowanych działaniem broni konwencjonalnej i masowego rażenia w wyniku prowadzenia działań bojowych. Na podstawie modelu działań bojowych można również określać wielkość prawdopodobnych strat w sprzęcie, zużycie środków materiałowych itp.

4. **Normowanie** — polega na opracowaniu zbioru dopuszczalnych wartości istniejących zmiennych, dla których przyjmuje się, że poszczególne elementy oraz system w całości funkcjonują normalnie. Normowanie to także zbiór aktów normatywnych dotyczących zasad, reguł, ustaleń, praw i obowiązków stosowanych w działaniach bojowych kierowanego elementu systemu. Ustalenia te mogą dotyczyć norm operacyjno-taktycznych dla pododdziałów, oddziałów, związków taktycznych. Są to wielkości jednostek kalkulacyjno-operacyjnych i ich urzutowanie na poszczególnych szczeblach dowodzenia. Mogą to być również normy zużycia środków materiałowych na dobę itp.

5. **Kontrola** — polega na zebraniu informacji, na podstawie których można określić odchylenia od stanu normalnego funkcjonowania poszczególnych kierowanych elementów systemu. Obej-

muje ona wiele dziedzin działalności w procesie dowodzenia wojskami i dotyczy przede wszystkim zagadnień związanych z realizacją wydanych aktów prawnych, rozkazów i zarządzeń. Kontrola służy między innymi do ujawnienia zarówno prawidłowych, jak i nieprawidłowych działań. Może ona dotyczyć stanów gotowości bojowej wojsk, sprawności technicznej sprzętu, znajomości postawionych zadań oraz sposobu ich realizacji, jak również stopnia zabezpieczenia materiałowo-technicznego itp.

6. **Organizowanie** — polega na tworzeniu nowych struktur systemu lub na doskonaleniu struktur istniejących. W pierwszym przypadku mamy na uwadze przede wszystkim ustalenie określonych powiązań między elementami systemu, w drugim zaś — powiązania i zależności między fazami procesów, tj. ustalenie i dokonywanie zmian w procedurach, metodach i algorytmach, które określają działalność kierowanych elementów systemu.

W ramach funkcji organizowania dokonuje się budowy modeli struktur organizacyjnych, do których między innymi możemy zaliczyć model struktury organizacyjno-funkcjonalnej i struktury organizacyjno-technicznej systemu informatycznego, strukturę organizacyjną organów informatyki w procesie eksploatacji systemu informatycznego oraz zadania poszczególnych komórek. Organizowanie może obejmować również opracowanie aktów normatywnych określających zasady projektowania, algorytmizacji, programowania oraz eksploatacji systemów informatycznych. Zaliczyć tu można również takie złożone przedsięwzięcia, jak organizacja współdziałania poszczególnych elementów ugrupowania bojowego wojsk, materiałowo-medyczne i techniczne zabezpieczenie wojsk na polu walki, organizacja dowozu i ewakuacji itp.

7. **Planowanie** — obejmuje opracowanie nowego (pożądanego) modelu działania systemu oraz dokonanie podziału sił i środków dla zbudowania tego modelu, w oparciu o informację analityczną i prognostyczną. Planowanie obejmuje także wybór celu i kryterium, według którego oceniana jest efektywność dowodzenia. Przedsięwzięcia objęte planem mogą dotyczyć działań bojowych wojsk określonego szczebla dowodzenia w celu wykonania zadania bojowego. Treść i forma informacji zawartych w planie jest odzwierciedleniem zamiaru realizacji tych przedsięwzięć. Wskazuje również zadania i ich wykonawców, czas wykonania, środki i siły oraz przewidywany efekt wykonania planowanego zadania (np. plan obrony związku taktycznego, plan rozbudowy inżynieryjnej rejonu obrony, plan materiałowo-technicznego zabezpieczenia wojsk, plan budowy systemu informatycznego itp.).

8. **Programowanie** — polega na opracowaniu programu opisu-

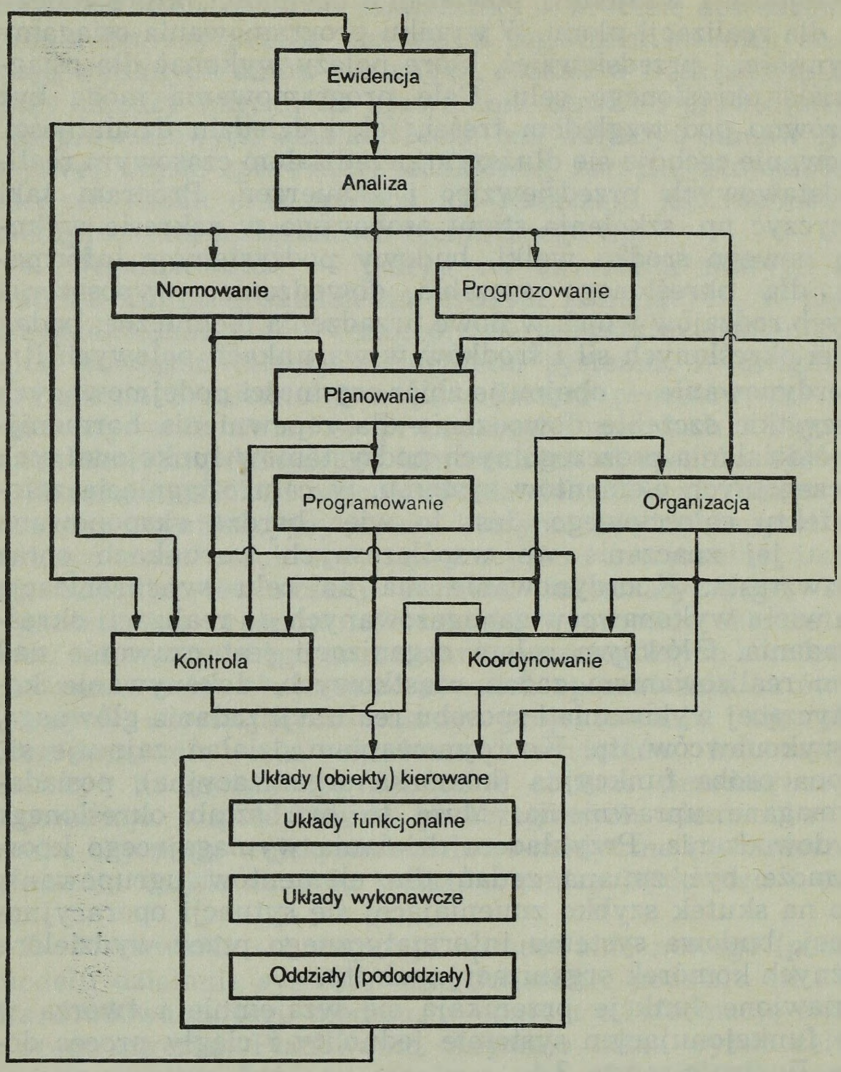
jącego kolejność i wzajemne powiązanie czynności, które należy wykonać dla realizacji planu. W wyniku programowania osiągamy obraz czynności i przedsięwzięć, które należy wykonać dla osiągnięcia ściśle określonego celu. Cele programowania mogą być różne zarówno pod względem treści, jak i dziedzin działalności. Programowanie cechuje się dłuższym przedziałem czasowym realizacji podstawowych przedsięwzięć i zamierzeń. Program taki może dotyczyć np. szkolenia stanu osobowego w zakresie wykorzystania nowego środka walki, budowy podsystemów informatycznych dla określonego szczebla dowodzenia, wyposażenia określonych rodzajów wojsk w nowe urządzenia techniczne, badań możliwości określonych sił i środków w warunkach polowych itp.

9. **Koordynowanie** — obejmuje zbiór czynności podejmowanych przez wszystkie szczeble dowodzenia dla zapewnienia harmonijnego współdziałania poszczególnych podsystemów funkcjonalnych lub poszczególnych elementów systemu, w celu osiągnięcia założonego efektu całościowego. Jest to więc bardzo eksponowana funkcja, a jej znaczenie we współczesnych warunkach coraz bardziej wzrasta. Koordynowanie ma na celu synchronizację działania wielu wykonawców zaangażowanych do realizacji określonego zadania. Głównym celem organizacji jest czuwanie nad sprawnym realizowaniem zadań cząstkowych, dokonywanie korekty dotyczącej wykonania i sposobu realizacji zadania głównego, zmiany wykonawców itp. Koordynowaniem działań zajmuje się wyznaczona osoba funkcyjna (komórka organizacyjna), posiadająca wymagane uprawnienia. Może to być sztab określonego szczebla dowodzenia. Przykładem działania wymagającego koordynacji może być zmiana zadań dla elementów ugrupowania bojowego na skutek szybko zmieniającej się sytuacji operacyjno-taktycznej, budowa systemu informatycznego przez wydzielone siły z różnych komórek organizacyjnych itp.

Przedstawione funkcje przenikają się wzajemnie i tworzą w sprawnie funkcjonującym systemie jednolity i ciągły proces dowodzenia. Ilustruje to rys. 3.4.

Wykorzystanie sił i środków informatyki dla potrzeb dowodzenia (zarządzania) sprowadza się w zasadzie do określenia zadań występujących w procesie dowodzenia i ich podziału na elementy, z których można zbudować model usprawniania procesu dowodzenia. Taki podział można w pełni opisać odpowiednimi formalnymi zasadami.

W wyniku klasyfikacji zadań, ze względu na charakter i sferę zastosowań, winno się uzyskać jasny obraz zadań podlegających informatyzacji. Pod pojęciem zadania należy rozumieć logiczny, zakończony proces opracowania informacji wejściowych wykorzy-



Rys. 3.4. Funkcje kierowania w systemie dowodzenia wojskami

stywanych w procesie przetwarzania na EMC. Rezultatem opracowania tych informacji jest spójny dokument (dokumenty) wyjściowy otrzymywany z EMC w określonej formie lub przechowywany w pamięci, w postaci określonej struktury zapisu.

Rozwiązywanie zadań przez EMC stworzyło nowe problemy i wymagania dotyczące zarówno samych zadań, jak i organizacji procesu ich rozwiązywania. Przy opracowywaniu informacji sposobem tradycyjnym problemy te były rzadko spotykane. Jednym

z ważniejszych problemów jest określenie stopnia kompleksowości zadań i wzajemnych ich powiązań, zgodnie z funkcjonalnym przeznaczeniem.

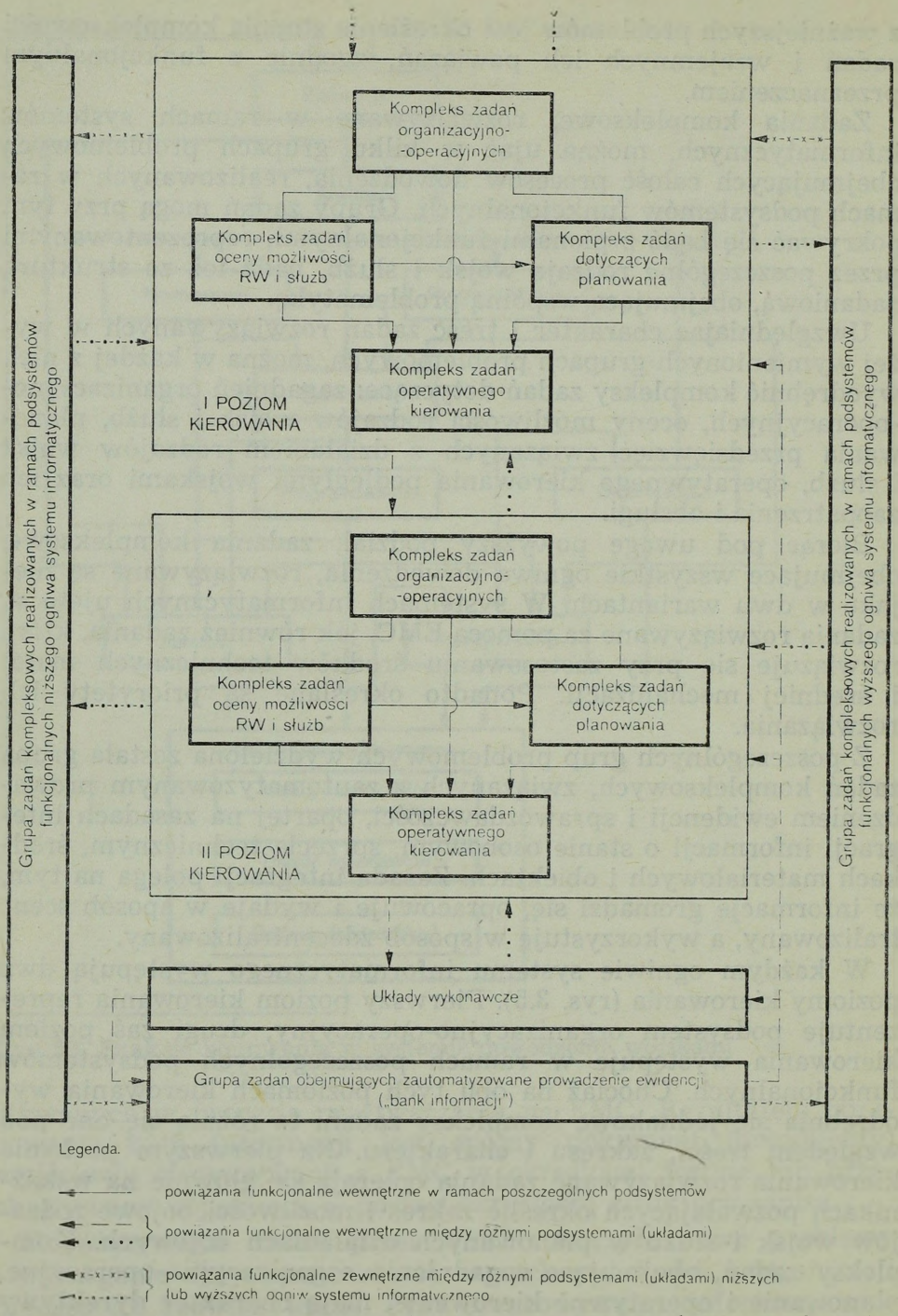
Zadania kompleksowe, rozwiązywane w ramach systemów informatycznych, można ująć w kilku grupach problemowych obejmujących całość procesów dowodzenia, realizowanych w ramach podsystemów funkcjonalnych. Grupy zadań mogą przy tym pokrywać się bądź z pionami funkcjonalnymi, reprezentowanymi przez poszczególne rodzaje wojsk i służb, bądź też ze strukturą zadaniową, obejmującą wspólną problematykę.

Uwzględniając charakter i treść zadań rozwiązywanych w wyżej wymienionych grupach problemowych, można w każdej z nich wyodrębnić kompleksy zadań dotyczące: zagadnień organizacyjno-operacyjnych, oceny możliwości rodzajów wojsk i służb, planowania przedsięwzięć związanych z działaniem rodzajów wojsk i służb, operatywnego kierowania podległymi wojskami oraz ich zaopatrzenia i obsługi.

Biorąc pod uwagę powyższy podział, zadania kompleksowe, obejmujące wszystkie ogniwa dowodzenia, rozwiązywane są niejako w dwu wariantach. W systemach informatycznych ujęte są zadania rozwiązywane za pomocą EMC, jak również zadania, które rozwiązuje się przy zastosowaniu środków technicznych małej i średniej mechanizacji. Ponadto określane są priorytety ich rozwiązania.

Z poszczególnych grup problemowych wydzielona została grupa zadań kompleksowych, związanych z zautomatyzowanym prowadzeniem ewidencji i sprawozdawczości, opartej na zasadach integracji informacji o stanie osobowym, sprzęcie technicznym, środkach materiałowych i obiektach. Zasada integracji polega na tym, że informacje gromadzi się, opracowuje i wydaje w sposób scentralizowany, a wykorzystuje w sposób zdecentralizowany.

W każdym ogniwie systemu informatycznego występują dwa poziomy kierowania (rys. 3.5). Pierwszy poziom kierowania reprezentuje podsystem organizacyjno-operacyjny, drugi zaś poziom kierowania występuje w ramach poszczególnych podsystemów funkcjonalnych. Chociaż na obu tych poziomach kierowania wyodrębnia się jednakowe kompleksy zadań, to różnią się one pod względem treści, zakresu i charakteru. Na pierwszym poziomie kierowania rozwiązywane zadania opierają się głównie na wskaźnikach pozwalających określić zakres i możliwości bojowe rodzajów wojsk i służb w planowanych działaniach bojowych. Kompleksy zadań, obejmujące zagadnienia organizacyjno-operacyjne, planowanie i operatywne kierowanie, mają charakter dyrektywy w stosunku do poszczególnych podsystemów funkcjonalnych,



Rys. 3.5. Ideowy schemat powiązań funkcjonalnych zadań w ramach systemu informatycznego

układów wykonawczych i niższych ogniw systemu. Cechą charakterystyczną jest tu przewaga przedsięwzięć dotyczących planowania perspektywicznego, natomiast kierowanie operatywne ogranicza się do doprowadzenia założeń planu perspektywicznego do poszczególnych podsystemów funkcjonalnych oraz do realizacji planu.

Na drugim poziomie kierowania kompleksy zadań obejmują szczegółowe rozwiązania uwzględniające specyfikę problemowo-zadaniową poszczególnych podsystemów funkcjonalnych. W rozwiązywanych zadaniach przeważają przedsięwzięcia organizacyjne związane przede wszystkim z operatywnym kierowaniem układami wykonawczymi, realizującymi bezpośrednio postawione zadania. Planowanie wszelkich przedsięwzięć jest szczegółowe, skierowane głównie na praktyczną stronę kierowania operacyjnego.

Wychodząc z powyższych przesłanek, można mówić o powiązaniach funkcjonalnych wewnętrznych i zewnętrznych (rys. 3.5). Powiązania wewnętrzne są dwojakiego rodzaju:

— po pierwsze — związki między kompleksami zadań, które realizuje się w ramach poszczególnych podsystemów funkcjonalnych na obu poziomach kierowania;
— po drugie — powiązania między grupami i kompleksami zadań, które realizowane są w ramach podsystemów funkcjonalnych i na różnych poziomach kierowania.

Pierwszy rodzaj powiązań funkcjonalnych nie wymaga wyjaśnień. Drugi natomiast dotyczy np. powiązania grupy zadań obejmujących ewidencję z kompleksami zadań, które wykonuje się w różnych podsystemach funkcjonalnych, jak również powiązania zadań kompleksowych realizowanych na pierwszym i drugim poziomie kierowania itp. Powiązania zewnętrzne odnoszą się do więzi funkcjonalnej z kompleksami zadań stosowanych w ramach innych ogniw dowodzenia niższego i nadrzędnego szczebla oraz z innymi funkcjonalnymi systemami informatycznymi systemu dowodzenia wojskami. Są to powiązania zadań kompleksowych, realizowanych w niższych lub wyższych ogniwach systemu informatycznego. Powiązania te występują np. w podsystemach ogólnowojskowych, obrony przeciwlotniczej, wojsk rakietowych i artylerii, tyłowym itd.

Przedstawione wyżej poglądy, dotyczące struktury organizacyjno-funkcjonalnej systemu informatycznego, stanowią syntezę uogólnionych wniosków, wynikających z dotychczas stosowanych i projektowanych systemów informatycznych, obejmujących problematykę dowodzenia, jak również materiałowo-technicznego i medycznego zabezpieczania wojsk.

Przy rozwiązywaniu zadań bez użycia środków automatyzacji wykorzystujemy dane, które zapisujemy w książkach ewidencji, planach i innych dokumentach bojowych tego typu. Dostęp do tych zapisów możliwy jest w dowolnym czasie. Natomiast przy rozwiązywaniu zadań za pomocą EMC każda informacja przechowywana będzie w pamięci EMC i dostęp do niej jest możliwy tylko przy zastosowaniu specjalnych programów. Z danych umieszczonych w pamięci EMC można skorzystać po przygotowaniu odpowiednich zapotrzebowań (poleceń, zleceń), dotyczących opracowania i wydania potrzebnych informacji w odpowiednio ustalonej (określonej) formie. A zatem wszystkie grupy zadań rozwiązywane za pomocą EMC powinny być sformalizowane.

Zadania te ze względu na metody i zasady rozwiązania można umownie podzielić na dwie grupy:

I grupa — zadania informacyjne,

II grupa — zadania obliczeniowe.

Grupa zadań informacyjnych charakteryzuje się dużą objętością informacji i logicznym procesem ich rozwiązywania. W trakcie realizacji tych zadań dokonywana jest w zasadzie zmiana formy (postaci) informacji częściowych (np. agregacja, różnego rodzaju zestawienia itp.). Nie dokonuje się natomiast złożonych operacji, poza operacjami logicznymi (np. porównania stanów). Oddzielną sprawą są operacje mające wpływ na czas realizacji zadań, jak np. wprowadzenie, wybór (selekcja) i wyprowadzenie informacji na żądane urządzenia wyjścia. Do grupy zadań informacyjnych zalicza się przede wszystkim zadania typu ewidencyjnego.

Grupa zadań informacyjnych charakteryzuje się dużą objętością opracowywanych informacji źródłowych, a także złożonością i różnorodnością stosowanych metod rozwiązania. Znamienną cechą zadań tej grupy jest otrzymywanie nowej informacji powstałej w procesie przetwarzania na EMC.

Zadania obliczeniowe, ze względu na złożoność stosowanych procedur, można podzielić na dwie podgrupy:

a) proste obliczenia nie związane z poszukiwaniem rozwiązań optymalnych, lecz dokonywaniem określonych kalkulacji (np. obliczanie wartości funkcji). W toku ich realizacji z danych stałych zawartych w pamięci EMC (banku danych) i z danych zmiennych (aktualizujących i decyzyjnych) uzyskuje się drogą prostych przekształceń matematycznych żądane dane wynikowe;

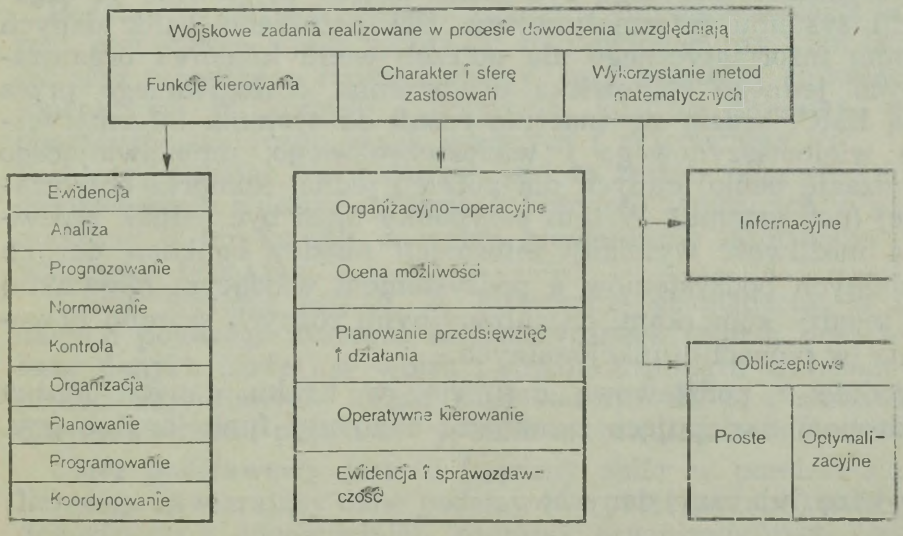
b) zadania realizowane w celu uzyskania optymalnego (racjonalnego) rozwiązania. Rozwiązanie takich zadań jest związane z wykorzystaniem licznych danych wejściowych zmiennych oraz złożonych algorytmów optymalizacji (np. algorytmy optymalizacji

liniowej i nieliniowej, statycznej i dynamicznej itp.). Liczba danych wejściowych zmiennych zależy od rodzaju rozwiązywanej problematyki w procesie dowodzenia wojskami. Wykonanie zadania bojowego planuje się bowiem w wielu wariantach. Wymaga to od organów dowodzenia przeprowadzenia wielu pracochłonnych obliczeń i kalkulacji. Wykorzystanie EMC do ich wykonania przyczynia się do opracowania różnorodnych wielowariantowych planów, analiz, ocen, zawierających propozycje optymalnego zastosowania sił i środków będących w dyspozycji organu dowodzenia. Do tej podgrupy zadań można zaliczyć również symulację komputerową, pozwalającą na modelowe badania różnych wariantów prowadzenia walki (operacji).

Metody opracowania informacji za pomocą EMC, stosowane przy obliczeniach różnorodnych zadań pierwszej podgrupy, są zbieżne z metodami stosowanymi przy tradycyjnym rozwiązywaniu tych zadań.

Przy realizacji zadań drugiej podgrupy metody tradycyjne wzbogacone są o metody matematyczne, stosowane w badaniach operacyjnych, a których rozwiązywanie w tradycyjnym systemie było po prostu nieefektywne ze względu na znaczną pracochłonność.

Reasumując należy nadmienić, że w dostępnej literaturze spotkać można liczne poglądy na temat podziału (klasyfikacji) zadań rozwiązywanych w procesie dowodzenia. Każda z prezentowanych



Rys. 3.6. Klasyfikacja zadań realizowanych w procesie dowodzenia

klasyfikacji ma swoje zalety i wady, gdyż stosuje się różne, często subiektywne punkty odniesienia.

Proces dowodzenia wojskami jest procesem specyficznym i bardzo złożonym, stąd też zadania realizowane w tym procesie mogą być różnie sklasyfikowane. Chodzi jednak o to, aby przy budowie systemu informatycznego, dokonując klasyfikacji zadań, określać jednocześnie zakres automatyzacji w tym systemie. Prezentowany pogląd jest próbą uogólnienia dotychczasowych licznych poglądów w tej dziedzinie i zawiera doświadczenia z prowadzonych prac projektowanych w zakresie budowy wojskowych systemów informatycznych, co w zwięzłej formie przedstawiono na rys. 3.6.

3.4. Bank danych

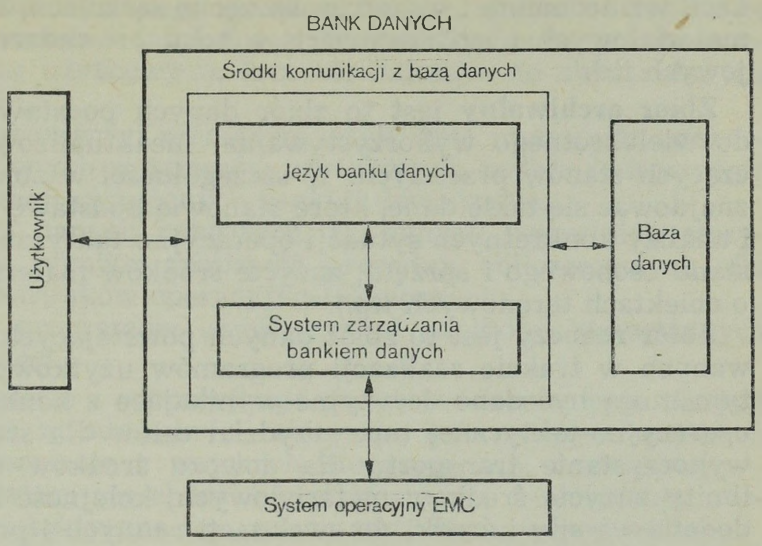
W dotychczasowych zastosowaniach informatyki w pracy sztabów rodzajów wojsk i służb na wyróżnienie zasługuje okres przetwarzania informacji w oparciu o technologię banku danych.* Bank danych — to baza danych i programowe środki komunikowania się z nią (tj. zestawy programów i języki komunikowania się z bazą danych).

Baza danych — to zbiór specjalnie zorganizowanych danych przechowywany w urządzeniach pamiętających i przeznaczony do rozwiązywania zadań w zautomatyzowanych systemach zarządzania. Organizacja banku danych, zakres informacyjny, struktura organizacyjna mogą być różne. Zależy to głównie od organizacji systemu informatycznego. Dla przykładu bank danych systemu informatycznego dla potrzeb wielu komórek organizacyjnych jednego stanowiska dowodzenia, obsługiwanego przez jedną EMC, będzie się znacznie różnił od systemu informatycznego wielomaszynowego i wieloszczeblowego, umożliwiającego organizację banku danych dla potrzeb jednej komórki organizacyjnej (podsystemu). W tym przypadku musi być jednak zapewniona możliwość wymiany informacji między bankami danych oddzielnych podsystemów a podsystemem wiodącym (głównym) oraz między komórkami organizacyjnymi różnych szczebli dowodzenia (w pionach) funkcjonalnych.

Zgodnie z podstawową definicją, w banku danych można wyodrębnić następujące zasadnicze elementy funkcjonalne (rys. 3.7):

— bazę (lub bazy) danych;

* Por. rys. 1.8.



Rys. 3.7. Elementy funkcjonalne banku danych

— system zarządzania bankiem danych;
— język banku danych.

Bazę danych z punktu widzenia funkcji dowodzenia tworzą zbiory danych dotyczących stanu osobowego, sprzętu technicznego, środków materiałowych, normatywów i innych danych niezbędnych do efektywnego dowodzenia wojskami. Organizacja bazy danych zależy od struktury potrzeb informacyjnych użytkowników oraz możliwości technicznych systemu liczącego.

Podstawowymi wartościami definiującymi dane zawarte w zbiorach pierwszych trzech typów są: stan ewidencyjny, stan faktyczny oraz wszelkiego rodzaju normy, np.: jednostki kalkulacyjno-operacyjne pojedyncze i zbiorowe, zużycie amunicji, normy operacyjno-taktyczne wojsk własnych i przeciwnika itd.

Inaczej mówiąc, baza danych jest to zestaw odpowiednio zorganizowanych zbiorów informacji (danych) zapisanych w pamięci maszyny w ten sposób, że każda elementarna informacja (dana) występuje tylko raz.

Można wyrazić pogląd, że informacje gromadzone w banku danych polowego systemu informatycznego tworzą poszczególne bazy danych (rodzajów wojsk i służb). Z punktu widzenia organizacji bazy danych, każda baza rodzaju wojsk i służb będzie obejmować zbiór podstawowy, zbiór archiwalny i zbiór roboczy.

Zbiór podstawowy jest to fizyczny zbiór w pamięci systemu liczącego zawierający dane podstawowe przeznaczone dla organów dowodzenia i odpowiednich komórek organizacyjnych rodzajów wojsk i służb. W zbiorze tym mogą znajdować się dane o środ-

kach wzmocnienia i wsparcia, sprzęcie, sąsiadach, liczbie środków materiałowych i ich dostawach w toku prowadzenia działań bojowych itd.

Zbiór archiwalny jest to zbiór danych podstawowych służący do wielokrotnego wykorzystywania, nieaktualizowanych i dotyczących stanów przeszłych. W szczególności w zbiorze tym mogą znajdować się takie dane, które stanowią podstawę do sprawozdań i analizy konkretnych sytuacji operacyjno-taktycznych (np. straty stanu osobowego i sprzętu, zużycie środków materiałowych, dane o obiektach terenowych itp.).

Zbiór roboczy jest to zbiór danych powstających i wykorzystywanych w trakcie realizacji programów użytkowych. W zbiorze tym mogą być dane decyzyjne wynikające z konkretnej sytuacji operacyjno-taktycznej (np. przydział celów dla środków rażenia, wykorzystanie transportu dla dowozu środków materiałowych, limity zużycia środków materiałowych, kolejność zaopatrywania, dodatkowe siły i środki do ewakuacji rannych i porażonych itd.).

Bazę danych charakteryzują powiązania logiczne i z tego właśnie względu można mówić o strukturze logicznej bazy danych, będącej zewnętrznym obrazem danych służących do opisania organizacji danych lub też będących wyobrażeniem użytkownika o powiązaniach między danymi.

Można również mówić o strukturze fizycznej, która z kolei jest fizycznym rozmieszczeniem danych mających określoną strukturę logiczną w pamięci systemu liczącego.

Bazę danych uznaje się za zorganizowaną wówczas, jeżeli znane są charakterystyki jakościowo-ilościowe zbiorów oraz ich struktura fizyczna. Określenie struktur wiąże się natomiast ze sposobem rozmieszczania danych w pamięci systemu liczącego, a zatem związane jest z metodą (techniką) organizacji tych danych, która uzależniona jest z kolei od możliwości technicznych systemu liczącego (np. typ i rodzaje pamięci).

W wyniku analizy procesów informacyjnych, realizowanych w polowym systemie dowodzenia, ustalone zostają:

1) charakterystyki ilościowe niezbędne dla ustalenia pojemności banku danych, które dotyczą takich rodzajów danych, jak:

— dane podstawowe, czyli obejmujące charakterystyki informacji o sytuacji taktyczno-operacyjnej, stanie osobowym oddziałów i pododdziałów, sprzętu technicznego, środków materiałowych itp., które powstają w systemie i są niezbędne do realizacji wszystkich funkcji dowodzenia (kierowania);

— dane aktualizujące, czyli dane dotyczące zmian wartości charakterystyk zawartych w danych podstawowych;

— dane dodatkowe, czyli dane pochodzące przede wszystkim

z otoczenia rozpatrywanego systemu, mające wpływ na realizację jego podstawowych zadań lub też dane niezbędne do przetwarzania programów użytkowych, lecz nie należące do zbioru danych podstawowych;

— dane (dokumenty) wynikowe, czyli dane otrzymywane w rezultacie określonych programów użytkowych, będące jednocześnie efektem realizacji określonych funkcji dowodzenia;

2) wielkości danych roboczych, tj. danych pośrednich otrzymywanych w wyniku realizacji procedur obliczeniowych dla określonych warunków operacyjno-taktycznych;

3) zestawy programów użytkowych i wielkości zajmowanych przez nie pamięci.

Patrząc wreszcie z operacyjnego punktu widzenia, baza danych może zawierać w oddzielnych zbiorach: informację o wojskach własnych, informację o wojskach nieprzyjaciela, normatywy — informację zawierającą charakterystyki sprzętu i uzbrojenia, normy operacyjno-taktyczne itp., często zestawione w postaci tabel.

W zbiorach informacji o wojskach własnych i nieprzyjaciela wyodrębnić można: struktury organizacyjne związków i oddziałów, stany ilościowe żołnierzy, sprzętu i uzbrojenia, położenie poszczególnych związków i oddziałów, stan zaopatrzenia materiałowo-technicznego.

Dane te przechowywane w EMC, w zależności od potrzeb konkretnego systemu, zapisywane są z różną dokładnością. Dla przykładu dane o położeniu określonej jednostki rakietowej w banku danych podsystemu ogólnowojskowego zapisane są w przybliżeniu, natomiast w banku danych podsystemu kierowania środkami walki, w którym wypracowuje się dane do startu, wymagana jest dokładna informacja o położeniu (współrzędne) każdej wyrzutni.

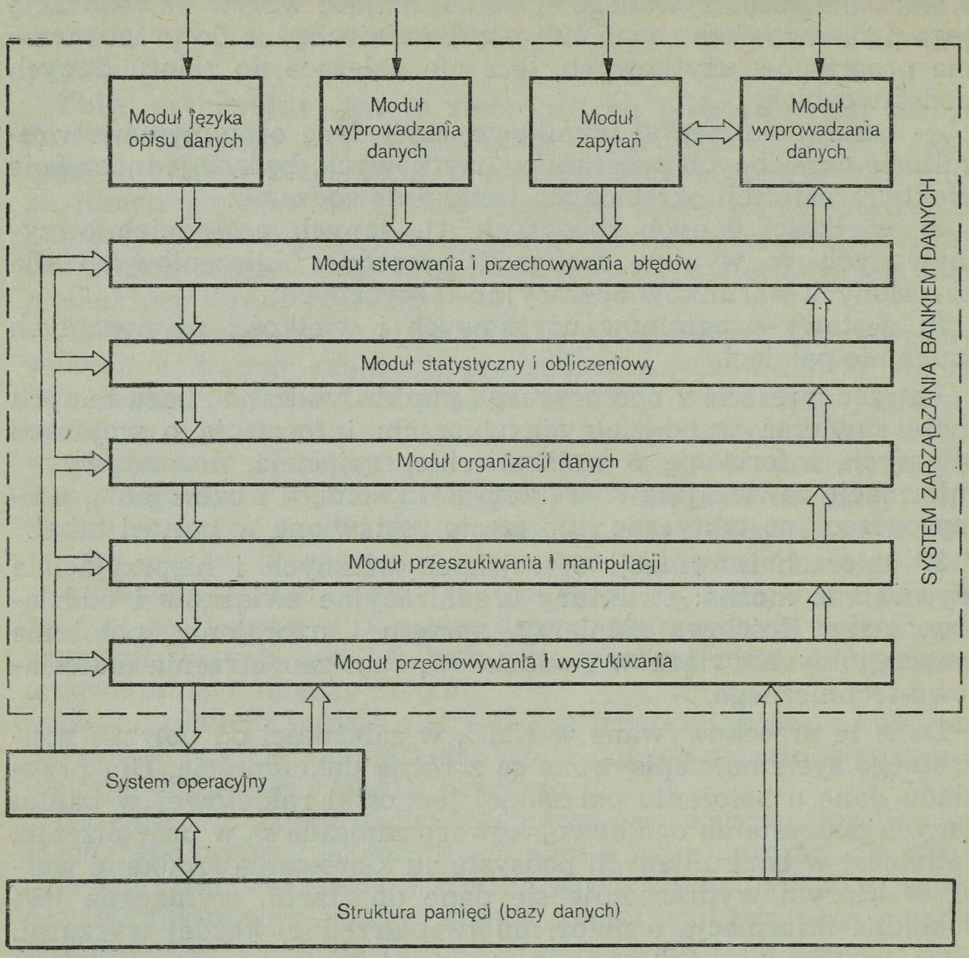
Baza danych zapewnia użytkownikom możliwość realizacji dwóch podstawowych funkcji:

1) ewidencyjno-informacyjnej jako możliwość zakładania, przechowywania, aktualizowania i wydawania informacji o stanach osobowych, stanach uzbrojenia i wyposażenia oraz innych informacji zapisanych w banku danych;

2) zabezpieczenie podstawowych potrzeb informacyjnych programów użytkowych w procesie ich przetwarzania.

Realizację tych dwóch podstawowych funkcji zapewnia system zarządzania bankiem danych i język (języki) banku danych.

System zarządzania bankiem danych może być częścią systemu operacyjnego komputera lub też oddzielnym zbiorem programów organizacyjnych banku danych (np. modułem systemu operacyjnego zwanym często modułem dostępu do bazy danych). Ideowy



Rys. 3.8. Ideowy schemat zarządzania bankiem danych

schemat systemu zarządzania bankiem danych przedstawiono na rysunku 3.8.

Do podstawowych funkcji systemu zarządzania bankiem danych należą:

— **wprowadzanie,** czyli przyjmowanie wartości danych lub informacji dotyczących struktur danych i struktur przechowywania;

— **przeszukiwanie,** czyli badania struktury danych i struktury pamięci w celu upewnienia się, czy istnieje i gdzie jest umieszczona określona wartość danych;

— **przechowywanie,** czyli zapewnienie dostępu do bazy danych w celu dodania, umieszczenia, zmodyfikowania lub usunięcia wartości danych;

— **wyszukiwanie,** czyli zapewnienie dostępu do bazy danych celem uzyskania wartości danych uprzednio przechowywanych;
— **przeorganizowanie,** czyli tworzenie lub modyfikowanie opisów danych, struktury danych oraz struktury pamięci, aby przystosować je do wymaganych zmian;
— **wyprowadzenie,** czyli emitowanie na żądanie użytkownika wymaganych wartości danych lub informacji dotyczących struktury danych.

Wszelkie operacje wykonywane na zbiorach bazy danych realizowane są przez zarządzanie bankiem danych dzięki wykorzystaniu dwóch podstawowych języków banku, jakimi są:
— język manipulowania danymi (JMD);
— język bezpośredniego użytkownika (JBU).

Język manipulowania danymi jest językiem uniwersalnym, użytkowanym przez programistę do kontaktowania się jego programu z bazą danych. Wszelkie odwołania do bazy danych w celu wyszukiwania danych, wprowadzenie danych realizuje się tylko za pomocą tego języka.

Język bezpośredniego użytkownika nie ma cech uniwersalności i odnosi się do konkretnej bazy danych.

JBU umożliwia wykonywanie na zawartości bazy danych następujących operacji:
1) wprowadzania zmian zawartości bazy danych;
2) wyprowadzania danych.

W ramach wprowadzania zmian zawartości bazy danych mogą być realizowane następujące funkcje:
— tworzenie zawartości zbiorów — użytkownik dostarcza dane, które zostaną zapisane w odpowiednim układzie w bazie danych, z uwzględnieniem powiązań między danymi;
— zakładanie zbiorów — użytkownik określa jeden lub więcej zbiorów źródłowych i zbiór docelowy oraz wybiera procedurę, za pomocą której odwzorowuje wartość ze zbioru źródłowego do docelowego;
— aktualizację — przez dodawanie lub modyfikowanie wartości danych przez usuwanie poszczególnych danych (możliwe jest dokonywanie tzw. aktualizacji grupowej, polegającej na jednoczesnej modyfikacji określonych danych, np. aktualizację procentową stanów jednostek);
— wydawanie informacji o zawartości bazy danych.

JBU pozwala dokonywać następujących rodzajów aktualizacji:
1. Zmiana wartości danej elementarnej, np.: odejmij od wartości danej, dodaj do wartości danej, zmień wartość danej, weź procent wartości danej itp.
2. Zmiany grupowej wartości danych, np.: weź określony pro-

cent wartości wszystkich danych, odejmij od wszystkich danych określony procent, dodaj do wszystkich danych określony procent itp.

3. Kasowanie powiązań między elementami struktury organizacyjnej.

4. Dopisywanie elementów struktury organizacyjnej, np.: elementy najniższego poziomu, elementy wyższego poziomu z rozbiciem na elementy kolejnych niższych poziomów.

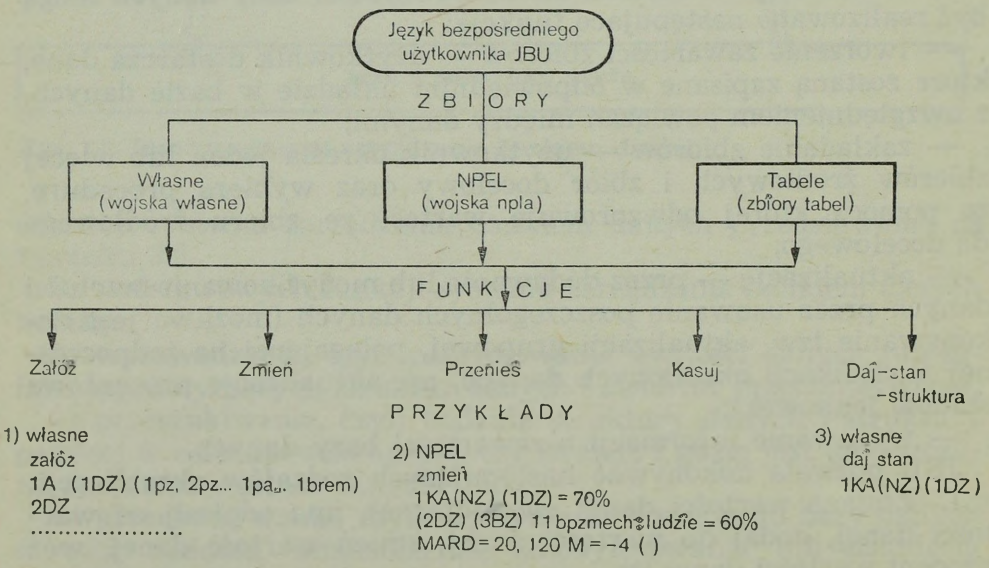
JBU umożliwia wyszukiwanie i wydawanie następujących informacji z bazy danych takich, jak: cała zawartość określonego zbioru, opis struktury od dowolnego poziomu, wykaz elementów struktury z dowolnego poziomu, opis elementów struktury na dowolnym poziomie, wartość danych z określonych grup danych dowolnego poziomu, wartość danych z dowolnego poziomu.

JBU jest oparty na skrótach operacyjno-taktycznych. Jest to język zorientowany problemowo, dzięki czemu jest zrozumiały i łatwy do opanowania przez użytkownika nie będącego informatykiem.

Niektóre możliwości języka bezpośredniego użytkownika przedstawiono na rys. 3.9.

Przykłady pokazane na tym rysunku obrazują sposób zapisu poleceń do:

1) zakładania zbioru o wojskach własnych (np. 1 A, w skład której wchodzi 1 DZ z określonym w nawiasach składzie, 2 DZ itp.);



Rys. 3.9. Niektóre możliwości języka bezpośredniego użytkownika

2) aktualizacji zbioru o wojskach nieprzyjaciela (np. w 1 KANZ zmniejszenie stanów osobowych, uzbrojenia i sprzętu o 30%, a w 2 DZ — tylko w 11 bpzmech zmniejszenie stanów osobowych o 40%, 120 M o 4 moździerze i zapisanie nowego stanu transporterów opancerzonych *MARDER-20*);

3) wprowadzenia informacji o stanie wojsk (np. 1 DZ wchodzącej w skład 1 KANZ).

W podobny sposób formułuje się polecenia dla funkcji PRZENIEŚ i KASUJ. Jak wynika z przedstawionych przykładów, JBU jest językiem zbliżonym do języka naturalnego i służy użytkownikowi do porozumienia się z bazą danych.

W systemie informatycznym polowego systemu dowodzenia, a tym bardziej w zautomatyzowanym systemie dowodzenia, bank danych zawierający zintegrowane zbiory podstawowych informacji odgrywa szczególną rolę. Stąd też przed projektowaniem danego systemu informatycznego należy uwzględnić szereg wymagań, a mianowicie:

1. Dla sprawnego funkcjonowania systemu niezbędne jest zapewnienie zgodności wewnętrznej i jednolitości gromadzenia, przechowywania i przetwarzania informacji w banku danych w celu zaspokojenia potrzeb informacyjnych użytkowników. Wiąże się to z przyjęciem jednolitych zasad gromadzenia, formowania, przygotowania i wyboru danych dla wszystkich zbiorów. Konieczny jest również wspólny język pytań, który ma podstawowe znaczenie dla prowadzenia dialogu użytkownik — maszyna. Język ten powinien być tak ukształtowany, aby użytkownik był w stanie prowadzić ten dialog bez specjalistycznego przygotowania. Ażeby spełnić to wymaganie, potrzeba nie tylko specjalnych urządzeń technicznych, ale przede wszystkim ujednolicenia form dialogu oraz zgodności zasad przygotowania, przetwarzania i wykorzystania informacji regulujących funkcjonowanie baz danych poszczególnych rodzajów wojsk i służb. Mogą to być również odpowiednio sformalizowane formularze z przykładami zapytań.

2. Konieczna jest selekcja informacji przeznaczonych do przechowywania w banku danych. W każdym polowym systemie, na każdym szczeblu dowodzenia, występuje znaczna różnorodność informacji, z czym wiąże się również różnorodność form ich formowania, przetwarzania i wykorzystania. Powiązania procesów dowodzenia oraz procesów walki, zaopatrywania i obsługi wojsk powodują, że różne rodzaje wojsk i służb oraz komórki organizacyjne potrzebują niejednokrotnie tych samych informacji, różniących się tylko układem, stopniem dokładności, szczegółowością i pilnością. Często zachodzi potrzeba posiadania pełnych, zagregowanych informacji, obejmujących różne dziedziny. Ale nawet

ogromne pojemności pamięci komputerów nie pozwalają na gromadzenie i przechowywanie wszystkich informacji w banku danych. Powinny w nim znaleźć się odpowiednio wyselekcjonowane zbiory informacji, umożliwiające zaspokojenie pełnych potrzeb informacyjnych wszystkich użytkowników. Najważniejszym kryterium wyboru informacji, podlegających przechowywaniu w banku danych, powinny być potrzeby informacyjne użytkowników oraz czas niezbędny dla ich zaspokojenia.

3. Przy opisie struktur i elementów danych przeznaczonych do gromadzenia i przechowywania w banku danych powinno się uwzględniać: niezależność opisu danych od programów użytkowych oraz możliwie pełny zbiór pojęć, umożliwiający opis struktury i charakterystykę danych.

Uniezależnienie opisu danych od programów użytkowych uzasadnia się tym, że jedne i te same dane, przechowywane w banku danych, będą wykorzystywane przez różne programy użytkowe. Stąd też opisu danych przeznaczonych do przechowywania w banku nie należy wiązać ściśle z poszczególnymi programami użytkowymi. Oczywiście, ta niezależność nie będzie niezależnością absolutną. Opis danych powinien być na tyle elastyczny i uniwersalny, aby zapewnił potrzebne informacje dla funkcjonowania wszystkich programów użytkowych. Opracowanie możliwie pełnego zbioru pojęć wywołane jest dążeniem do zapewnienia jednoznacznego rozpoznawania danych i ich charakterystyk. Ma to szczególne znaczenie dla dialogu użytkownik — komputer.

4. Dla wszystkich rodzajów wojsk i służb każdego szczebla dowodzenia należy opracować i przyjąć jednolite zasady przygotowania danych źródłowych pod względem treści i formy, zapewnienia porównywalności danych, określenia jednostek odniesienia i jednolitych cech. Wiąże się z tym konieczność przyjęcia jednolitej struktury funkcjonalnej banku danych, powiązania z sobą baz danych poszczególnych rodzajów wojsk i służb oraz utworzenia w ten sposób jednolitego pod względem struktury i funkcjonowania systemu przetwarzania informacji w ramach polowego systemu dowodzenia.

5. Organizacja zbioru danych poszczególnych rodzajów wojsk i służb powinna umożliwić: korzystanie z danych przechowywanych w bazach przez wszystkie programy użytkowe polowego systemu (podsystemu) oraz operowanie danymi poszczególnych baz za pomocą programów standardowych (systemowych).

6. Organizując zbiory danych należy zapewnić odpowiednią ochronę i zabezpieczenie danych. Problem ten ma kilka aspektów. W tradycyjnym ujęciu przez ochronę i zabezpieczenie danych rozumie się zapewnienie tajności danych. Ale obok tego aspektu

występuje inny, niezwykle ważny problem. Bazy danych rodzajów wojsk i służb opierać się będą na informacjach pochodzących z wielu różnych źródeł. Funkcjonowanie polowych systemów, w oparciu o bank danych, spowoduje, że bank ten stanie się w pewnym sensie „monopolistą" informacji z zakresu poszczególnych rodzajów wojsk i służb, a użytkownicy będą od niego w coraz większym stopniu uzależnieni, przy czym decydując o strukturze logicznej bazy danych, sami nie będą mieli wpływu na kształtowanie się stanów informacji w niej zawartych. Stąd też koniecznie należy dążyć do odpowiedniej ochrony przed zniekształceniem informacji przekazywanych od banku danych, przed ich nieprawnym przechwytywaniem, przed nierzetelnością przygotowania i gromadzenia informacji, utratą i zniszczeniem.

7. W projektowaniu banku danych należy rozwiązać problem dostępności informacji. Informacje przechowywane w banku danych powinny być dostępne w zasadzie dla każdego użytkownika (osób funkcyjnych i komórek organizacyjnych). Zasada ta powinna być jednak rozumiana w ten sposób, że każdy użytkownik ma z góry ustalony zakres potrzebnych mu informacji i tylko te informacje powinny być mu dostępne w każdej chwili na jego żądanie. Wychodząc z zadań realizowanych przez poszczególne komórki organizacyjne, należy mieć na uwadze fakt, że niektóre informacje będą miały ograniczoną dostępność, z uwagi na ich wagę.

8. Należy unikać, w miarę możliwości, wielokrotnego zapisywania danych i doprowadzić do stanu, w którym ta sama informacja zbierana jest tylko raz, raz wprowadzana do banku danych, raz zapisywana w pamięci i dostarczona wszystkim użytkownikom zgodnie z ich potrzebami. W tym też celu powinno się określić i wyodrębnić zakresy funkcjonowania organów dowodzenia poszczególnych rodzajów wojsk i służb każdego szczebla dowodzenia i zgodnie z ich potrzebami powinno tworzyć się zbiory danych, budować wspólne bazy danych, a następnie łączyć je w banku danych polowego systemu dowodzenia.

Istnienie banku danych w polowym zautomatyzowanym systemie dowodzenia (w polowym systemie przetwarzania informacji) w zasadniczy sposób wpływa na zmiany w procesach dowodzenia. Jeżeli w tradycyjnym systemie dowodzenia procesy informacyjne realizowano z reguły według zasady — każdy z każdym w miarę potrzeb; to znaczy każda komórka organizacyjna z każdą w miarę zaistniałych sytuacji — to w przypadku istnienia banku danych procesy te są realizowane według zasady — każda komórka organizacyjna z bankiem danych. Każda więc komórka

organizacyjna powinna w tym układzie uzyskać niezbędną w procesie dowodzenia informację z banku danych.

Jak wiadomo informacje przechowywane w banku danych szybko się dezaktualizują. Zmieniają się stany ilościowe i położenia wojsk walczących. W przypadku stosowania środków jądrowych zmiany te mogą zachodzić gwałtownie. Stąd też ogromne znaczenie dla poprawności realizowanych procesów dowodzenia ma organizacja aktualizacji zbiorów informacji w bazie danych. Organizacja procesu aktualizacji zależy od organizacji systemu informatycznego, systemu łączności, stopnia wyposażenia technicznego źródeł informacji i innych czynników.

Podstawową rolę w procesie aktualizacji banku danych odgrywają źródła informacji, do których można zaliczyć (rys. 3.10):

— podległe związki i oddziały (ogólnowojskowe i specjalistyczne);
— źródła danych o uzupełnieniach;
— środki rozpoznawania i inne źródła danych o nieprzyjacielu;
— komórki organizacyjne wyższego szczebla dowodzenia;
— odpowiednie elementy ugrupowania sąsiadów.

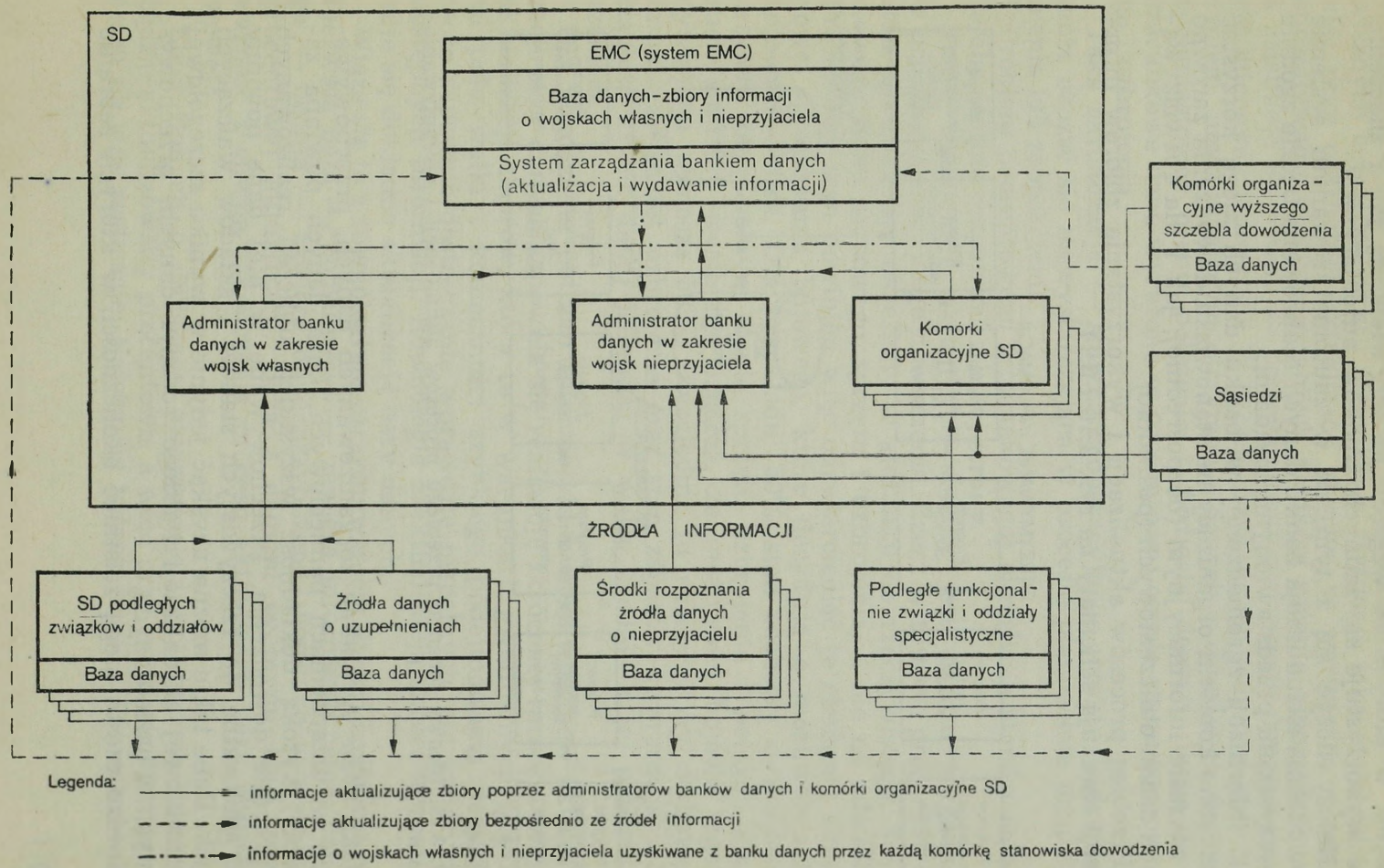
Istotną rolę w procesie aktualizacji banku danych spełniają administratorzy banku danych. Organizują oni i kontrolują cały proces aktualizacji. W procesie aktualizacji w określonym zakresie uczestniczą komórki organizujące zbieranie danych, stanowiska dowodzenia organizujące i kontrolujące proces aktualizacji realizowany przez podległe funkcjonalnie związki i oddziały specjalistyczne.

W zależności od organizacji systemu informatycznego, a szczególnie od wyposażenia technicznego źródeł informacji, aktualizacja banku danych może być realizowana:

1. Dzięki przekazywaniu informacji z banku danych niższego szczebla po zakończonym procesie aktualizacji na tym szczeblu. Sposób ten może mieć zastosowanie w przypadku, gdy podległe ogniwo dowodzenia dysponuje środkami informatycznymi i pozwala na to system łączności.

2. Przez przesyłanie z podległych ogniw dowodzenia (źródeł informacji) meldunków bezpośrednio aktualizujących bazę danych szczebla nadrzędnego. Zastosowanie tego sposobu uwarunkowane jest dysponowaniem przez dane źródło informacji urządzeniem wejścia-wyjścia połączonym bezpośrednio z EMC szczebla nadrzędnego.

3. Poprzez komórki organizacyjne danego stanowiska dowodzenia (administratorów banku danych) w przypadku, gdy źródło informacji pozbawione jest możliwości bezpośredniego dostępu do EMC. Ma to z reguły miejsce w stosunku do sąsiadów i jed-



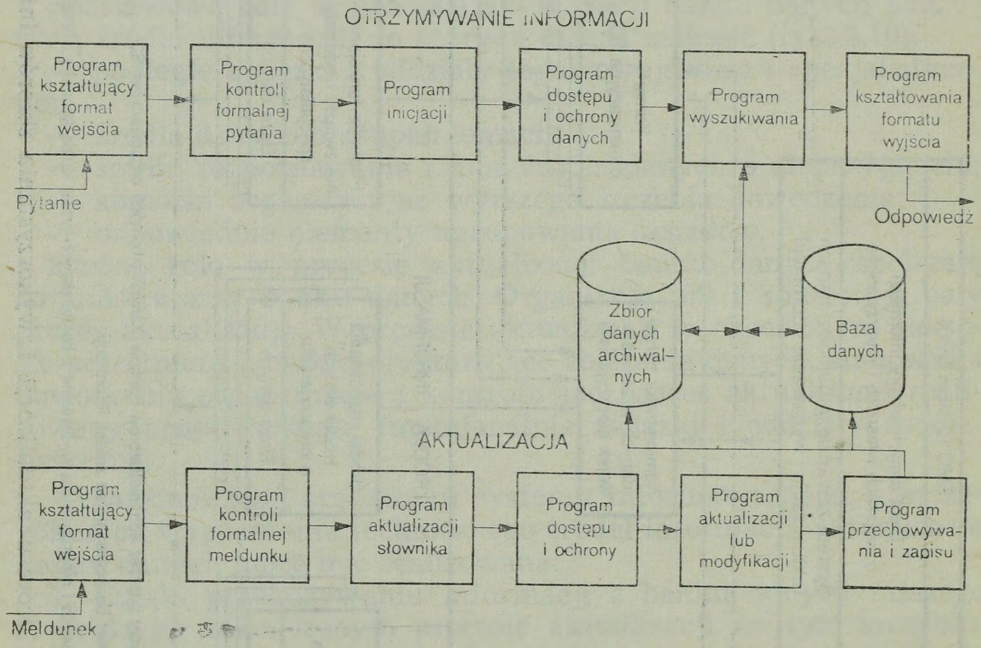
Rys. 3.10. Ogólny schemat przebiegu procesu aktualizacji i wykorzystania zbiorów informacji

nostek, w których ze względu na ich wielkość, jak i znaczenie, nie wykorzystuje się żadnych środków automatyzacji.

Należy liczyć się z tym, że w zautomatyzowanym systemie dowodzenia aktualizacja banku danych realizowana będzie zgodnie z wszystkimi przedstawionymi zasadami.

Z informacji zgromadzonej w banku danych mogą korzystać wszystkie komórki organizacyjne stanowiska dowodzenia zarówno w zakresie informacyjnym (bezpośrednio), jak i dla rozwiązywanych zadań obliczeniowych (pośrednio).

Przebieg procesów aktualizacji i wykorzystania zbiorów informacji obrazują schematy na rys. 3.10 i 3.11.



Rys. 3.11. Ideowy schemat przebiegu procesów aktualizacji i otrzymywania informacji

Jako zbiór specjalnie zorganizowanych danych, przechowywanych w urządzeniach pamięciowych, baza danych powinna zapewnić wysoką dokładność wszystkich obliczeń realizowanych w procesie dowodzenia. Przechowywane w niej dane powinny być adekwatne do rzeczywistych stanów i składów walczących wojsk. Dane takie można uzyskać jedynie w wyniku szczegółowej i terminowej aktualizacji każdego rodzaju danych, przechowywanych w bazie danych.

Bardzo często mogą zaistnieć okoliczności, w których zebranie

w krótkim czasie pełnych danych do aktualizacji zbiorów wojsk własnych będzie po prostu niemożliwe. Sytuacja taka może zaistnieć przy codziennej aktualizacji stanów, w warunkach silnego oddziaływania konwencjonalnych środków rażenia nieprzyjaciela, a zaistnieje na pewno — po wykonaniu pierwszego (zmasowanego) uderzenia jądrowego. W takich przypadkach jedynym rozwiązaniem, umożliwiającym otrzymanie danych niezbędnych do natychmiastowej oceny położenia i podjęcia decyzji, mogą być szacunkowe dane wyrażone w procentowej ocenie stanu osobowego i uzbrojenia.

Taka aktualizacja — słuszna z operacyjnego punktu widzenia, może okazać się niewystarczająca w procesie planowania uzupełnienia lub zaopatrzenia.

Problem procentowego (szacunkowego) określania stanów należałoby jeszcze rozpatrzyć z innej strony.

Takie ujmowanie aktualnych stanów jest bardzo wygodne w procesie operacyjnego dowodzenia. Rzecz w tym, że procentowy stan powinien być określony w stosunku do rzeczywistego, ilościowego stanu osobowego, sprzętu i uzbrojenia, a nie na odwrót. Procentowy stan powinien więc odzwierciedlać te elementy składowe ugrupowania bojowego, które decydują o możliwościach bojowych wojsk. Dla przykładu: 50% stan osobowy dywizjonu artylerii przy pełnym stanie sprzętu uzbrojenia i pełnych stanach amunicji wcale nie oznacza, że możliwości bojowe tegoż dywizjonu wynoszą 50%. Uwzględnić tu należy stany osobowe, zasadniczy sprzęt uzbrojenia oraz stan zapasów gwarantujących ciągłość użycia danej jednostki w walce zgodnie z jej przeznaczeniem.

Dla pogodzenia potrzeb informatyki z możliwościami aktualizacji bazy danych zapewnia się realizację skróconej (procentowej) aktualizacji zbiorów, która to w warunkach gwałtownych zmian na polu walki i konieczności szybkiego podejmowania decyzji może zapewnić dostarczanie wprawdzie niepełnych, ale jedynych dostępnych informacji. Równolegle z aktualizacją skróconą realizuje się dokładną aktualizację bazy danych.

Wiąże się to z równoległym utrzymywaniem dwóch baz danych. Pierwsza baza — podstawowa — zawiera informacje pełne, druga — ogólna — zawiera dane przybliżone, uzyskane w wyniku procentowej aktualizacji. Baza z danymi ogólnymi traci swą ważność z chwilą zakończenia procesu aktualizacji bazy podstawowej.

Zbiór danych o wojskach nieprzyjaciela praktycznie zawsze będzie aktualizowany procentowo, a więc przy nieznacznej stracie czasu na jego realizację. Należy się jednak liczyć z koniecznością

zmian wskutek na przykład zniszczenia określonego obiektu lub uzyskania danych agenturalnych o uzupełnieniach.

Należy podkreślić, że „recepty" na organizację procesów aktualizacji bazy danych nie ma. Przebiegać one będą w różny sposób, w zależności od konkretnej organizacji systemu informatycznego, zależnej z kolei głównie od wyposażenia technicznego i aktualnej sytuacji na polu walki.

3.5. Obieg informacji

W każdym systemie dowodzenia ważną rolę odgrywa dobrze zorganizowany obieg informacji. Rola ta ogromnie rośnie w warunkach istnienia systemu informatycznego. Obieg informacji wiąże w jedną całość zarówno elementy danego systemu dowodzenia, jak i niższe oraz wyższe szczeble dowodzenia. Sprawne funkcjonowanie obiegu informacji w systemie dowodzenia zależy między innymi od następujących ważniejszych przedsięwzięć:

— odpowiedniej klasyfikacji i charakterystyki informacji objętej informatycznym systemem dowodzenia;
— określenia źródeł informacji i dróg ich obiegu (przepływu);
— określenia potrzeb informacyjnych komórek organizacyjnych i osób funkcyjnych poszczególnych ogniw dowodzenia.

Klasyfikacja i charakterystyka informacji w procesie dowodzenia umożliwia łatwiejsze zrozumienie znaczenia poszczególnych rodzajów informacji w procesie przetwarzania oraz pozwala na łatwiejsze zlokalizowanie ich w elementach systemu informatycznego, a następnie umożliwia ustalenie wzajemnych ich powiązań i współzależności. Uwzględniając powyższe przesłanki oraz potrzeby informacyjne użytkowników, jak również drogi ich obiegu w zautomatyzowanym systemie dowodzenia, informacje można podzielić na: informacje wejściowe i informacje wyjściowe.

Informacje wejściowe są to informacje dostarczane przez wszystkie elementy objęte zautomatyzowanym systemem dowodzenia, w których organizowane są punkty informacyjne i punkty zbierania informacji. Informacje wejściowe dostarczane są również przez komórki organizacyjne i osoby funkcyjne sztabu. Informacje wejściowe, z punktu widzenia potrzeb maszynowego przetwarzania, ich przeznaczenia i charakteru wykorzystania przez użytkowników, można generalnie podzielić na informacje stałe i informacje zmienne.

Informacje stałe są to takie dane wejściowe, które w ciągu względnie długiego czasu nie ulegają zmianom i nadają się do wielokrotnego wykorzystania. Należą do nich normy ope-

racyjno-taktyczne, normy zużycia środków materiałowych, normy czasowe, parametry techniczne sprzętu itp.

Informacje takie można zawczasu wprowadzić do pamięci EMC, skracając w ten sposób czas rozwiązania zadania, co w efekcie umożliwia bardziej racjonalne wykorzystanie czasu pracy maszyny. W systemach przetwarzania informacji, w oparciu o zorganizowane zbiory informacji — informacje stałe zestawiane są w bazie danych.

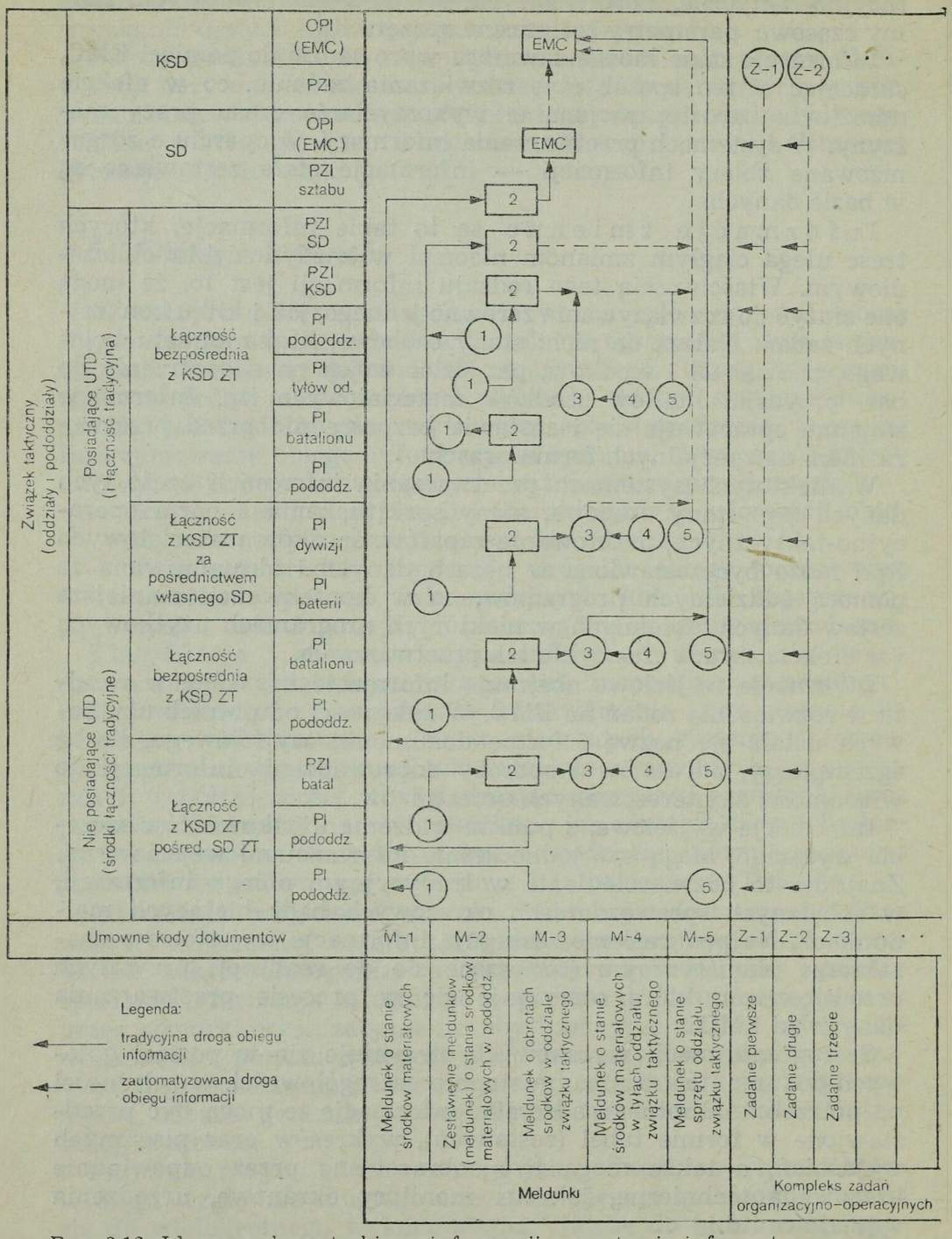
Informacje zmienne są to takie informacje, których treść ulega ciągłym zmianom nieomal w każdym cyklu obliczeniowym. Właściwością tego rodzaju informacji jest to, że mogą one służyć do rozwiązywania zarówno jednego, jak i kilku konkretnych zadań. Należą do nich: stany osobowe, liczba sprzętu bojowego, podział sił i środków, przydział wojsk na zaopatrzenie do baz, przydział limitów środków materiałowych itp. Informacje zmienne opracowuje się i zestawia bezpośrednio przed przetworzeniem na specjalnych formularzach.

W niektórych systemach przetwarzania informacji część tych danych (np. stany osobowe, stany sprzętu, zmiana norm operacyjno-taktycznych, urzutowanie zapasów, środków materiałowych itp.) może być zestawiona w bazach danych i aktualizowana za pomocą oddzielnych programów, co w konsekwencji zmniejsza zestaw danych zmiennych w niektórych programach użytkowych i w efekcie skraca czas cyklu ich przetwarzania.

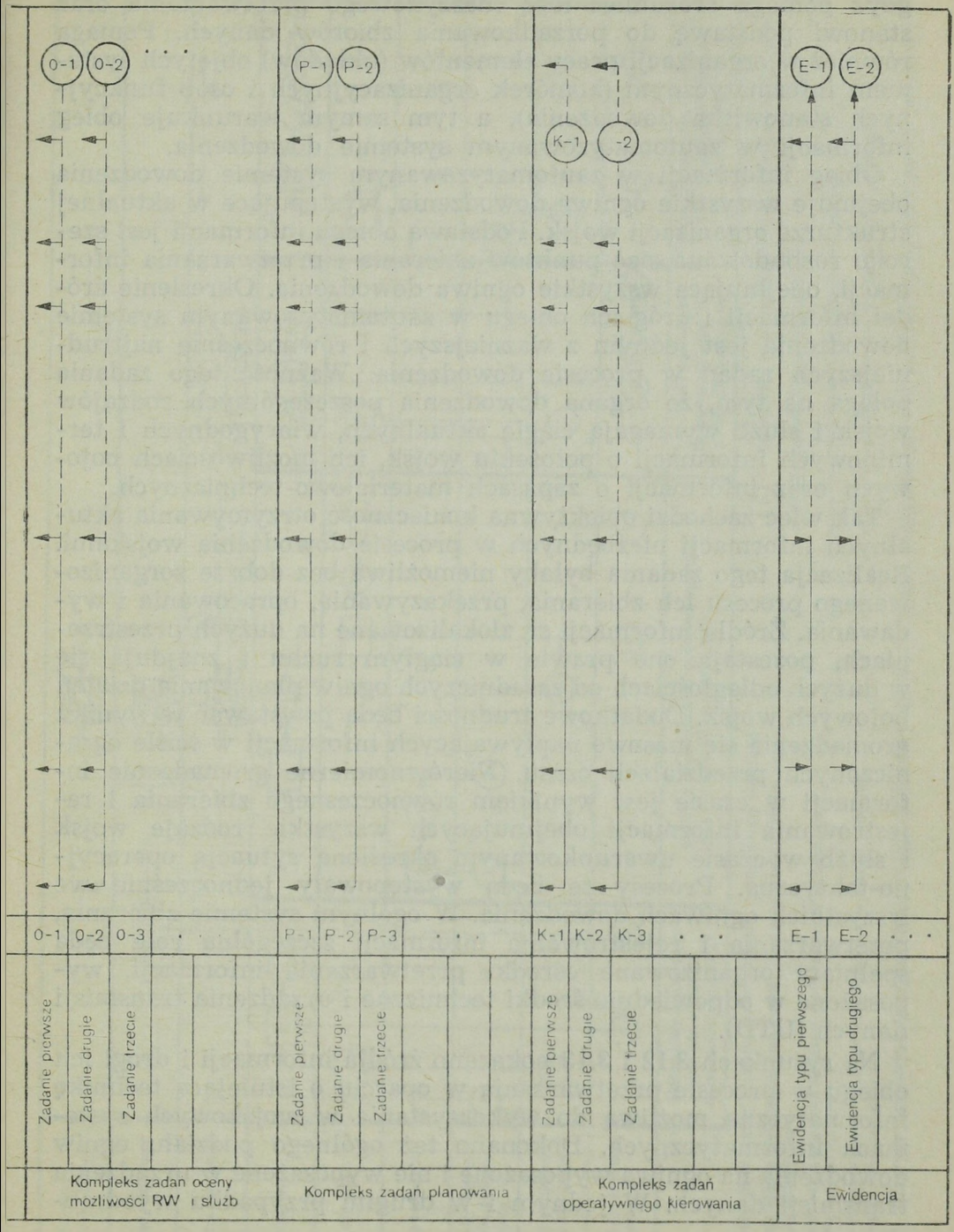
Informacje wyjściowe obejmują informacje uzyskane w rezultacie rozwiązania zadań na EMC. W zależności od potrzeb użytkowych ustala się nazwę i formę dokumentu wyjściowego, liczbę egzemplarzy, adresatów i sposoby doprowadzenia informacji do wiadomości zainteresowanych uczestników.

Informacje wyjściowe, z punktu widzenia użytkowników szczebla wyższego, mogą być jednocześnie informacjami wejściowymi. Znajduje to odzwierciedlenie w tradycyjnym obiegu informacji, w składanych sprawozdaniach okresowych bądź bieżących meldunkach. Na podkreślenie zasługują informacje wyjściowe o charakterze planistycznym (odnoszące się do realizacji przyszłych przedsięwzięć), które otrzymuje się w procesie przetwarzania danych na EMC.

Szereg informacji wynikowych otrzymuje się w postaci gotowych dokumentów o różnym stopniu szczegółowości, w zależności od potrzeb konkretnego adresata. Informacje te mogą być przedstawione w formie tabel (zestawień), wykresów oraz pisemnych wyjaśnień, a także mogą być zobrazowane przez odpowiednie urządzenia techniczne, jak np. monitory ekranowe, urządzenia sygnałowe itd.



Rys. 3.12. Ideowy schemat obiegu informacji w systemie informatycznym na przykładzie związku taktycznego

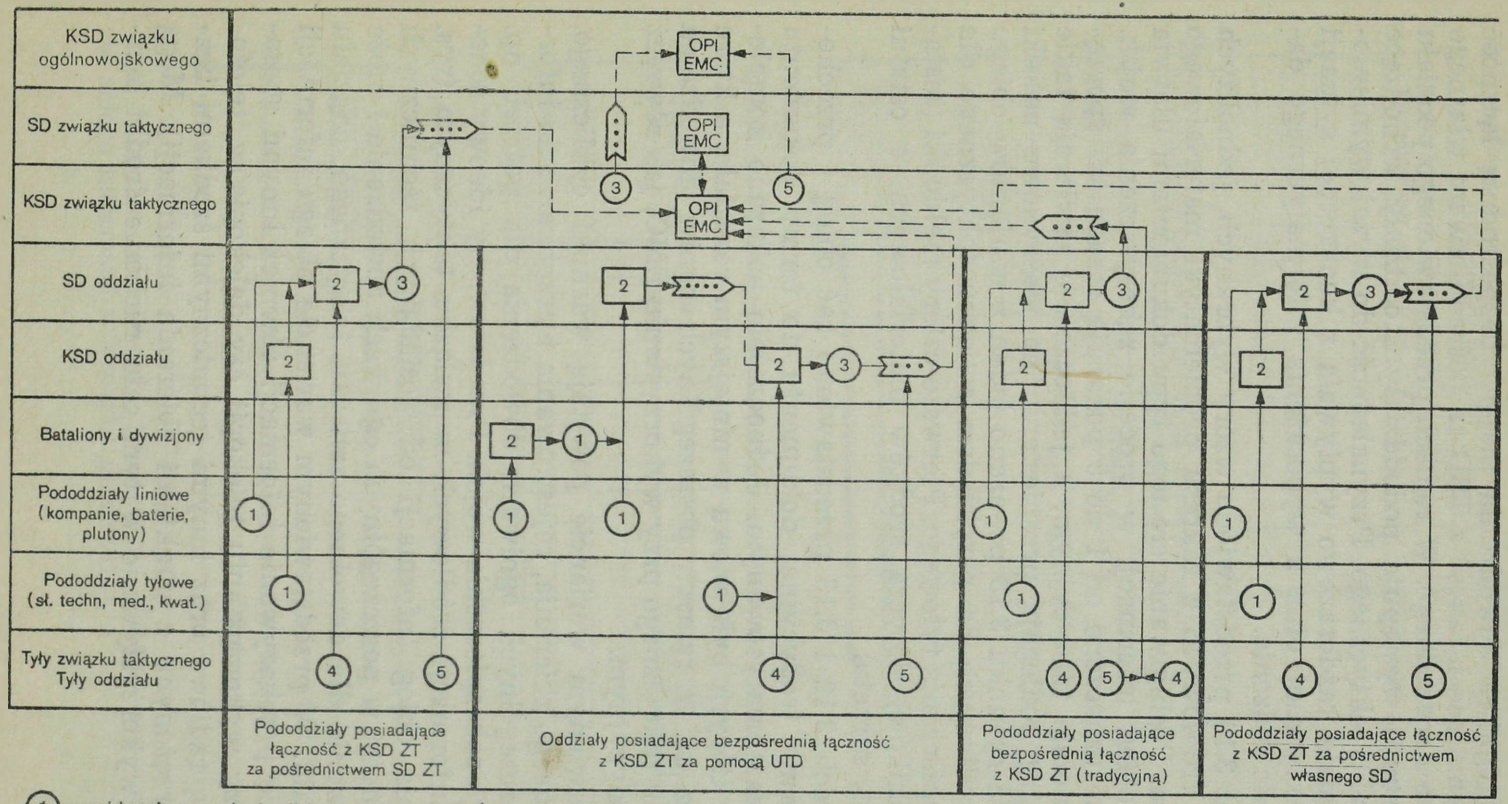

O-1
O-2
P-1
P-2
K-1
-2
E-1
E-2
O-1
O-2
O-3
P-1
P-2
P-3
K-1
K-2
K-3
E-1
E-2
Zadanie pierwsze
Zadanie drugie
Zadanie trzecie
Zadanie pierwsze
Zadanie drugie
Zadanie trzecie
Zadanie pierwsze
Zadanie drugie
Zadanie trzecie
Ewidencja typu pierwszego
Ewidencja typu drugiego
Kompleks zadan oceny możliwości RW i służb
Kompleks zadan planowania
Kompleks zadań operatywnego kierowania
Ewidencja

Przedstawiony podział informacji można uznać za modelowy, gdyż pomaga zrozumieć ideę maszynowego przetwarzania oraz stanowi podstawę do porządkowania zbiorów danych. Pomaga również w organizacji pracy elementów (układów) objętych systemem informatycznym (komórek organizacyjnych i osób funkcyjnych stanowiska dowodzenia), a tym samym warunkuje obieg informacji w zautomatyzowanym systemie dowodzenia.

Obieg informacji w zautomatyzowanym systemie dowodzenia obejmuje wszystkie ogniwa dowodzenia, występujące w aktualnej strukturze organizacji wojsk. Podstawą obiegu informacji jest szeroko rozbudowana sieć punktów zbierania i przetwarzania informacji, obejmująca wszystkie ogniwa dowodzenia. Określenie źródeł informacji i dróg ich obiegu w zautomatyzowanym systemie dowodzenia jest jednym z ważniejszych i równocześnie najtrudniejszych zadań w procesie dowodzenia. Ważność tego zadania polega na tym, że organa dowodzenia poszczególnych rodzajów wojsk i służb wymagają ciągle aktualnych, wiarygodnych i terminowych informacji o położeniu wojsk, ich możliwościach bojowych oraz informacji o zapasach materiałowo-technicznych.

Tak więc zachodzi obiektywna konieczność otrzymywania aktualnych informacji niezbędnych w procesie dowodzenia wojskami. Realizacja tego zadania byłaby niemożliwa bez dobrze zorganizowanego procesu ich zbierania, przekazywania, opracowania i wydawania. Źródła informacji są zlokalizowane na dużych przestrzeniach, pozostają one prawie w ciągłym ruchu i znajdują się w dużych odległościach od zasadniczych ogniw planowania działań bojowych wojsk. Dodatkowe trudności będą powstawać w wyniku gromadzenia się masowo napływających informacji w ściśle ograniczonych przedziałach czasu. Nierównomierne gromadzenie informacji w czasie jest wynikiem równoczesnego zbierania i rejestrowania informacji obejmujących wszystkie rodzaje wojsk i służb w czasie uwarunkowanym określoną sytuacją operacyjno-taktyczną. Procesy te będą występowały jednocześnie we wszystkich ogniwach dowodzenia. W ogólnym systemie zbierania, przetwarzania i rejestrowania informacji szczególną rolę będą spełniały organizowane ośrodki przetwarzania informacji, wyposażone w odpowiednie środki techniczne i urządzenia transmisji danych (UTD).

Na rysunkach 3.12 i 3.13 pokazano źródła informacji i drogi ich obiegu w procesie przetwarzania w oparciu o istniejącą technikę informatyczną możliwą do wykorzystania w wojskowych systemach informatycznych. Dokonano też ogólnego podziału ogniw dowodzenia na ogniwa wyposażone i nie wyposażone w urządzenia transmisji danych. W jednym i w drugim przypadku wyodręb-



Rys. 3.13. Ideowy schemat obiegu informacji źródłowych w związku taktycznym dla potrzeb zabezpieczenia tyłowego

nione zostały ogniwa dowodzenia mające bezpośrednią łączność z TSD i utrzymujące łączność z TSD za pośrednictwem własnego SD lub ogniwa nadrzędnego. W ramach przedstawionego podziału (na cztery grupy) występują pododdziały i oddziały wchodzące w skład związku taktycznego. Przynależność do wyżej wymienionych grup będzie każdorazowo wypływała z konkretnej sytuacji operacyjno-taktycznej oraz z wyposażenia informatycznego danego ogniwa dowodzenia.

Na rysunku 3.14 przedstawiono wzory wybranych, jednolitych dokumentów źródłowych z zakresu problematyki materiałowego zabezpieczenia. Posługiwanie się tego typu dokumentami ułatwia i upraszcza obieg informacji w procesie zabezpieczenia wojsk. Dokumenty te oznaczone od 1 do 5 pokazują zasadę ich sporządzania w systemie tradycyjnym, a jednocześnie zawierają takie elementy, które podlegają przeniesieniu na maszynowe nośniki informacji. Na rysunku 3.13 pokazano jeden z wariantów obiegu informacji źródłowych na przykładzie związku taktycznego dla potrzeb zabezpieczenia tyłowego. Pierwsze cztery meldunki (zestawienia meldunków) dotyczą środków materiałowych, a ostatni (piąty) dotyczy sprzętu.

Na rysunkach 3.12 i 3.13 przedstawiono zaś obieg i przechodzenie od formy tradycyjnej dokumentu do formy dokumentu w systemie zautomatyzowanym. Jednocześnie pokazano kompleksy zadań, o których była mowa w niniejszym rozdziale, a które rozwiązywane są w ramach poszczególnych ogniw dowodzenia wojsk związku taktycznego przy wykorzystaniu EMC, jak również sposobem tradycyjnym.

W przedstawionym wariancie powstają warunki cyklicznego, jak też i bieżącego zbierania, rejestrowania i przetwarzania informacji w poszczególnych ogniwach dowodzenia dla potrzeb np. materiałowego zabezpieczenia wojsk. Przedstawiony ideowy schemat obiegu informacji źródłowych w związku taktycznym (rys. 3.13) uzależnia obieg informacji od posiadanych technicznych środków łączności w poszczególnych ogniwach dowodzenia i może mieć zastosowanie dla dowolnego związku taktycznego, oddziału czy pododdziału. W przedstawionym wariancie obiegu informacji przewiduje się przekazywanie informacji również innymi sposobami (np. przy wykorzystaniu telekopii czy dalekopisów, telefonicznie, drogą radiową oraz innymi technicznymi środkami bezpośrednio sprzężonymi z punktami zbierania informacji). Mogą być również wykorzystywane w tym celu ruchome środki łączności.

(1) Meldunek o stanie środków materiałowych (pododdziały oddziału)

Nazwa środka materiałowego		Wielkość JKO	Stan
		1	2
	1		
	2		
	3		
	⋮		

(5) Meldunek o stanie sprzętu oddziału, związku taktycznego

Kod sprzętu	Straty	Stan

(2) Zestawienie meldunków (meldunek) o stanie środków materiałowych w pododdziałach

Numer i nazwa pododdziału		Środki materiałowe				
		1		2		...
		Stan	JKO	Stan	JKO	
	1					
	2					
	3					
	⋮					
Razem						

Uwaga:
Informacje w polach obwiedzionych grubą linią podlegają przeniesieniu na maszynowe nośniki informacji

(3) Meldunek o obrotach środków materiałowych w oddziale, w związku taktycznym

Nazwa środka materiałowego		Przychód	Rozchód	Straty	Stan		Waga 1 JKO
					w wojskach	w tyłach	
	1						
	2						
	3						
	⋮						

(4) Meldunek o stanie środków materiałowych w tyłach oddziału, związku taktycznego

Kod środka materiałowego	Przychód	Rozchód	Straty	Stan

Rys. 3.14. Ideowe wzory dokumentów źródłowych wykorzystywanych w obiegu informacji w związku taktycznym

3.6. Informatyzacja zadań

Przedstawiona klasyfikacja i charakterystyka zadań rozwiązywanych w procesie dowodzenia dotyczy niemal wszystkich zadań realizowanych w komórkach organizacyjnych stanowiska dowodzenia.

Projektowanie zadań do rozwiązywania przy zastosowaniu metod i środków informatyki obejmuje w zasadzie cztery etapy:

I etap — wybór i sprecyzowanie zadania (zadań) do rozwiązania metodami informatycznymi;

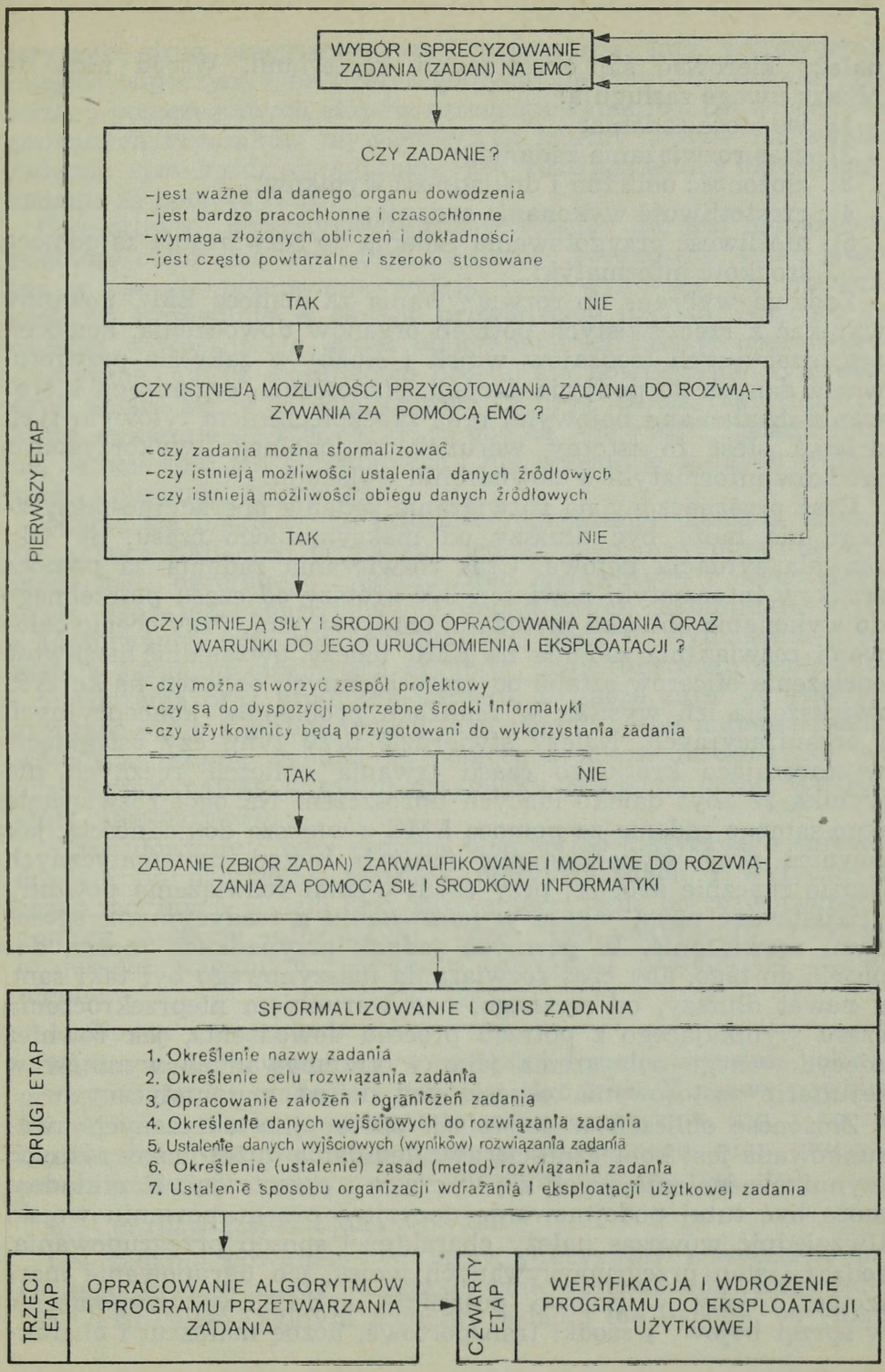
II etap — sformułowanie zadania operacyjno-taktycznego i jego opis;

III etap — opracowanie algorytmu i programu rozwiązania zadania;

IV etap — weryfikacja i wdrożenie programu.

Treść i zakres prac poszczególnych etapów może być różny w stosunku do każdego zadania i zależy od stopnia jego złożoności. W zadaniach, które są już sformalizowane, a obliczenia ręczne nie wymagają dużego zaangażowania użytkownika, wystarczą tylko ogólne wytyczne do jego rozwiązania. Natomiast zadania systemowe i kompleksowe wymagają większego nakładu pracy oraz większego zaangażowania użytkownika, analityka systemu i projektanta (problemisty), szczególnie na etapie wyboru zadania i jego opisu operacyjno-taktycznego. Zadania cząstkowe będą jedynie elementami (modułami) systemów informatycznych określonego szczebla dowodzenia (pionu funkcjonalnego). Wymaga to zupełnie innego podejścia do projektowania zadań w ramach zautomatyzowanych systemów przetwarzania informacji.

Wyboru zadań do rozwiązania za pomocą EMC dokonuje się w wyniku analizy zbioru zadań realizowanych w procesie dowodzenia przez określoną komórkę organizacyjną danego szczebla dowodzenia, według określonych kryteriów, np. ważności zadania, złożoności, czasu, częstotliwości i możliwości rozwiązania zadania, stosownie do potrzeb współczesnego pola walki. Równocześnie zadania te precyzuje się w aspekcie wymagań i potrzeb realizacji przedsięwzięć automatyzacji w ramach wypracowanej koncepcji doskonalenia wybranego procesu (zadania) dowodzenia za pomocą środków informatycznych. Istotnym kryterium wyboru zadania jest ustalenie celowości rozwiązania danego zadania za pomocą EMC (rys. 3.15). Chociaż możliwości środków informatyki pozwalają na wykonywanie różnych obliczeń operacyjno-taktycznych, to jednak automatyzacja nie wszystkich procesów obliczeniowych jest po prostu opłacalna. Przy ocenie celowości automatyzacji zadań dla potrzeb dowództw i sztabów (rodzajów wojsk i służb)



Rys. 3.15. Ideowy schemat przygotowania zadania do rozwiązania za pomocą EMC

należy kierować się określonymi kryteriami. Wśród nich na bliższą uwagę zasługują:

1) ważność zadania;
2) czas rozwiązania zadania;
3) złożoność obliczeń i dokładność wyników;
4) częstotliwość wykonania zadania;
5) możliwość przygotowania zadania do rozwiązania za pomocą środków informatyki.

Zadania wybrane do rozwiązywania za pomocą EMC powinny wynikać z rzeczywistych potrzeb organów dowodzenia, komórek organizacyjnych (rodzajów wojsk i służb) w zakresie przygotowania danych do podjęcia decyzji, planowania, organizacji kierowania działaniami bojowymi oraz zabezpieczeniem tyłowym tych działań. Jest to istotny warunek racjonalnego wykorzystania środków informatyki w dowodzeniu wojskami.

Czas przeznaczony na rozwiązanie zadania operacyjno-taktycznego nie może być dłuższy od maksymalnego czasu, na jaki zezwala sytuacja bojowa. Czas rozwiązania zadania za pomocą środków informatyki powinien być krótszy od czasu potrzebnego do wykonania obliczeń metodami tradycyjnymi. Przy ocenie celowości rozwiązania zadania na EMC należy uwzględnić możliwość odciążenia oficerów sztabu od czasochłonnych obliczeń na korzyść zwiększenia ich wysiłku w realizacji problemów koncepcyjnych i organizacyjnych. Należy stwierdzić przy tym, czy osiągnięcie wystarczająco krótkiego czasu trwania obliczeń ręcznych nie wynika ze zbyt daleko idących uproszczeń. Na ogół rozwiązanie tego samego zadania za pomocą EMC z większą dokładnością, jak również przy wykorzystaniu ścisłych metod matematycznych będzie znacznie krótsze, przy czym wyniki rozwiązania powinny przedstawiać nową jakość w porównaniu z tradycyjnymi sposobami rozwiązania. W pewnych jednak przypadkach można dopuścić do tego, aby czas rozwiązania maszynowego był taki sam, a nawet dłuższy, od ręcznego, pod warunkiem nieprzekroczenia czasu wynikającego z potrzeb procesu dowodzenia, jak również zdecydowanego polepszenia jakości otrzymywanych wyników w rezultacie zastosowania określonych metod matematycznych.

Złożoność obliczeń w zadaniach operacyjno-taktycznych uwarunkowana jest koniecznością uwzględnienia dużej liczby różnych czynników zmieniających się w czasie i przestrzeni. Przykładem może być tutaj podejmowanie decyzji o przegrupowaniu wojsk. Uwzględnić wówczas należy charakter i sposób przegrupowania, rodzaj i stan przegrupowywanych wojsk, ich ugrupowanie marszowe, rejony wyjściowe pośrednie i docelowe, wyposażenie w sprzęt bojowy i środki transportowe, liczbę marszrut i charak-

terystykę dróg przemarszu, punkty przejścia, linie wyrównania, miejsca odpoczynku na poszczególnych marszrutach, terminy realizacji poszczególnych etapów przegrupowania itp. Im więcej jest zmiennych czynników wywierających istotny wpływ na wyniki zadania, tym bardziej opłacalne jest rozwiązywanie określonego zadania za pomocą EMC.

Częstotliwość wykonywania różnych zadań nie jest jednakowa. Niektóre obliczenia wykonuje się bardzo rzadko (np. tylko jeden raz w okresie planowania walki). Inne wykonuje się znacznie częściej, szczególnie w okresie prowadzenia działań. Na ogół im częściej wykonuje się jakieś obliczenia i kalkulacje operacyjno-taktyczne, nawet stosunkowo proste, ale powtarzalne, tym bardziej opłaca się je automatyzować. Istnieją jednak takie zadania, które wykonuje się rzadko, ale są one na tyle ważne i pracochłonne, że celowość ich automatyzacji nie wywołuje żadnych wątpliwości i nie budzi zastrzeżeń.

Zdarza się niekiedy, że celowość rozwiązania jakiegoś zadania za pomocą EMC jest oczywista, jednak jego przygotowanie wymaga bądź ogromnego nakładu prac badawczych i organizacyjnych, bądź też skonstruowania dodatkowych, skomplikowanych i kosztownych urządzeń technicznych. Jeśli te wymagania przerastają aktualne możliwości organów projektowo-wdrożeniowych i dowodzenia oraz produkcji sprzętu, to może zajść konieczność zrezygnowania z automatyzacji tego zadania. Jeśli natomiast celowość rozwiązania zadania za pomocą środków informatyki jest dyskusyjna, należy w takim przypadku zasięgnąć opinii specjalistów informatyków.

Sformułowanie i opis zadania operacyjno-taktycznego sprowadza się do określenia podstaw merytorycznych i wytycznych organizacyjnych w celu przygotowania zadania do rozwiązania za pomocą środków informatyki. Treść tego dokumentu, zwanego projektem wstępnym, obejmuje zazwyczaj następujące zagadnienia:

1. Nazwa i temat zadania

Nazwa zadania powinna w zwięzłej formie określać, jakiego problemu dotyczy zadanie i jaka jest jego treść. Z nazwy powinno też wynikać, dla kogo zadanie to jest przeznaczone (np. plan zabezpieczenia materiałowego związku taktycznego, plan przegrupowania związku taktycznego własnym transportem itp.).

2. Cel rozwiązania zadania na EMC

Cel zadania powinien być jasny, precyzyjny i wyczerpujący. Od tego bowiem zależy ukierunkowanie opracowania całego zadania. Jeśli celem (jednym z celów) zadania ma być np. optymali-

zacja jakiegoś procesu, to istnieje wtedy alternatywa: albo przy ustalonej liczbie środków maksymalizuje się zamierzony efekt, albo przy ustalonym bądź założonym efekcie dąży się do określenia minimalnej liczby środków dla jego osiągnięcia. Cel zadania określa się odpowiednio do wymagań operacyjno-taktycznych, które to wymagania powinno spełnić dane zadanie, np. dla zadania dotyczącego planowania materiałowego cele mogą odnosić się do:

— ustalania i podwyższania dokładności obliczeń;
— skrócenia czasu potrzebnego na zabezpieczenie materiałowe wojsk;
— optymalnego wykorzystania transportu;
— usprawnienia przekazywania zadań do wykonawców itp.

3. Założenia i ograniczenia

Założenia i ograniczenia uwarunkowane są możliwościami zastosowania metod matematycznych oraz zachowaniem zgodności z ogólnie obowiązującymi zasadami sztuki operacyjnej i wymaganiami współczesnego pola walki. Uwarunkowania te powinny również uwzględniać wymaganą dokładność w odpowiednim czasie, a także techniczne właściwości środków informatyki. Mało istotne czynniki ograniczające należy upraszczać lub też całkowicie pomijać, mając na uwadze ułatwienie rozwiązania zadania. Niekiedy zachodzi potrzeba upraszczania zadania. Należy jednak pamiętać, iż suma wszystkich uproszczeń nie może przekroczyć granicy umożliwiającej otrzymanie wyników zadania zgodnie z postawionym celem. Założenia i ograniczenia są najważniejszym elementem opisu operacyjno-taktycznego zadania. Stanowią one bowiem punkt wyjścia, jak również zawierają podstawowy materiał do wybrania odpowiednich metod matematycznych przy opracowaniu algorytmu rozwiązania zadania. Oto przykłady założeń i ograniczeń:

— liczba rozpatrywanych oddziałów i pododdziałów;
— maksymalna odległość przegrupowania;
— tempo marszu;
— liczba źródeł zaopatrywania;
— wykaz normatywów;
— liczba wariantów obliczeń;
— czas rozwiązania zadania itp.

4. Dane wejściowe

Danymi wejściowymi nazywamy informacje, na których EMC wykonuje operacje arytmetyczne i logiczne w czasie rozwiązywania zadania. Dane wejściowe dzielą się na dane stałe i dane zmienne.

Stałymi danymi wejściowymi nazywamy te informacje, które w ciągu stosunkowo długiego czasu nie zmieniają swoich wartości i są przydatne do wielokrotnego wykorzystania. Należą do nich informacje o organizacji i stanie etatowym pododdziałów, oddziałów i związków taktycznych wojsk własnych i nieprzyjaciela, różne normy operacyjno-taktyczne, taktyczno-techniczne charakterystyki uzbrojenia i sprzętu technicznego, współczynniki, procedury (algorytmy) postępowania itp. Dane stałe wprowadza się do pamięci maszyny razem z programem lub też są one na stałe zapisane w pamięci zewnętrznej EMC. Przy rozwiązywaniu zadania należy przewidzieć możliwość wymiany danych stałych, oczywiście w miarę potrzeby.

Zmienne dane wejściowe są to informacje, które zmieniają swą wartość zależnie od konkretnych warunków sytuacji operacyjno-taktycznej. Spośród danych wejściowych zmiennych wyróżnia się dane aktualizujące, dotyczące położenia wojsk i różnych obiektów, stanu ukompletowania wojsk, gotowości do działania, stanu zapasów w wojskach i składach itp., oraz dane decyzyjne dotyczące ugrupowania, kierunku głównego uderzenia, kolejności zaopatrywania, wariantu obliczeń, limitów zużycia, rozwiązywania innych zadań itp. Dane zmienne wprowadza się do pamięci maszyn bezpośrednio przed przystąpieniem do rozwiązania zadania. W tym celu, po podjęciu decyzji co do rozwiązania określonego zadania, wpisuje się te dane do specjalnie przygotowanych formularzy, z których są one przenoszone na maszynowe nośniki informacji. Niektóre dane zmienne w ustalonej kolejności mogą być wprowadzone bezpośrednio z urządzenia wejścia EMC.

W procesie rozwiązywania zadań operacyjno-taktycznych za pomocą EMC najwięcej czasu pochłania przygotowanie zmiennych danych wejściowych polegające na wypełnianiu formularzy, przygotowanie maszynowego nośnika informacji (perforacja kart lub taśmy) i przesłanie do ośrodka obliczeniowego. Dlatego też dąży się do tego, aby w warunkach wykorzystywania stacjonarnego ośrodka obliczeniowego jak najwięcej informacji, mających odpowiednie stałe wartości, wprowadzić wcześniej do EMC na zasadzie danych stałych. Należy jednak pamiętać, że ich stałość jest względna i trzeba je co pewien czas aktualizować.

5. Dane wyjściowe (wyniki rozwiązania zadania)

Określenie treści i formy danych wyjściowych jest istotnym i niezbędnym elementem opisanego zadania przewidzianego do rozwiązania z wykorzystaniem środków informatyki, stanowią one o wartości rozwiązanego zadania. W związku z tym powinny one spełniać wymagania użytkowników (osób funkcyjnych, ko-

mórek organizacyjnych rodzajów wojsk i służb), którzy mogą wykorzystywać wyniki obliczeń (dokumenty) do swoich potrzeb. Tak więc jeśli w wyniku rozwiązania zadania otrzymuje się kilka dokumentów przeznaczonych dla różnych osób funkcyjnych, to treść każdego z nich powinna odpowiadać potrzebom sprecyzowanym przez te osoby.

6. Zasady rozwiązywania zadania

Opis zadania operacyjno-taktycznego powinien zawierać ogólne zasady rozwiązywania danego typu zadań. Najistotniejszym elementem tego opisu jest określenie algorytmu przetwarzania. Opis sposobu i kolejności rozwiązania zadania może być zilustrowany, wzorem matematycznym, grafem (wykreślenie) lub schematem blokowym przetwarzania w którym przedstawia się ogólną koncepcję rozwiązania zadania od strony technologicznej. W szczególności zasady te dotyczą następujących zagadnień: skąd i w jakiej postaci uzyskuje się informacje wejściowe, treści i kolejności wykonywanych obliczeń, sposobu przechowywania zebranych informacji i pośrednich wyników obliczeń, sposobów i form wydawania końcowych wyników przetwarzania itp.

7. Sposób organizacji wdrażania i eksploatacji użytkowej zadania (programu, systemu).

Sposób organizacji wdrażania i eksploatacji użytkowej zadania (programu, systemu) przedstawia się zazwyczaj w formie propozycji, w których podaje się:

— organy dowodzenia i osoby funkcyjne odpowiedzialne za organizację i sprawny przebieg wdrażania i eksploatacji zadania (programu, systemu);
— ramowy zakres zadań i obowiązków dla wyżej wymienionych organów dowodzenia i osób funkcyjnych oraz zasady podporządkowania, współpracy i koordynacji między nimi;
— plan (harmonogram) wdrażania zadania (programu, systemu) w przypadku większej liczby użytkowników;
— czynności, które warunkują rozpoczęcie próbnej eksploatacji;
— organizację próbnej eksploatacji, np. poprzez wytypowanie komórki organizacyjnej eksperymentującej z danym zadaniem, czas trwania próbnej eksploatacji itp.;
— tryb wprowadzania zmian do zadania (programu, systemu), uprawnienia i ich zakres.

W przypadku podjęcia prac nad zadaniami kompleksowymi, składającymi się z wielu różnych zadań cząstkowych, opracowanie harmonogramu prac i szacunkowych nakładów jest konieczne. Opracowanie złożonych zadań trwa niekiedy kilka lat przy zaan-

gażowaniu dużej liczby ludzi, środków finansowych i materiałowych.

Algorytm jako dokładny przepis wykonania określonego typu zadania w ustalonym porządku jest nieodłącznym atrybutem każdej operacji realizowanej za pomocą EMC. Ogólny algorytm przetwarzania stanowi podstawę do sporządzenia szczegółowego algorytmu i programu maszynowego, zgodnie z którymi EMC wielokrotnie rozwiązuje zadanie. Opracowanie algorytmów zadań operacyjno-taktycznych rozpoczyna się od ustalenia zależności między poszczególnymi elementami składowymi danego procesu przetwarzania, określonymi w założeniu lub wynikającymi ze struktury konkretnego zadania. Stosuje się przy tym wyłącznie wskaźniki ilościowe nawet do zjawisk o charakterze jakościowym oraz odpowiednie funkcje matematyczne, za pomocą których można odwzorować zależności i procedury działania.

Algorytm może być przedstawiony w formie opisowej, graficznie lub w postaci modelu matematycznego. Najbardziej komunikatywną formą odwzorowania procesu przetwarzania danych informacji jest schemat blokowy uzupełniony opisem. Jest to przy tym forma najczęściej stosowana i najbardziej komunikatywna.

W algorytmie, sporządzonym w formie schematu blokowego, podaje się na początku wszystkie dane wejściowe (początkowe) niezbędne do wykonania obliczeń. Następnie zapisuje się w kolejności poszczególne procedury obliczeniowe lub operacje logiczne.

Na podstawie algorytmu rozwiązania zadania opracowuje się bardziej szczegółowy schemat blokowy obrazujący strukturę organizacyjną i logiczną programu. W następnej fazie treść schematu blokowego tłumaczona jest przez programistę na język programowania. Ciąg tych instrukcji (rozkazów), zorganizowany zgodnie z wymaganiami algorytmu rozwiązania zadania, nazywany jest programem.

Po zapisaniu program, zwany źródłowym, przenoszony jest na maszynowy nośnik informacji (papierowa taśma dziurkowana lub karty dziurkowane) i wczytywany do pamięci komputera. Komputer wykorzystujący własny program, zwany translatorem, tłumaczy program źródłowy na język wewnętrzny danej maszyny cyfrowej. Przetłumaczony program, zwany binarnym lub wynikowym, wyprowadzany jest z komputera najczęściej w postaci zapisu na taśmie dziurkowanej lub taśmie magnetycznej. Podczas tłumaczenia program źródłowy sprawdzany jest pod względem poprawności semantycznej i syntaktycznej, a jeśli zawiera błędy, to są one wypisywane przez komputer na specjalnym tabulogramie kontrolnym. Po usunięciu wszystkich błędów formalnych następuje sprawdzenie programu na danych modelowych. Spraw-

dzenie to, zwane testowaniem, ma na celu merytoryczną kontrolę działania programu, jak również uzyskiwanych wyników przy wszystkich możliwych wariantach danych wejściowych.

Proces opracowania programu kończy się wykonaniem jego dokumentacji techniczno-eksploatacyjnej, która obejmuje:

— dokumentację programową;
— dokumentację eksploatacyjną.

Dokumentacja programowa powinna zawierać:

— opis funkcji i ogólną charakterystykę programu;
— opis algorytmu realizacji funkcji programu;
— schemat blokowy;
— instrukcję operatorską;
— wydruk programu źródłowego;
— maszynowy nośnik informacji z zapisanym programem wynikowym;
— przykład wzorcowych danych źródłowych;
— wzory uzyskiwanych zestawień wynikowych wykonane według obliczeń wzorcowych danych źródłowych.

Dokumentacja eksploatacyjna jest uzupełnieniem dokumentacji programowej i określa sposób realizacji czynności przez użytkownika. Precyzuje ona jednoznacznie sposób wypełniania formularzy dokumentów źródłowych zawierających dane wejściowe, zasady kontroli poprawności danych wejściowych i poprawiania błędów oraz zasady przenoszenia danych wejściowych z dokumentów na maszynowe nośniki informacji, a także sposób interpretacji i wykorzystanie wyników przetwarzania.

Oprogramowane zadanie, zwane programem rozwiązania operacyjno-taktycznego, przed oddaniem go do eksploatacji użytkowej, powinno być zweryfikowane podczas eksploatacji próbnej. Weryfikacja ta, w miarę możliwości, powinna przebiegać w takich warunkach, w jakich ma być praktycznie wykorzystywany dany program. Eksploatację próbną przeprowadza się przede wszystkim w celu:

— sprawdzenia zgodności wykonanych prac z ustaleniami i założeniami w opisie zadania;
— sprawdzania prawidłowości technologii przetwarzania;
— sprawdzenia przygotowania informacji wejściowych oraz wykorzystania informacji wynikowych;
— określenia rzeczywistej pracochłonności oraz efektywności stosowanych programów do rozwiązania zadań operacyjno-taktycznych;
— określenia wniosków i propozycji.

Po zweryfikowaniu programu w czasie próbnej jego eksploatacji oraz po ewentualnym naniesieniu poprawek przystępuje się do

wdrażania programu do eksploatacji użytkowej. Pod pojęciem eksploatacji użytkowej rozumie się pełne wykorzystanie programów w działalności danego organu dowodzenia przy zaniechaniu rozwiązania zadania sposobem tradycyjnym oraz stworzenie możliwości korzystania ze środków informatyki zaangażowanych do rozwiązania tego zadania.

Z punktu widzenia wymagań i potrzeb usprawnienia procesów kierowania, automatyzowanie najważniejszych zadań informacyjnych i obliczeniowych, przeznaczonych dla organów dowodzenia (rodzajów wojsk i służb), pozwala uzyskać następujące efekty:

1) skrócenie czasu obliczeń wykonywanych dotychczas metodami tradycyjnymi do granic określonych potrzebami wynikającymi z sytuacji podyktowanej wymogami systemu kierowania;

2) odciążenie pracowników organów kierowania (komórek organizacyjnych rodzajów wojsk i służb) od wykonywania czasochłonnych prac ewidencyjno-obliczeniowych;

3) rozwiązanie zadania, które ze względu na swoją złożoność nie mogło być wykonane metodami tradycyjnymi w określonym czasie lub sytuacji;

4) uzyskanie większej dokładności i szczegółowości danych wynikowych z przetwarzania odpowiednio do potrzeb organów kierowania;

5) wykorzystanie w procesach kierowania nowoczesnych metod matematycznych, w tym głównie metod optymalizacyjnych i symulacji komputerowej;

6) uwzględnienie w obliczeniach większej liczby czynników ważnych z punktu widzenia systemów kierowania, które często zmieniają swoje wartości;

7) zwiększenie częstości rozwiązywania zadań, co pozwala organom kierowania bardziej dynamicznie wpływać na przebieg realizacji przedsięwzięć;

8) podejmowanie i automatyczne realizowanie części najbardziej zrutynizowanych decyzji;

9) wykrycie nieprawidłowości istniejących w systemach kierowania oraz np. rezerw tkwiących w wojskowej gospodarce materiałowej;

10) wzmacnianie funkcji kontrolnej w systemach ewidencyjno-sprawozdawczych oraz udoskonalenie na bazie tych systemów działalności innych funkcji kierowania, planowania i prognozowania;

11) podniesienie dyscypliny wykonawczej organów działających w zinformatyzowanych systemach kierowania;

12) stworzenie możliwości opracowywania różnych wariantów ćwiczeń metodami symulacji komputerowej.

Reasumując powyższe można stwierdzić, że informatyzacja zadań dla potrzeb rodzajów wojsk i służb wymaga podjęcia wielu przedsięwzięć organizacyjnych w zakresie ich projektowania i wdrażania. Organizacja projektowania i wdrażania zadań rozwiązywanych w systemach informatycznych rozumiana jest jako przedmiot, treść i przebieg przedsięwzięć w dziedzinie usprawniania procesów informacyjnych w systemach dowodzenia i zarządzania. W informatyzacji zadań dla potrzeb rodzajów wojsk i służb obowiązują określone zasady i sposoby realizacji prac na wszystkich etapach. Prezentowany pogląd jest pewnym uogólnieniem i propozycją w tym zakresie. Należy podkreślić, że istnieją również akty normatywne regulujące całokształt procesu projektowania, wdrażania i wykorzystywania wojskowych systemów informatycznych. Wspomniane akty normatywne dotyczą w szczególności zasad i sposobów realizacji systemów przetwarzania danych z wykorzystaniem informatyki przez organy odpowiednich szczebli dowodzenia, jak również organy informatyki i doraźne zespoły projektujące i wdrażające systemy informatyczne. Wspomniane akty normatywne porządkują obowiązki i uprawnienia wszystkich organów biorących udział w procesie usprawniania procesów dowodzenia wojskami.

Tak rozumiana i realizowana informatyzacja zadań dla potrzeb rodzajów wojsk i służb w należytym stopniu może przyczynić się do uzyskania oczekiwanych efektów w procesie dowodzenia wojskami. Rozwój metod i środków informatyki będzie niewątpliwie miał zasadniczy wpływ na dalszy rozwój sposobów usprawniania procesów dowodzenia i nie może być traktowany jako ostateczny i nie ulegający zmianom. Wielką rolę w tym procesie odgrywać będzie inwencja twórcza zarówno informatyków, jak również użytkowników systemów informatycznych.

4

WOJSKOWE SYSTEMY INFORMATYCZNE NA ZACHODZIE

4.1. Wprowadzenie

Główną cechą współczesnego wyścigu zbrojeń jest to, że wszystko co najlepsze i najdoskonalsze wśród osiągnięć rewolucji naukowo-technicznej zostaje natychmiast zaprzęgnięte do doskonalenia środków walki oraz systemów dowodzenia i kierowania ogniem. Wiele z tych osiągnięć jest wynikiem stymulującego oddziaływania potrzeb sił zbrojnych na systemy badań i rozwoju. Ze względu na szczególne znaczenie dla współczesnego pola walki elektronicznych urządzeń śledzenia, naprowadzania i wykrywania, a także maskowania i walki radioelektronicznej oraz elektronicznych maszyn cyfrowych, stosowanych we wszystkich dziedzinach funkcjonowania nowoczesnych armii, coraz częściej mówi się o „elektronicznym polu walki", a także o tym, że „Mars u schyłku XX wieku — choć nuklearny — ma tranzystorowe zmysły i zespół komputerów w miejscu staroświeckiego mózgu".

Armie państw NATO, a zwłaszcza USA, były od pierwszych lat powstania tej organizacji odbiorcami najnowocześniejszego sprzętu elektronicznego, a w szczególności elektronicznych maszyn cyfrowych. Wcześnie przystąpiono do automatyzacji systemów dowodzenia, przy czym proces ten objął zarówno systemy „globalne" (np. narodowy wojskowy system dowodzenia NMCS), systemy poszczególnych rodzajów sił zbrojnych i wojsk, systemy szczebla taktycznego, jak i systemy „pokładowe" (systemy minikomputerowe instalowane na pokładach samolotów, okrętów i w pociskach typu np. *Cruise, Exocet* itp.).

W książce J. Nowickiego zawierającej przegląd zautomatyzowanych systemów dowodzenia w armiach zachodnich, funkcjonujących i badanych w latach sześćdziesiątych, stwierdza się:

„W Stanach Zjednoczonych potrzeba automatyzacji procesów dowodzenia i kierowania wojskami na polu walki została zrozu-

miana dość wcześnie, bo już na przełomie lat czterdziestych i pięćdziesiątych. Najwcześniej potrzeba ta zarysowała się w dziedzinie obrony przeciwlotniczej, kiedy to w szczytowym okresie kampanii zimnowojennej problem obrony przed nowoczesnymi wówczas samolotami wyposażonymi w broń jądrową stał się dla amerykańskich militarystów problemem numer 1". ... „Osiągnięcia te i doświadczenia nie pozostały oczywiście bez wpływu na rozwój automatyzacji także i w innych rodzajach wojsk, jak w marynarce wojennej, wojskach lądowych (zwłaszcza w artylerii) i w dziedzinie materiałowo-technicznego zabezpieczenia działań bojowych, nie mówiąc już o siłach powietrznych, w skład których przecież wchodzą wojska obrony przeciwlotniczej *. O osiągnięciach zachodnich w dziedzinie automatyzacji dowodzenia świadczą, między innymi, następujące szeroko niegdyś opisywane przykłady **:

— w centrum dowodzenia sił zbrojnych USA znajduje się 8 planów wojny światowej i 60 planów działań w różnych krytycznych sytuacjach, dane zaś dotyczące jednego z tych planów mogą być przedstawione wyższemu dowództwu zaledwie po kilku minutach;
— w ciągu jednej minuty zostaje przekazany rozkaz postawienia wojsk strategicznych w stan podwyższonej gotowości bojowej;
— na bieżąco w pamięci systemów komputerowych przechowywane są aktualne dane o 2500 obiektach kosmicznych i powietrznych;
— dzięki systemom informatycznym czas przekazania meldunków bojowych ze szczebla batalionu do brygady i dywizji został skrócony prawie dwukrotnie;
— zautomatyzowane systemy kierowania ogniem artylerii pozwalają na planowanie ognia dla 10 dział do 35 celów w ciągu 1,6 minuty (w systemie tradycyjnym czas ten wynosił ok. 2 godzin), natomiast czas planowania działań bojowych lotnictwa taktycznego został skrócony z 10 godzin do 15 minut, a cykl planowania lotów lotnictwa transportowego — z 14 do 4 godzin;
— dzięki zastosowaniu systemów informatycznych w organizacji zabezpieczenia materiałowo-technicznego zlikwidowano 43 składy, zmniejszono liczbę asortymentów z 245 000

* J. Nowicki: *Zautomatyzowane systemy dowodzenia i kierowania w armiach zachodnich.* Wyd. MON, Warszawa 1972 r.
** I. Łoszczyłov: *Pierspiektivy primienija wyczislitielnoj tiechniki v vojennom diele.* Wojenizdat, Moskwa 1976 r.

do 140 000, wydatki zaś na ten cel zmalały 1,7 raza, a liczba personelu ponad 2 razy;
— w procesie planowania działań wojsk lądowych USA wykorzystywano ponad 100 typowych matematycznych modeli w postaci gier symulacyjnych (np. ćwiczenia dywizyjne metodą symulacji komputerowej przeprowadzano w ciągu 4 godzin, gdy w warunkach rzeczywistych przeznaczano na ten cel 90 dni);
— dzięki zautomatyzowanym systemom łączności satelitarnej zapewniono codzienne przekazywanie 2 mld słów oraz połączenie abonentów znajdujących się na kuli ziemskiej w ciągu kilku minut itp.

Wymienione niektóre tylko efekty automatyzacji w armii Stanów Zjednoczonych A.P., aczkolwiek zasługujące na uwagę, nie powinny przesłaniać licznych przedsięwzięć kontrowersyjnych, czy wręcz zdecydowanie nieudanych. Analiza doświadczeń armii państw NATO, a zwłaszcza USA, powinna dostarczyć w tym względzie wielu interesujących wniosków i refleksji. Temu celowi służy przedstawiony w niniejszym rozdziale materiał oparty na licznych publikacjach zamieszczonych przede wszystkim w fachowych wydawnictwach zachodnich *.

4.2. Zautomatyzowane systemy dowodzenia wojsk lądowych armii USA

Zautomatyzowany system dowodzenia szczebla taktycznego TOS

Od początku lat siedemdziesiątych przystąpiono w armii Stanów Zjednoczonych do kompleksowego wykorzystania istniejących systemów informatycznych i zapewnienia ich współdziałania na poszczególnych TDW. Założono konieczność dowodzenia tzw. siłami połączonymi ze stanowiska dowodzenia głównodowodzącego siłami USA (NATO) strefy lub TDW. Celem funkcjonowania tych systemów informatycznych jest zapewnienie maksymalnej centralizacji dowodzenia wojskami na TDW, przy zapewnieniu wysokiej mobilności punktów dowodzenia, ciągłości dowodzenia w walce (bitwie, operacji) oraz sprawnej organizacji współdziałania związków operacyjnych różnych rodzajów wojsk. Realizację tych celów zapewnić ma integracja w ramach globalnego systemu kierowania siłami zbrojnymi takich systemów, jak:

* Autor dziękuje doktorowi Andrzejowi Barczakowi za udostępnienie posiadanych materiałów nt. zautomatyzowanych systemów dowodzenia w armiach wybranych państw NATO.

zautomatyzowany system dowodzenia wojskami TOS *, zautomatyzowany system kierowania ogniem artylerii TACFIRE, zautomatyzowany system kierowania tyłami CS3 oraz system dowodzenia lotnictwem taktycznym i system kierowania obroną powietrzną. Struktura wszystkich wymienionych systemów podporządkowana jest zasadzie, że centra obliczeniowe tworzy się przy wzajemnie sprzężonych podstawowych organach dowodzenia, do których podłączone są punkty abonenckie użytkowników niższych ogniw. W pierwszej kolejności przystąpiono do automatyzacji ogniw operacyjno-taktycznych.

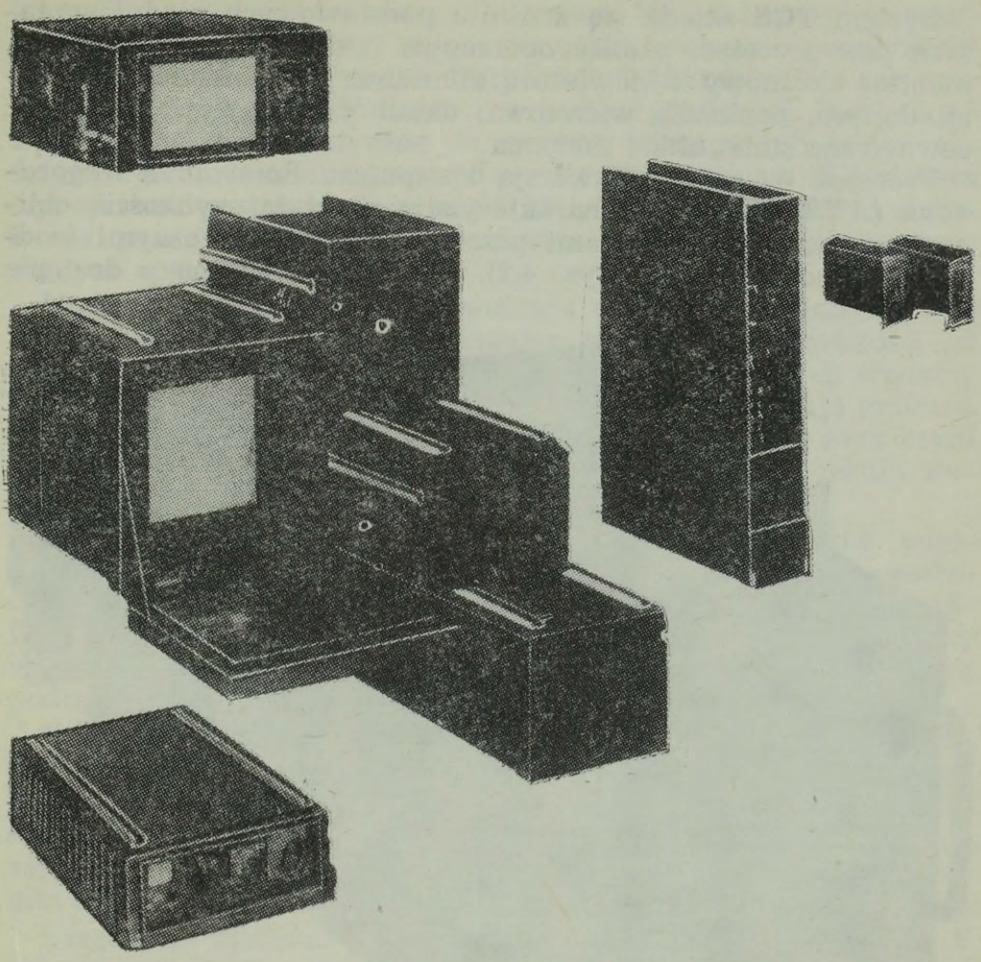
W 1971 r. powstał projekt automatyzacji systemów przetwarzania danych dla szczebli taktycznych ARTADS (Army's Tactical Data Systems), a w roku 1975 program ADSAF (Automatic Data System within the Army in the Field). Podstawowymi elementami tych programów są:

— system kierowania ogniem szczebla taktycznego dla armii polowej — TACFIRE (Tactical Fire Direction System for the Army in the Field);
— system dowodzenia i kontroli obroną powietrzną — ADCCS MISSILE MINDER (Air Defense Command and Control System);
— zautomatyzowany system kierowania tyłami CS3;
— system dowodzenia szczebla taktycznego TOS (Tactical Operation System).

Wszystkie wymienione systemy mają jednolite wyposażenie techniczne, które stanowi zaprojektowany przez wydział Librascope firmy Singer, na zlecenie Dowództwa Służb Elektronicznych Armii USA (U.S. Army Electronics Command), tzw. system komputerowy szczebla taktycznego — TCS (Tactical Computer System) — rys. 4.1. Prace rozwojowe nad tym systemem trwają nadal. Jest to uniwersalny system przetwarzania i przesyłania danych przeznaczony dla wojsk lądowych działających w warunkach polowych. Przyjęto, że powinien on zapewniać zbieranie, opracowywanie, formowanie, weryfikację, analizę i przekazywanie danych odpowiednim odbiorcom informacji oraz zapewniać wykonywanie obliczeń, redagowanie meldunków i przetwarzanie informacji, zobrazowanie ich na monitorze ekranowym, a także transmisję danych cyfrowych i fonicznych. Ponadto TCS powinien współpracować z aktualnymi i perspektywicznymi środkami łączności, wykorzystywanymi na szczeblu taktycznym.

TCS ma techniczną i programową strukturę modułową, tzn. istnieje fizyczny podział systemu na moduły funkcjonalne, przy

* Obecnie realizowana jest nowa wersja systemu TOS/OCCIS.

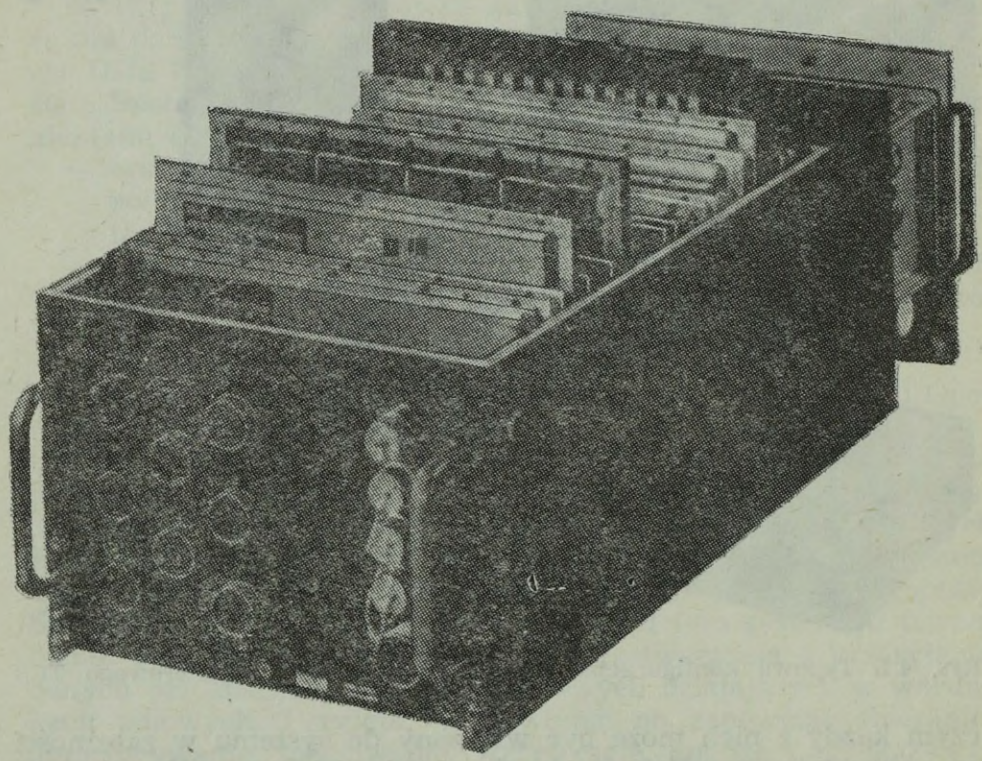


Rys. 4.1. Typowa konfiguracja taktycznego systemu komputerowego TCS

czym każdy z nich może być włączony do systemu w zależności od aktualnie niezbędnej konfiguracji. Modułowość pozwala w przyszłości na rozbudowywanie systemu, dzięki czemu możliwości jego będą z pewnością wzrastać. System może współpracować także z różnymi stacjonarnymi ośrodkami obliczeniowymi, z innymi systemami tego samego typu oraz funkcjonować jako autonomiczny system przetwarzania danych. Dzięki swojej budowie może on być instalowany w wozach dowódczo-sztabowych (np. typu *M577*), transporterach opancerzonych (np. typu *S-250* lub *S-280*), na samochodach ciężarowych, a w warunkach stacjonarnych np. w schronach. Ponadto system ten może być transportowany drogą powietrzną.

System TCS składa się z ośmiu podstawowych modułów, takich jak: procesor, pamięć operacyjna o dostępie bezpośrednim, monitor ekranowy z klawiaturą alfanumeryczną, moduł transmisji danych, drukarka wierszowa, układ wejścia-wyjścia, pamięć zewnętrzna stała, układ zasilania.

Procesor — specjalna wersja komputera *Rolm 1602 Ruggednova* (*AN/UYK-19*) — charakteryzuje się dużą szybkością obliczeń, dużymi możliwościami przetwarzania i skutecznymi środkami ochrony danych (rys. 4.2). Pamięć operacyjna o dostępie



Rys. 4.2. Procesor *AN/UYK-19* wchodzący w skład systemu TOS

bezpośrednim służy do przechowywania programów i danych podczas przetwarzania. Ma standardową pojemność 65 536 słów, z możliwościami rozbudowy do 256 000 słów, dzięki łączeniu modułów. Pamięć ta może być wykorzystywana w układzie wieloprocesowym, tj. może być wykorzystywana przez kilka procesorów jednocześnie. Ponadto może być wykonana z protekcją lub bez protekcji dostępu do zapisanej informacji.

Monitor ekranowy z klawiaturą jest podstawowym urządzeniem

komunikowania się operatora z systemem. Wykonany jest w oparciu o technikę plazmową i wyposażony jest w ekran o powierzchni ok. 55,2 cm^2. Może być wykorzystywany do zobrazowania zarówno danych w postaci tekstów, jak i w postaci graficznej. Pozwala to wprowadzać dane taktyczne do systemu z mapy lub szkicu sytuacyjnego, umieszczonego przed powierzchnią ekranu. Klawiatura wyposażona w standardowe znaki kodu ASC II umożliwia sterowanie pracą systemu, wprowadzanie rozkazów, wykonywanie różnych operacji na ekranie itp.

Moduł transmisji danych umożliwia współpracę z innymi systemami i urządzeniami, zapewniając transmisję o szybkości od 600 do 32 000 bitów/s, z wykorzystaniem standardowych środków łączności. Zapewnia on przesyłanie danych i komunikację foniczną w 16 kanałach. Operator ustala konfigurację połączeń, przy czym możliwa jest praca na kierunkach radiowych lub w ośmiu sieciach radiowych.

Drukarka bezuderzeniowa pracuje z szybkością 1200 wierszy/min, po 80 znaków w wierszu. Umożliwia nie tylko rejestrację danych alfanumerycznych, lecz także wykreślanie danych graficznych. Moduł wprowadzania i wyprowadzania danych łączy wszystkie moduły w całość, wykorzystując szynową strukturę podłączenia i współpracy różnych urządzeń we-wy.

Moduły pamięci zewnętrznej stałej mają konstrukcję kasetową. Służą do przechowywania programów systemowych, za pomocą których dokonywane jest załadowanie programami pamięci o dostępie losowym. Jeden z modułów służy wyłącznie do czytania zapisanych w nim programów modułowych, podczas gdy w drugim dopuszczalne są modyfikacje zapisów.

Urządzenia systemu zasila się prądem stałym o napięciu 28 V lub prądem zmiennym z sieci 50 Hz, 60 Hz lub 400 Hz. Pobierana moc wynosi od 50 do 2500 W.

Rozwój struktury technicznej TCS zmierza w kierunku zapewnienia niezależnej współpracy pięciu operatorów systemu, zwiększenia liczby kanałów teletransmisyjnych do 64 oraz tworzenia struktur wieloprocesowych.

Oprogramowanie systemu TOS zostało zaprojektowane przez firmę Librascope i tworzy je 8 modułów. Większość modułów zapisana jest na stałe w pamięci operacyjnej, inne zaś są ładowane do niej w miarę potrzeby z pamięci zewnętrznej. Program zarządzający, tzw. egzekutor, zapewnia sterowanie zasobami systemu (urządzeniami i programami) w czasie rzeczywistym, a także transmisję danych oraz współpracę z urządzeniami peryferyjnymi. Program sterujący akceptuje programy użytkowe. W skład opro-

gramowania systemowego wchodzą ponadto następujące programy:

— program tworzenia i weryfikacji informacji, który umożliwia i ułatwia operatorowi tworzenie informacji o pożądanych strukturach, wyświetla komunikaty błędów, ułatwia poprawianie i łączenie informacji w bloki oraz ich przygotowanie do wyprowadzania;
— program zobrazowania, który umożliwia i ułatwia tworzenie różnych formatów danych wyprowadzanych na ekran monitora;
— program teletransmisji, który zapewnia efektywne odbieranie, nadawanie, przechwytywanie i wyświetlanie wiadomości, stosownie do procedur transmisyjnych przyjętych w poszczególnych łączach, oraz zgodnie z priorytetami przesyłanych meldunków;
— program wprowadzania danych z urządzeń lokalnych i zdalnych;
— program wydruku, który zapewnia wyprowadzanie komunikatów o stanie systemu i wyników przetwarzania;
— programy diagnostyczne i oceny działania systemu, które testują urządzenia systemu i zapewniają sygnalizację stanów systemu.

Podstawowe oprogramowanie systemu zawiera:

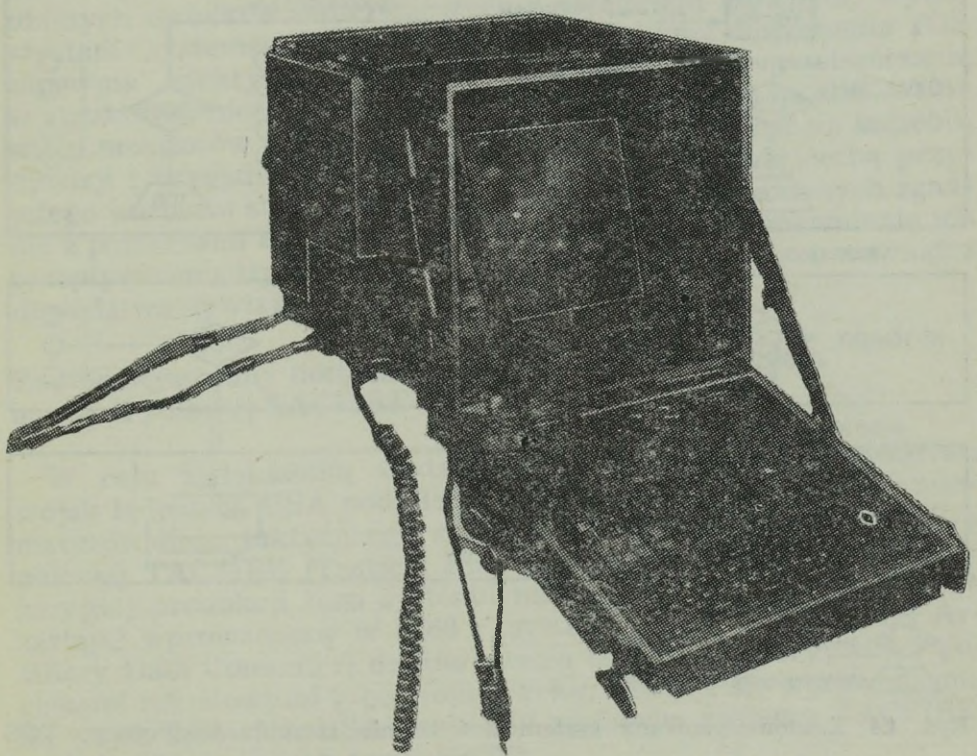
— dyskowy system operacyjny czasu rzeczywistego;
— makroedytor;
— rozbudowany ASSEMBLER;
— program ładowania;
— rozszerzony translator języka FORTRAN IV;
— rozszerzony translator języka ALGOL;
— CROSS ASSEMBLER;
— podprogramy funkcji arytmetycznych;
— podprogramy diagnostyczne;
— specjalistyczne programy użytkowe.

System TCS charakteryzuje wysoka niezawodność pracy w warunkach prowadzenia ognia i oddziaływania radioelektronicznego przeciwnika. Jest bowiem odporny na znaczne zmiany temperatury, wilgotności, a także uderzenia i promieniowanie jądrowe.

W odróżnieniu od komputerów powszechnego użytku, wszystkie urządzenia charakteryzuje specjalna konstrukcja, spełniająca podstawowe wymagania taktyczno-techniczne. Na przykład, aby zwiększyć niezawodność, wykonywano elementy w warunkach hermetycznych, stosowano gęste upakowanie i specjalne umocowania w celu osiągnięcia lepszej amortyzacji. System TCS przeszedł specjalne badania, których wyniki zyskały bardzo pozytywne oceny

potencjalnych użytkowników. Te natomiast przyniosły bardzo dużą liczbę zamówień. Wynika stąd, że Taktyczny System Komputerowy TCS będzie stanowił w latach osiemdziesiątych podstawowe wyposażenie systemów dowodzenia na szczeblu taktycznym w armii Stanów Zjednoczonych.

W oparciu o moduł monitora ekranowego z klawiaturą i nowoczesne technologie (mikroprocesory) wykonany został tzw. Taktyczny Terminal Komputerowy TCT (Tactical Computer Terminal) — rys. 4.3. Stanowi on podstawowe urządzenie końcowe

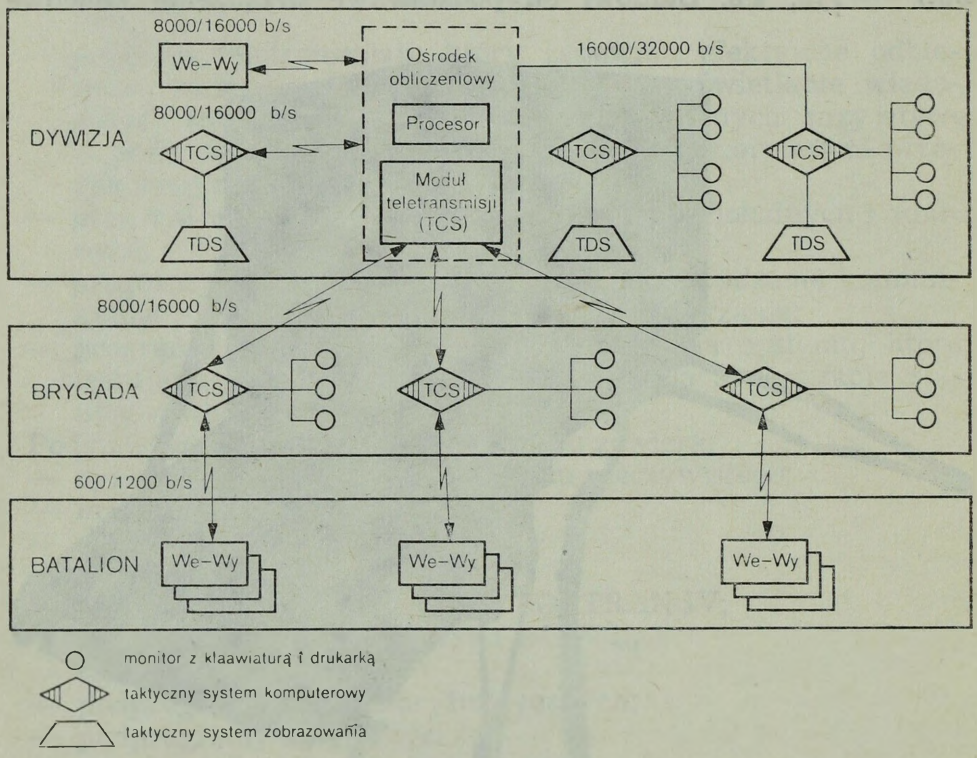


Rys. 4.3. Praktyczny terminal komputerowy TCT

systemu TCS, wyposażone w mikrokomputer o strukturze bajtowej, wewnętrznej pamięci o pojemności 65 536 bajtów i możliwości współpracy z odległym komputerem (centrum komputerowym) poprzez dwa kanały teletransmisji. Ma on także możliwość wyświetlania tekstów i rysunków, współpracy z drukarką itp. Każdy kanał teletransmisji może być wykorzystany bądź do transmisji danych, bądź do komunikacji fonicznej. Spełnia również terminal TCT trudne wymagania eksploatacyjne w warunkach polowych,

jest np. wodoszczelny (po zamknięciu klawiatury) i zasilany napięciem 28 V. Jest przeznaczony dla niższych szczebli dowodzenia, gdzie nie jest wymagany cały zestaw systemu TCS. Może on współpracować z innym terminalem, z systemem TCS lub dywizyjnym ośrodkiem obliczeniowym.

Kilka modułów systemu TCS tworzyć będzie system armijny. W związku z opóźnieniem realizacji poszczególnych etapów pro-



Rys. 4.4. Zautomatyzowany system dowodzenia szczebla taktycznego TOS

gramu automatyzacji przewiduje się, że system TCS zostanie wprowadzony do powszechnej eksploatacji użytkowej w połowie lat osiemdziesiątych.

Sieć taktycznych systemów komputerowych TCS tworzy system dowodzenia szczebla taktycznego TOS (rys. 4.4). System TOS jest przeznaczony do zbierania i przetwarzania danych o wojskach własnych i przeciwnika, umożliwia analizę celów, ocenę sytuacji, planowanie działań i kierowanie działaniami bojowymi. Pozwala na wykorzystanie obliczeń niezbędnych do prognozowania skażeń promieniotwórczych terenu i oceny strat itp. Powyższe zadania

realizuje się w ośrodkach obliczeniowych (głównym i zdalnym), za pomocą punktów wprowadzenia i odbioru komunikatów oraz urządzeń końcowych. Główny ośrodek obliczeniowy jest organizowany w sztabie dywizji i jest przeznaczony do obsługi informatycznej wszystkich komórek organizacyjnych sztabu w zakresie organizacji, planowania i prowadzenia działań bojowych dywizji. Zdalne ośrodki obliczeniowe organizuje się przy głównym i zapasowym stanowisku dowodzenia dywizji i brygad; przeznaczone są do przetwarzania informacji dla odpowiednich organów dowodzenia tych szczebli. Zapewnia się przy tym bezpośrednią łączność zdalnych ośrodków obliczeniowych z ośrodkiem głównym. Wykorzystanie systemów TCS w taktycznym systemie dowodzenia TOS zapewnia efektywny przepływ danych i ich przetwarzanie w strukturze hierarchicznej (rys. 4.4) oraz pozwala na stosowanie wielu monitorów ekranowych z klawiaturą i drukarek na szczeblu dywizji i brygady jako urządzeń końcowych. Istotną cechą przyjętego wariantu struktury systemu jest koncentracja danych zgodnie z potrzebami danego szczebla dowodzenia oraz zapewnienie ich przepływu między batalionem, dowództwem brygady i wewnątrz dowództwa dywizji.

Zautomatyzowany taktyczny system kierowania ogniem artylerii polowej TACFIRE

W celu zwiększenia skuteczności ognia artylerii dowództwo wojsk lądowych USA podjęło w 1967 r. decyzję o budowie zautomatyzowanego taktycznego systemu kierowania ogniem artylerii polowej TACFIRE (Tactical Fire Direction System). Rozpoczęcie seryjnej produkcji tego systemu nastąpiło w 1977 r. System ten zastąpił wprowadzony w 1960 r. system typu FADAC (Field Artillery Data Computer) do kierowania ogniem artyleryjskim i pociskami rakietowymi typu *Honest John*. Planuje się wprowadzenie do wojsk lądowych USA około 150 zestawów systemu TACFIRE, a około 300 do innych armii NATO.

System TACFIRE ma za zadanie zwiększyć operatywność kierowania pododdziałami artylerii dzięki zwiększeniu efektywności planowania użycia artylerii oraz obliczania nastaw do strzelania i uzyskiwania innych danych artyleryjskich. Wyróżniono dwie grupy zadań szczegółowych systemu.

Do pierwszej grupy zaliczono:

— zbieranie, przechowywanie, przetwarzanie i zobrazowanie informacji o nieprzyjacielu, a także o położeniu i stanie wojsk własnych, a więc danych potrzebnych do podjęcia decyzji o przydziale celów i użyciu artylerii;

— określenie potrzebnej ilości artylerii i amunicji oraz jej podział stosownie do zadań bojowych;
— obliczenia związane z planowaniem ognia artylerii do celów i kierowania ogniem;
— obliczenia dotyczące planowania dowozu amunicji i zabezpieczenia materiałowo-technicznego.

Do drugiej grupy zadań szczegółowych zalicza się natomiast:
— opracowanie danych z rozpoznania;
— planowanie ognia;
— określenie danych do strzelania różnymi sposobami;
— zestawienie i wydawanie komend bezpośrednio na stanowiska ogniowe;
— prowadzenie ewidencji zużycia i stanu amunicji w pododdziałach artylerii.

Biblioteka programów użytkowych systemu TACFIRE zawiera programy zapewniające automatyczną realizację większości z wymienionych wyżej zadań. W systemie zapewniono w pełni zautomatyzowane wprowadzania danych z rozpoznania i danych o własnych środkach ogniowych. TACFIRE integruje wszystkie ogniwa kierowania artylerii korpusu, począwszy od dowództwa i kończąc na wysuniętych obserwatorach artyleryjskich. Do podstawowych elementów systemu należą: punkt obserwacyjny na śmigłowcu, wysunięty punkt obserwacyjny, punkt meteorologiczny, punkt topogeodezyjny, stanowiska ogniowe, punkt dowodzenia dywizjonu artylerii, SD artylerii dywizyjnej. Urządzenia techniczne rozmieszcza się w ośrodku kierowania ogniem artylerii korpusu, dywizji i dywizjonów na punktach dowodzenia i na stanowiskach ogniowych baterii, a także na wysuniętych punktach obserwacyjnych. Urządzenia te współpracują z aparaturą podsystemu koordynacji wsparcia ogniowego, pododdziałów rozpoznania meteorologicznego i służb topograficznych, a także ze stacjami radiolokacyjnymi, służącymi do określania współrzędnych do prowadzenia ognia baterii. Podsystem koordynacji wsparcia ogniowego, będący częścią systemu TOS, ma za zadanie koordynację wsparcia ogniowego zarówno artyleryjskiego, jak i lotniczego. Przeciętny czas przygotowania systemu TACFIRE do działania wynosi 30 minut.

Na wysuniętym punkcie obserwacyjnym w ugrupowaniu bojowym pododdziałów znajduje się tzw. portatywne urządzenie wejścia danych standardowych FFMED (Fixed Format Digital Message Entry Device) o masie 2,2 kg. Urządzenie to pracuje tylko „na nadawanie" i jest połączone z ośrodkiem kierowania ogniem dywizojnu za pomocą środków łączności radiowej lub przewodowej. Obserwator, wykorzystując pulpit wyposażony w 30 szesnastopo-

zycyjnych przełączników, podaje dane niezbędne do prowadzenia skutecznego ognia: współrzędne celu, jego rozmiary i typ oraz dane o własnym położeniu. Czas przekazywania tych danych w postaci cyfrowej wynosi ok. 1,3 sekundy. Dane te są automatycznie weryfikowane w urządzeniach końcowych dywizjonowego ośrodka kierowania ogniem. Po ich sprawdzeniu obserwator otrzymuje potwierdzenie w postaci sygnału dźwiękowego i świetlnego (zapala się lampka na pulpicie). Po otwarciu ognia obserwator może dokonać jego korekty, przekazując standardowe komunikaty do dywizjonowego ośrodka kierowania ogniem, lub przekazuje komunikat o zniszczeniu celu, oceniając efektywność prowadzenia ognia. Komunikat ten jest podstawą wprowadzenia niezbędnych danych do EMC w ośrodku kierowania ogniem dywizjonu.

Urządzenia końcowe we-wy dywizjonowego ośrodka kierowania ogniem zapewniają przesyłanie informacji z szybkością 600 lub 1200 bitów/s.

W procesie przetwarzania informacji o celach przekazywanych przez obserwatora wysuniętego punktu obserwacyjnego, urządzenia automatycznie korygują błędy powstałe w procesie transmisji danych, a także formułują sygnał potwierdzający prawidłowość odbioru przesyłanych danych. Dane te są bezpośrednio przesyłane do komputera *AN/GYK-12*, będącego uniwersalną wojskową maszyną cyfrową (jest to modyfikacja pokładowej lotniczej EMC typu *L-3050* firmy LITTON). Może ona funkcjonować w trybie wieloprogramowym, realizując jednocześnie 4 zadania. Pamięć operacyjną, zbudowaną na rdzeniach ferromagnetycznych, charakteryzuje czas cyklu wynoszący 2 μs i pojemność 32 768 słów 32-bitowych (plus 1 bit parzystości), czas zaś wykonania operacji dodawania wynosi 4,6 μs. Konstrukcja pamięci operacyjnej oparta jest na dwóch parach bloków (każdy blok może zawierać 8192 słowa maszynowe 32-bitowe).

Pamięć zewnętrzną stanowią bębny magnetyczne z dostępem bezpośrednim (czas dostępu wynosi ok. 10 μs) o pojemności 200 000 słów 32-bitowych. W zestawie dywizjonowego ośrodka kierowania ogniem znajduje się jeden bęben magnetyczny, a w EMC ośrodka kierowania artylerii dywizji — dwa bębny. Drugim rodzajem stosowanej pamięci zewnętrznej jest taśma magnetyczna o pojemności 1,2 mln słów 8-bitowych. Wykorzystuje się ją do przechowywania programów użytkowych i okresowego przepisywania danych zmiennych.

W chwili odbioru od obserwatora danych o wykrytych celach następuje w systemie przerwanie realizacji mniej ważnych i pilnych zadań oraz przejście do przygotowania danych do prowadzenia ognia. Komputer realizuje zadania operatywnego kiero-

wania ogniem (wybór baterii ogniowej, określenie typu i liczby dział do prowadzenia ognia, rodzaj ognia itp), a także uwzględnia liczby posiadanych ładunków, zapalników, pocisków i warunki meteorologiczne. Ustala ponadto granice strefy bezpieczeństwa w celu wykluczenia możliwości rażenia wojsk własnych. W przypadku niemożliwości realizacji zadania za pomocą jednego dywizjonu, EMC tego dywizjonu automatycznie przekazuje odpowiedni komunikat do ośrodka kierowania artylerii dywizji.

W wymaganym czasie dane przekazywane są do artyleryjskiego pulpitu kierowania ACC (Artillery Control Console), przy którego klawiaturze znajdują się dwa monitory ekranowe. Na jednym z nich (górnym) zobrazowywuje się dane opracowane przez EMC i komunikaty obserwatorów, a na drugim (dolnym) uwidaczniane są formułowane zapytania i zmiany wartości obliczanych parametrów. Z lewej strony pulpitu znajduje się matryca, z której można otrzymać 64 warianty formułowanych komunikatów (zobrazowanych na dolnym monitorze, gdzie oficer kierowania ogniem może zmieniać lub uzupełniać wyniki obliczeń za pomocą klawiatury). Przez naciśnięcie przycisku „nadawanie" przesyła się komendy otwarcia ognia do określonej baterii.

Wchodząca w skład systemu TACFIRE elektroniczna drukarka wierszowa drukuje wszystkie wprowadzone na ekran dane z szybkością 500 wierszy/min. Działa ona automatycznie lub na polecenie operatora. Ponadto w zestawie znajduje się elektroniczna „mapa taktyczna" o wymiarach 122×122 cm sterowana bezpośrednio przez EMC. Pozwala ona, w oparciu o ustalone standardowe symbole, na nanoszenie na wojskowe mapy topograficzne sytuacji w rejonie działań bojowych (lokalizacja pojedynczych celów, położenie wojsk własnych, linie ognia, linie rozgraniczeń i strefy bezpieczeństwa). Jako dane wejściowe wykorzystuje się komunikaty pododdziałów rozpoznawczych. Dzięki specjalnemu programowi automatycznie nanoszone są na mapy topograficzne strefy skażeń promieniotwórczych.

Oficer kierowania ogniem może przyjąć wariant danych do otwarcia ognia, opracowany przez EMC, jako optymalny lub wprowadzić w nim konieczne zmiany, a także może odrzucić go i zapotrzebować nowy wariant oparty o zmodyfikowane dane. Zmiany dokonywane są za pomocą klawiatury dolnego monitora z artyleryjskiego pulpitu kierowania.

Na podstawie doświadczeń z wojny wietnamskiej stwierdzono, że w 90% sytuacji oficer kierowania ogniem przyjmował rozwiązania otrzymane z EMC, a następnie przekazywał komendy otwarcia ognia na punkty dowodzenia baterii ogniowych.

Punkt dowodzenia baterii ogniowej jest wyposażony w urządze-

nia wskaźnikowe BDU (Battery Display Unit) składające się z bloku odbiorczego i drukującego. Urządzenia służą do sprawdzenia danych przekazywanych w kanałach łączności i poprawiania powstałych błędów. Wszystkie komendy dotyczące strzelania, otrzymywane z dywizjonowego ośrodka kierowania ogniem, są przesyłane do BDU. Starszy oficer baterii (oficer ogniowy) potwierdza ich odbiór i telefonicznie przekazuje komendy do otwarcia ognia dla obsługi dział, a następnie melduje o otwarciu ognia oficerowi kierującemu ogniem dywizjonu, ten zaś nakazuje obserwatorom obserwować wybuchy pocisków. Po wykonaniu zadania ogniowego oficer dywizjonowego ośrodka kierowania ogniem przekazuje do ośrodka kierowania artylerii dywizji meldunek o wynikach przeprowadzonego strzelania i stanie zużycia amunicji.

W skład systemu TACFIRE wchodzi także urządzenie wejścia niestandardowych komunikatów VFMED (Variable Format Message Entry Device), pozwalające utrzymywać szybką łączność określonych ośrodków i punktów kierowania ogniem z EMC. Wyposażone jest we wskaźnik ekranowy i klawiaturę, podobną jak w artyleryjskim pulpicie kierowania. Urządzenie znajduje się w ośrodku kierowania działaniami bojowymi dywizji. Dzięki niemu oficerowie operacyjni składają zapotrzebowania na ogniowe wsparcie artylerii. Urządzenie VFMED znajduje się ponadto w pododdziałach meteorologicznych i w służbach topograficznych oraz w dywizjonach pocisków rakietowych.

W ośrodkach kierowania ogniem artylerii dywizji instalowany jest również elektroniczny taktyczny wskaźnik ETD (Electronic Tactical Display), dzięki któremu można dokonać zobrazowania rejonów interesujących oficerów rozpoznania na ekranie o średnicy 40 cm, a następnie powiększyć obraz czterokrotnie.

W systemie TACFIRE program automatycznego rozpoznawania celu zapewnia wybór wszystkich danych we wcześniej określonym sektorze ognia na podstawie zestawień i zebranych danych. Ocenia się, że w ciągu 7 sekund EMC może opracować dane dotyczące 1000 celów. Przy zobrazowaniu danych część umownych oznaczeń jest pomijana dla zapewnienia większej przejrzystości.

Przekazywanie danych w systemie TACFIRE odbywa się za pomocą środków łączności radiowej przy stopie błędów $10^{-3} \div 10^{-4}$ (jeden błąd na 1000 — 10 000 znaków). Przerwy w stabilizacji przy nawiązywaniu łączności wynoszą 800 ms. W celu kompensacji przerw w stabilizacji podczas badań systemu TACFIRE dokonano przesyłania odpowiednich tekstów — nagłówków, poprzedzających informacje właściwe. W efekcie tego czas transmisji wzrastał od 10 do 50%, w zależności od długości tych informacji. Podjęto także kroki w celu zwiększenia skuteczności wstępnego

wykrywania i korygowania błędów w ośrodku kierowania ogniem. Wszystkie informacje w systemie TACFIRE są przekazywane specjalnym kanałem odpornym w dużym stopniu na zakłócenia. Szybkość transmisji danych wynosi natomiast 600 — 1200 bodów.

Według opinii amerykańskich specjalistów, najbardziej złożonym i pracochłonnym procesem jest planowanie ognia. W systemie tradycyjnym planowanie ognia do 35 celów dla jednego dywizjonu zajmuje średnio 2—4 godziny pracy całego zespołu osobowego dywizjonowego ośrodka kierowania ogniem. Natomiast w systemie TACFIRE jeden operator wprowadza z artyleryjskiego pulpitu kierowania dane o celach do EMC, która opracowuje optymalny plan ognia w ciągu 25 sekund. Średni czas wykonania zadania ogniowego przez dywizjon wynosi ok. 28 sekund. Należy dodać, że jednocześnie oprócz planu ognia operator może otrzymać pełne, graficzne zobrazowanie planu na standardowej mapie topograficznej.

Powyższe dane, świadczące o dużej efektywności systemu, skłaniają do analizy podstawowych wymagań spełnianych przez TACFIRE. Według założeń projektowych, system powinien zapewniać praktyczną realizację różnych zadań operacyjno-taktycznych w czasie rzeczywistym, z jednoczesnym dopływem informacji sytuacyjnych, pochodzących z różnych licznych źródeł. Przetwarzanie danych i przechowywanie programów użytkowych realizuje się w EMC *AN/GYK-12* z pamięcią na standardowych pakietach po 2048 słów. Dla zapewnienia normalnego funkcjonowania systemu operacyjnego niezbędnych jest 6 takich pakietów, czyli 12 288 słów pamięci operacyjnej, a wtedy dla programów użytkowych pozostaje 10 pakietów. Przechowywanie danych odbywa się na bębnie magnetycznym o pojemności 200 000 słów. Natomiast dla potrzeb systemu operacyjnego i danych stałych w dywizjonowym ośrodku kierowania ogniem potrzeba ok. 160 000 słów, a dla danych zmiennych 36 000 słów. Jednocześnie mogą być realizowane w EMC 4 programy. Realizacja zadań odbywa się w kolejności określanej ich ważnością. Przyjęto następujący układ priorytetów akceptowany przez system operacyjny:

— wykonywanie funkcji systemu operacyjnego (sterowanie zasobami i procesami itp.);
— realizacja zadań ogniowych;
— analiza celów związana z określonymi zadaniami ogniowymi;
— planowanie ognia;
— inne funkcje (np. obliczenia topograficzne, zadania diagnostyczne itp.).

Dzięki modułowej konstrukcji i optymalnej organizacji eksploatacji uzyskano prawie 100% niezawodności systemu. Programy

diagnostyczne powodują sprawne wykrycie i lokalizację uszkodzeń. System ma strukturę niezawodnościową z rezerwą, tzn. w przypadku niesprawności jakiegoś elementu następuje automatyczne włączenie sprawnego elementu rezerwowego. Powyższe udogodnienia organizacyjne i techniczno-eksploatacyjne gwarantują wysoką efektywność systemu. Wiążą się z tym jednak wysokie nakłady, o czym świadczy fakt, że według wstępnych ocen koszt całego programu badawczo-rozwojowego, związanego z systemem TACFIRE, wynosi ponad 200 mln dolarów.

W tym miejscu należy sięgnąć do bardzo interesującego przykładu stosowania metod informatyki do badania wpływu zautomatyzowanych systemów dowodzenia (kierowania ogniem) na efektywność bojową armii polowej USA. Stosuje się w tym celu model walki *ADVICE II*, będący w istocie komputerową grą wojenną, w której rozpatrywane są różne warianty walki dla przypadku konfliktu zbrojnego na Europejskim TDW. Model zrealizowano za pomocą systemu liczącego *CDC 7700*. Umożliwił on badanie efektywności bojowej armii (dywizji), działającej w dwóch charakterystycznych warunkach, a mianowicie:

1) z wykorzystaniem zautomatyzowanego systemu dowodzenia TOS i zautomatyzowanego systemu kierowania ogniem TACFIRE;

2) bez wykorzystania zautomatyzowanych systemów, lecz przy wzmocnieniu środkami ogniowymi, których koszt odpowiadał nakładom ponoszonym na automatyzację.

Przeprowadzone badania wykazały, że we wszystkich próbach bez wykorzystywania TOS i TACFIRE Niebiescy ponosili porażkę (np. w obronie nie zdołali utrzymać ani pierwszej, ani drugiej rubieży obrony). Dodajmy, że przyjęto efektywność systemu TOS jako równoważną wyposażeniu wojsk lądowych USA dodatkowo w 2000 dział artyleryjskich.

System dowodzenia obroną przeciwlotniczą MISSILE-MINDER

Zautomatyzowany system MISSILE-MINDER należy do współczesnych systemów kierowania ogniem przeciwlotniczych pocisków rakietowych (rakietowych kompleksów OPL).

Spełnia on następujące podstawowe funkcje:

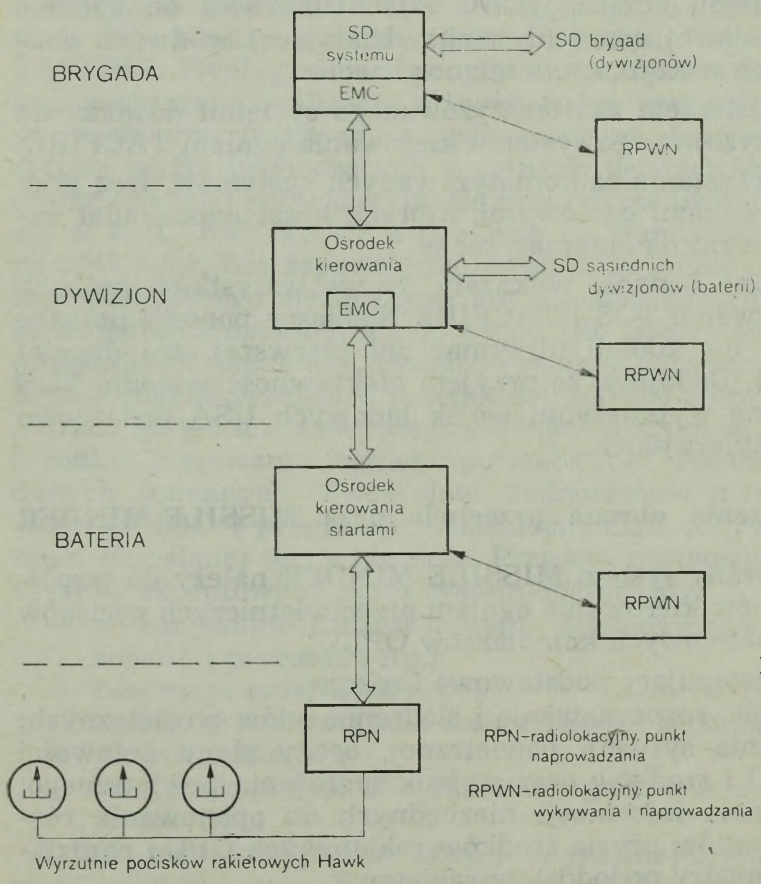
— wykrywania, rozpoznawania i śledzenia celów powietrznych;
— zobrazowania sytuacji powietrznej, oceny stanu gotowości bojowej sił i środków oraz stopnia zagrożenia powietrznego;
— przetwarzania informacji niezbędnych do opanowania różnych wariantów użycia środków rakietowych OPL i rozdziału celów między pododdziały rakietowe;

— przekazywania rozkazów i komend prowadzenia ognia oraz kontroli wykrywania celów;
— symulacji sytuacji powietrznej dla celów szkoleniowych.

Omawiany system jest kolejną piątą wersją systemu dowodzenia rakietowymi kompleksami OPL. Poprzednimi wersjami były: MISSILE-MASTER (*AN/FSG-1*), MISSILE-MONITOR (*AN/MSG-4*), *BERDIE* (*AN/GSG-5*), MISSILE-MENTOR (*AN-TSQ-51*).

Wszystkie wersje systemu, z wyjątkiem pierwszego z wyżej wymienionych, znajdują się w wyposażeniu OPL wojsk lądowych NATO. W systemach tych zostały wyposażone w odpowiednie zestawy urządzeń technicznych stanowiska dowodzenia grup (brygad), dywizjonów i baterii pocisków rakietowych (rys. 4.5).

System MISSILE-MINDER zaczęto wprowadzać do wyposażenia wojsk w 1975 r. Uznano, że odpowiada on wymaganiom lat 80-tych, zapewniając automatyczne sterowanie kompleksami pocis-



Rys. 4.5. Struktura organizacyjna zautomatyzowanego systemu kierowania ogniem przeciwlotniczych pocisków rakietowych MISSILE-MINDER

ków rakietowych *Nike-Hercules, Hawk, Roland* i innych, a także kierowanie ruchem powietrznym. System ma strukturę hierarchiczną.

Postawowe jego elementy rozwijane są na:

— stanowisku dowodzenia grupy (brygady);

— stanowisku dowodzenia dywizjonu;

techniczne zaś ich wyposażenie tworzą radiolokacyjna stacja wykrywania, EMC, zautomatyzowane stanowiska pracy operatorów, środki łączności przewodowej i radiowej oraz urządzenia transmisji danych. W systemie wykorzystano EMC typu *AN/GYK-12* firmy LITTON — komputer bardzo szeroko stosowany w armii USA.

W kabinach przewożonych w kontenerach oprócz EMC, urządzeń transmisji danych i środków łączności znajdują się 2—4 stanowiska robocze operatorów wyposażone w monitory ekranowe z klawiaturą, wskaźniki stanu gotowości bojowej pododdziałów i systemu dowodzenia itp. Na monitorze zobrazowana jest ogólna sytuacja powietrzna zawierająca dane o celach, mapa, korytarze przelotów lotnictwa własnego, dane do obliczeń strzelniczych i inne.

Na każdym szczeblu kierowania występuje stacja radiolokacyjna wykrywania. W przypadku wykrycia obiektu powietrznego przez dowolną stację następuje jego identyfikacja za pomocą urządzeń rozpoznawczych „swój — obcy" typu *MK-10* lub *MK-12*. Jeżeli obiekt zostanie zidentyfikowany jako „obcy", to współrzędne celu są automatycznie przekazywane do EMC, gdzie są opracowywane, a następnie zostają przekazane do wszystkich urządzeń zobrazowania znajdujących się w dywizjonach, brygadach, bateriach itd. W EMC wykonywane są obliczenia niezbędne do przechwycenia celu w oparciu o dane ze stacji radiolokacyjnych, dane o gotowości bojowej wyrzutni rakietowych, dane z ogólnej sytuacji powietrznej oraz dane wprowadzane z pulpitów przez kierownictwo ośrodka. Na żądanie (lub automatycznie) z EMC podawana jest na monitorach informacja o tym, którymi środkami może zostać zniszczony cel. Na podstawie tych danych dowódca ośrodka operacyjnego dywizjonu dokonuje oceny sytuacji, a następnie podejmuje decyzje, które są przekazywane do baterii wraz z danymi do strzelań. Możliwe jest także bezpośrednie dowodzenie z ośrodka operacyjnego grupy (brygady). Ośrodek kierowania startem pocisków rakietowych baterii znajduje się także w kontenerze i wyposażony jest w środki łączności i urządzenia we-wy, zapewniające współpracę z ośrodkami nadrzędnymi.

System MISSILE-MINDER umożliwia koordynację i kierowanie działaniem 32—35 baterii wyrzutni rakietowych, pozwalając na odparcie ataku 130—160 samolotów nieprzyjaciela jednocześnie.

EMC zapewnia zbieranie, przetwarzanie i przechowywanie danych o 100 różnych celach. Ponadto zapewnia współpracę systemu np. z systemem wojsk lądowych TOS, systemem dowodzenia lotnictwem wojsk lądowych ATMAK i systemem AWACS.

Zautomatyzowane systemy dowodzenia tyłami

W latach siedemdziesiątych automatyzacja systemów kierowania procesami materiałowo-technicznego zabezpieczenia działań wojsk lądowych USA połączona była z doskonaleniem struktur organizacyjnych tyłów taktycznych i operacyjnych, zasad i sposobów zaopatrywania wojsk itp. Dążyło się przy tym do centralizacji dowodzenia tyłami na wszystkich szczeblach dowodzenia, do uproszczenia systemu zaopatrywania wojsk, a także zwolnienia sztabów ogólnowojskowych poszczególnych szczebli od konieczności szczegółowego planowania zabezpieczenia kwatermistrzowskiego podległych im wojsk.

Zautomatyzowane systemy dowodzenia tyłami są obecnie stosowane na wielu szczeblach (od materiałowo-technicznego zabezpieczenia wojsk lądowych i głównych składnic na terytorium USA do oddziałów i pododdziałów tyłowych). Systemy te realizują zadania obliczeniowe związane z rozdziałem środków materiałowych, kierowaniem obsługą techniczną sprzętu bojowego w oddziałach i pododdziałach, a także w specjalnych pododdziałach remontowych oraz sterowaniem zapasami materiałowymi w składnicach i dowozem środków materiałowych do wojsk.

W celu usprawnienia przetwarzania danych związanych z materiałowo-technicznym zabezpieczeniem wojsk lądowych, w składnicach na terytorium USA eksploatowany jest system SPEEDEX (System-Wide-Project for Elektronic Equipment at Depots Extended). Zapewnia on realizację następujących funkcji:

— standardowe operacje ewidencji rozdziału i dowozu środków materiałowo-technicznych, obsługi technicznej i remontu przechowywanych urządzeń technicznych;
— dostarczanie informacji o stanie technicznym urządzeń, stanach środków itp. kompetentnym organom określonych szczebli dowodzenia.

System obsługuje 13 składnic na terenie USA, realizując łącznie 16 zadań tyłowych. W celu usprawnienia funkcjonowania składnic pośrednich szczebli dowodzenia (w tyłowych organach na kontynencie i różnych TDW) opracowywany jest system SAILS (Standard Army Intermediate Logistics System). Ma on służyć realizacji zadań dotyczących ewidencji, rozdziału, dostaw środków materiałowych oraz działalności finansowej. Od 1973 r.

system poddawany był różnorodnym próbom przed wprowadzeniem go na terenie USA, a także innych TDW. Uważa się, że system SAILS powinien usprawnić obsługę baz zaopatrzenia szczebla dywizyjnego, a także oddziałów i podddziałów ogólnego i bezpośredniego zabezpieczenia.

Poza tym w oddziałach i pododdziałach tyłowych ogólnego i bezpośredniego zabezpieczenia wojsk na szczeblu korpusu armijnego i dywizji wykorzystuje się aktualnie następujące systemy:

1) CS3 (Combat Service Support System);
2) DLOGS (Division Logistics System);
3) DSU/GSU (Direct Support Unit/General Support Unit);
4) SAMMIS (Semi Automated Material Management Information System).

Zautomatyzowany system dowodzenia tyłami CS3 jest jednym z podsystemów ADSAF — jednolitego polowego zautomatyzowanego systemu dowodzenia wojskami. Przeznaczony jest on do automatycznej realizacji najbardziej pracochłonnych procesów związanych z materiałowo-technicznym zabezpieczeniem wojsk lądowych, obsługą techniczną i remontem sprzętu oraz dokonywaniem obliczeń i zestawień dotyczących stanów osobowych, transportu wojskowego, służby finansowej itp. Strukturę systemu tworzą centra obliczeniowe organizowane przy podstawowych tyłowych organach dowodzenia na TDW i połączenia każdego centrum ze zautomatyzowanymi punktami oddziałów tyłowych. Każde centrum obliczeniowe może być stacjonarne lub ruchome. Do wyłącznej dyspozycji dowództwa tyłów na TDW oddano cztery stacjonarne centra obliczeniowe, a w ogniwie korpusu (w dowództwie tyłów korpusu i w brygadzie materiałowo-technicznego zabezpieczenia) znajdują się dwa ruchome ośrodki obliczeniowe. Centra (ośrodki) obliczeniowe wyposażone są w EMC o średniej wydajności, do których podłączono kilka punktów informatycznych. Podobne ośrodki znajdują się w dywizji. Należy podkreślić to, że w systemie CS3 wykorzystywano popularną maszynę cyfrową trzeciej generacji *IBM 360/40*.

Wyposażenie techniczne centrum obliczeniowego zainstalowane jest na pięciu platformach transportowych ciągników typu *M-52*. Transmisję między urządzeniami informatycznymi na platformach a głównym stanowiskiem dowodzenia zapewniają urządzenia we-wy, dzięki którym przesyłane są dane cyfrowe przewodowo i drogą radiową. Stosowany jest także transport drogą powietrzną za pomocą samolotów typu *C-133B*. Platformy mają zawieszenie na poduszce powietrznej, są wyposażone w urządzenia klimatyzacyjne, regulację wilgotności powietrza, ściany dźwiękochłonne, zdolność tłumienia fal radiowych itp. Na głównej platformie znaj-

duje się procesor *IBM 360/40*, monitor, perforator, drukarka i adapter, natomiast w platformie sąsiedniej — 8 dysków magnetycznych. Dodatkową pamięć magnetyczną stanowi pamięć *IBM 2401*. Na kolejnej platformie znajduje się zestaw komunikacyjny, zapewniający połączenie centrum obliczeniowego z nadrzędnymi i podrzędnymi punktami informatycznymi. Zestaw zawiera urządzenia nadawczo-odbiorcze, pozwalające na przesyłanie danych cyfrowych drogą przewodową lub radiową z zabezpieczeniem kryptograficznym. Na innej znów platformie umieszczono jednostkę wspomagającą z pamięcią, magazyn zbiorów danych oraz wyposażenie do przetwarzania w trybie „off-line".

Do zestawu dołączone są trzy typy odległych stacji (na 1,5-tonowych armijnych samochodach ciężarowych) z urządzeniami transmisji (1200 bajtów na sekundę), czytnikami (150 kart perforowanych na minutę), a także wolne urządzenia transmisji i terminal przeznaczony do zgłaszania pytań.

Możliwości systemu CS3 mogą zostać zwiększone dzięki zastosowaniu dodatkowych pakietów dyskowych i taśm magnetycznych oraz podwojenia pamięci rdzeniowej procesora centralnego. Ponadto zestaw komunikacyjny może dysponować dwukrotnie większą niż dotychczas liczbą odległych stacji w systemie dywizyjnym.

W każdym centrum obliczeniowym przechowywane są w urządzeniach pamięciowych programy rozwiązywania zadań tyłowych z niezbędnymi danymi wejściowymi w 72 zbiorach zawierających np.: codzienny komunikat o stanach osobowych, wielkości strat osobowych, zapotrzebowaniach na środki materiałowe, dane o środkach dowozu itp. Zbiory są permanentnie aktualizowane danymi zawartymi w kodogramach napływających z lokalnych punktów informatycznych i innych centrów obliczeniowych. Każdy kodogram zawiera stopień pilności, rodzaj informacji i inne dane pomocnicze. Zasadnicza część kodogramów jest przetwarzana cyklicznie (okresowo), przy czym przetwarzaniu podlegają kodogramy zawierające dane konieczne do zestawienia codziennych komunikatów. Błędy stwierdzone podczas redagowania kodogramów mogą być usunięte w centrum obliczeniowym za pomocą specjalnych programów lub zostaje przesłany meldunek do abonentów w celu ponownego przesłania poprawnych kodogramów. Kopie wszystkich codziennych komunikatów przechowywane są w pamięci zewnętrznej, a następnie wykorzystywane do zestawień tygodniowych oraz miesięcznych, kwartalnych i rocznych sprawozdań.

System DLOGS przeznaczony jest do realizacji zadań obliczeniowych związanych z kontrolą i rozdziałem środków materiało-

wych ze szczebla dywizji. Usprawnia funkcjonowanie tyłów i zwiększa operatywność strumieni informacji.

Zasadniczy element wyposażenia technicznego systemu stanowi EMC *UNIVAC 1005*. System umożliwia dowódcy dywizji i sztabowi dostarczanie różnych niezbędnych informacji dotyczących materiałowo-technicznego zabezpieczenia działań podległych oddziałów i pododdziałów. Fakt ten spowodował modyfikację struktury organizacyjnej tyłów dywizji. Na szczeblu dywizji utworzony został ośrodek kierowania zaopatrywaniem, którego funkcjonowanie opiera się na jednolitym zbiorze informacji tyłowych przechowywanych w EMC. Stworzono także tzw. grupy zaopatrzenia, których działalnością kieruje oficer ds. ewidencji środków materiałowych. Powstanie ośrodka kierującego zaopatrzeniem spowodowało zmiany funkcji i składu batalionowej sekcji zaopatrzenia (np. w skład sekcji zaopatrzenia batalionu czołgów wchodzi oficer ds. zaopatrzenia, któremu podlega pięciu ludzi). Dystrybucja środków materiałowych odbywa się z magazynów dywizyjnych bezpośrednio do kompanii (baterii). Do zadań sekcji zaopatrzenia batalionu należy przyjmowanie zamówień od podległych kompanii, ich analiza i przekazywanie w formie zbiorczej poprzez urządzenia we-wy do jednolitego zbioru informacji dywizyjnego ośrodka kierowania zaopatrzeniem. Ośrodek ten informuje sekcje zaopatrzenia baz o stanie materiałowo-technicznego zaopatrzenia podległych mu kompanii. Za pomocą omawianego systemu wydawany jest raz na miesiąc znormalizowany dokument — tabulogram, który zawiera następujące informacje:

— nomenklaturę środków zaopatrzenia;
— etapową liczbę nomenklatur oraz tabele należności;
— zmiany norm zaopatrzenia;
— liczbę środków zaopatrzenia w pododdziałach;
— rodzaj przedmiotów zaopatrzenia i ich wielkości liczbowe w stosunku do norm (niedobór, nadmiar) itp.

Na podstawie powyższych danych sekcja zaopatrzenia batalionu przygotowuje tygodniowe, miesięczne i kwartalne sprawozdania o stanie materiałowo-technicznego zabezpieczenia w batalionie, a ponadto informuje dowódcę batalionu o stanie zaopatrzenia podległych kompanii. Tam natomiast za stan zaopatrzenia odpowiada dowódca kompanii, posługując się na co dzień tabulogramem opracowanym na podstawie danych, przechowywanych w jednolitym zbiorze informacji dywizjonowego centrum kierowania zaopatrzeniem. Tabulogram ten zawiera dane o nomenklaturze środków zaopatrzenia, ich stanie faktycznym i należnościach, zmianach i datach zmian. Dowódca kompanii z kolei analizuje tabulogram i koryguje wszystkie niezbędne dane, zatwierdza

i przekazuje szefowi kompanii. Wszystkie dokumenty są opracowywane za pomocą EMC, a wyniki przetwarzania wprowadzone do jednolitego zbioru informacji, w którym każda kompania ma przydzielony obszar pamięci.

Zautomatyzowany system DSU/GSU obejmuje oddziały i pododdziały tyłowe ogólnego i bezpośredniego zabezpieczenia tyłowego (brygady, bataliony zaopatrzenia itp.). Przyczyną powstania systemu był wzrost ilości zadań obliczeniowych i ewidencyjno-sprawozdawczych, dotyczących stanu zapasów środków materiałowych w taktycznych systemach tyłowych. Wyrazem tego zjawiska są następujące charakterystyki: konieczność przetwarzania danych o 30 000 rodzajów środków materiałowych i realizacji 20 000 zapotrzebowań miesięcznie.

System DSU/GSU jest systemem autonomicznym, rozmieszczonym na dwóch platformach-kontenerach, którego funkcjonowanie oparto na zmodyfikowanej wersji EMC *NCR 500*. System obsługuje 9 osób personelu etatowego.

Wszystkie potrzebne informacje (nomenklatura, nr magazynu, nr jednostki wojskowej itp.) są zapisywane na kartach perforowanych. Zamawiając określony środek (przedmiot), odpowiednia osoba funkcyjna wprowadza do zakodowanego dokumentu (formularza-zapotrzebowania) dane o numerze dokumentu wpływającego z jednostki (oddziału, pododdziału), potrzebną ilość danych środków i kolejność dostawy. Każda kompania w określonym czasie przesyła do systemu swoje zapotrzebowanie na kartach perforowanych, z których dane wprowadzane są do EMC, a karty zwraca się do kompanii. Zwróćmy uwagę na efekty wynikające z eksploatowania systemu DSU/GSU. Otóż przed wprowadzeniem systemu komórki zaopatrzenia traciły czas, ok. 2 godzin, na takie czynności, jak: zestawienie i uzgodnienie zapotrzebowań z organami wyższego szczebla, uzupełnienie rozchodów, określenie miejsca i dróg dostaw zamówionych środków itp. Dzięki systemowi informatycznemu czas ten został skrócony do 70 sekund.

Zautomatyzowany system obsługi techniki bojowej SAMMIS zapewnia m.in. automatyczne wydawanie dowódcom cotygodniowych komunikatów o stanie techniki bojowej. Kopie dokumentów przekazuje się oddziałom i pododdziałom remontowym w celu informowania ich o stanie obsługiwanego sprzętu technicznego. System umożliwia operatywną kontrolę prawidłowości eksploatacji uzbrojenia i innych urządzeń technicznych oraz terminowe wprowadzanie koniecznych zmian w harmonogramach remontów.

Na zakończenie należy podkreślić, że we wszystkich ogniwach materiałowo-technicznego zabezpieczenia wojsk lądowych USA eksploatuje się systemy informatyczne. Wynika to z przekonania

panującego w dowództwie sił zbrojnych USA, że w warunkach przyszłego pola walki automatyzacja systemów dowodzenia tyłami stanowi warunek konieczny operatywnej realizacji zadań związanych z materiałowo-technicznym zabezpieczeniem wojsk.

4.3. Wybrane zagadnienia automatyzacji systemu dowodzenia wojsk lądowych w innych armiach zachodnich

Zautomatyzowany system dowodzenia ERWIS

W celu usprawnienia dowodzenia w ogniwie korpus—dywizja—brygada wojsk lądowych przewiduje się w Republice Federalnej Niemiec zastosowanie zautomatyzowanego systemu dowodzenia ERWIS. Prace badawczo-rozwojowe nad systemem ERWIS rozpoczęto w 1969 r. Zasada jego budowy oraz realizowane w nim zadania są bardzo zbliżone do omawianego już systemu TOS.

System ERWIS składa się z ośrodków obliczeniowych rozmieszczonych na SD korpusu, dywizji i brygady. Przewiduje się przy tym wykorzystanie kilku typów EMC. Jedną z nich ma być EMC FALKE. Charakteryzuje ją waga 24 kg, szybkość 200 000 operacji na sekundę oraz pojemność pamięci operacyjnej wynosząca 16 000 słów osiemnastobitowych. Oprócz standardowego wyposażenia peryferyjnego przewiduje się wykorzystywanie specjalnych urządzeń wprowadzania i wyprowadzania danych z klawiaturą dla oficerów-operatorów pracujących w zautomatyzowanych stanowiskach roboczych. W pierwszej kolejności w EMC *FALKE* wyposażone będzie ogniwo brygady.

Wśród wymagań stawianych systemowi ERWIS znajdują się między innymi:

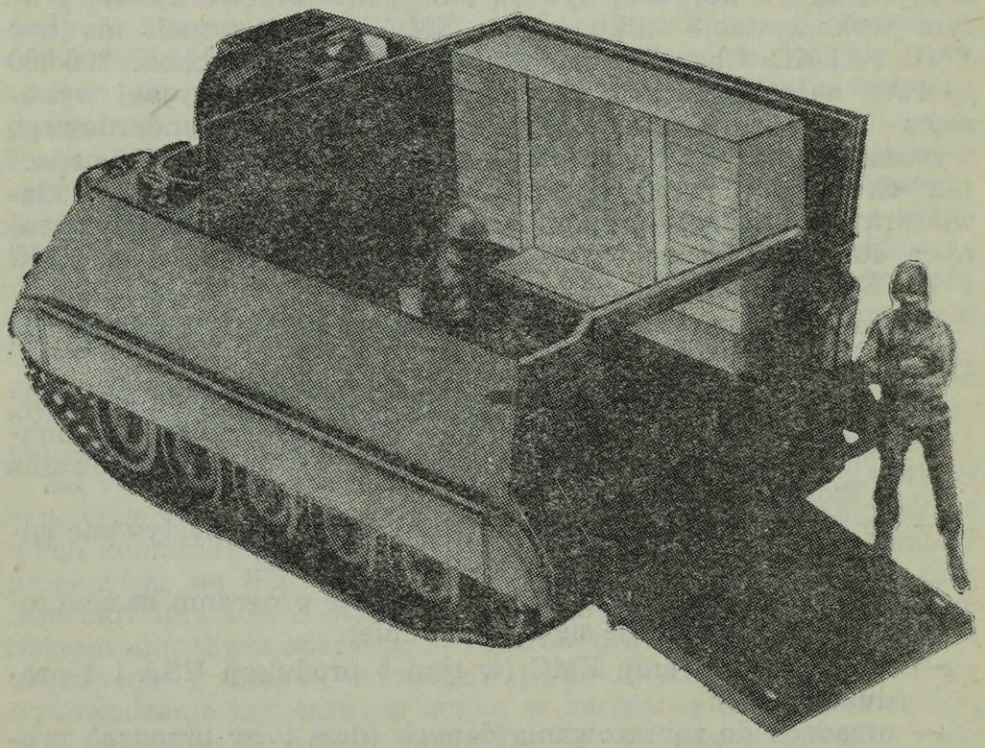
— system musi odpowiadać istniejącej strukturze dowodzenia;
— wyposażenie techniczne powinno być przystosowane do funkcjonowania w warunkach polowych, tj. do zainstalowania w wozach bojowych;
— do przesyłania informacji powinny być wykorzystywane istniejące i przewidywane urządzenia łączności.

W ramach realizowanego w Bundeswehrze programu badawczo-rozwojowego przewiduje się zastosowanie:

— wojskowych wersji EMC (w tym 5 produkcji USA i 4 produkcji RFN);
— urządzeń do zobrazowania danych (dwa typy urządzeń produkcji amerykańsko-zachodnioniemieckiej);
— drukarki do wydruku schematów i tabel (zbliżone do wyko-

rzystywanych w amerykańskich siłach powietrznych i morskich).

Na realizację programu przewidziano 750 mln DM, przy czym uważa się, że ograniczone środki finansowe wymagają skoncentrowania wysiłku na przedsięwzięciach koniecznych i stopniowego wprowadzania systemów informatycznych do eksploatacji użytkowej. W związku z powyższym zamierzano np. w 1979 r. przeprowadzić próbną eksploatację systemu ERWIS w jednym sztabie dywizji, aby w latach 1981—1982 dokonać prób funkcjonowania systemu w warunkach polowych. Od 1979 r. sztab sił lądowych wprowadzał do eksploatacji elementy systemu, natomiast na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych przewiduje się realizację pełnego programu automatyzacji systemów dowodzenia wojsk lądowych RFN wraz z pełniejszym niż dotychczas stosowaniem najnowszych osiągnięć technicznych (np. pamięć pęcherzykowa, przewody z włókien szklanych do transmisji danych itp.). Także w tym okresie przewidywane jest pełniejsze stosowanie metod badań operacyjnych. Uważa się, że osiągnięcia przemysłu



Rys. 4.6. Element struktury technicznej systemu informatycznego Bundeswehry

informatycznego, zaangażowanie wykwalifikowanego personelu wojskowego oraz sprawne kierowanie powinny umożliwić siłom lądowym w ciągu 2,5 lat przejście z fazy wstępnej i studiów do realizacji kompleksowego programu (rys. 4.6).

System informatyczny WAVELL

Brytyjski system informatyczny WAVELL, przeznaczony do usprawnienia pracy sztabów w zakresie prowadzenia rozpoznania operacyjnego, umożliwia szybsze, niż w systemie tradycyjnym, opracowywanie i wymianę informacji pochodzących z różnych źródeł. Realizuje także funkcję banku danych dla dowódców różnych szczebli dowodzenia.

Realizację programu automatyzacji rozpoczęto w 1972 r. Po wyeliminowaniu w 1974 r. szczebla brygady ze struktury organizacyjnej sił zbrojnych Wielkiej Brytanii, zaistniała pilna potrzeba usprawnienia funkcjonowania sztabów dywizji, ze względu na zwiększenie zakresu ich czynności. W 1976 r. brytyjskie ministerstwo obrony podpisało kontrakt z firmą Plessey, dotyczący budowy urządzeń technicznych i oprogramowania systemu WAVELL. Wartość kontraktu wyniosła 2 mln funtów szterlingów. Przyjęto do realizacji następujący program:

— w I etapie (do końca 1979 r.) opracowanie prototypu oraz przeprowadzenie badań technicznych i polowych systemu dywizyjnego, którego zestaw urządzeń został zainstalowany na dziewięciu pojazdach o masie 750 kg typu *LANDROVER;*
— w II etapie (lata osiemdziesiąte) zakłada się rozszerzenie zakresu działania systemu do szczebla korpusu oraz wyposażenie trzech dywizji pancernych w zestawy urządzeń informatycznych na transporterach opancerzonych *Sultan FV-439.*

Typowy zestaw zamontowany na 4-tonowym pojeździe kołowym typu *Bedford*, przeznaczony dla głównych i zapasowych SD korpusu i dywizji, ma zawierać następujące urządzenia:

— komputer *PDP-11/34* z pamięcią wewnętrzną o pojemności 128 kbitów;
— zewnętrzną pamięć dyskową *BSD-440SH* o pojemności 40 Mbitów;
— zewnętrzną pamięć taśmową *PG-204;*
— drukarkę *CGT-1148;*
— urządzenia wejściowe-wyjściowe.

Sztab „Field Force" wyposażony będzie w podobne urządzenia zainstalowane na transporterze *Sultan FV-439*, a węzły łączności poszczególnych SD w dodatkowe urządzenia sieci łączności BRUIN

oraz system PTARMIGAN. Każdy sztab będzie dysponował bankiem danych, do którego będą wprowadzane dane także z innych punktów dowodzenia. Do zobrazowania danych w formie tabelarycznej będą służyły standardowe wskaźniki lampowe. Nie przewiduje się wykorzystania ekranów elektronicznego zobrazowania, nanoszenie zaś sytuacji operacyjnej na mapy odbywać się będzie metodą tradycyjną. System WAVELL, uruchomiony w 1 KA, ma uprościć w dużym stopniu pracę sztabów na wszystkich szczeblach dowodzenia, a w szczególności usprawnić takie procesy, jak: przyjmowanie, selekcjonowanie, zestawianie i rejestrowanie informacji. Ocenia się, że około 50% czasu pracy sztabu dywizji, obsługiwanego dotychczas przez system BRUIN, przypadało na realizację tych czynności. Szczególnie czasochłonnym procesem jest uaktualnienie informacji o rozwoju sytuacji operacyjnej. Wprowadzenie systemu WAVELL ma odciążyć sztaby i ograniczyć liczbę zatrudnionego w nich personelu pomocniczego, tworzyć bank danych oraz usprawnić obieg informacji.

Zautomatyzowany system kierowania ogniem artylerii FACE

Według opinii ekspertów brytyjskich zasadniczym czynnikiem zwiększenia efektywności działań artylerii polowej jest wdrożenie zautomatyzowanego systemu kierowania ogniem. Powinien on bowiem zapewnić operatywne planowanie ognia pododdziałów artyleryjskich, skrócenie czasu na przygotowanie danych początkowych do prowadzenia ognia, zmniejszenie stanu osobowego punktów dowodzenia itp. Prace nad tym systemem prowadzi się w Wielkiej Brytanii od początku lat sześćdziesiątych. W 1967 r. firma ELLIOT zakończyła opracowanie systemu FACE (Field Artillery Computer Equipment) przeznaczonego do kierowania ogniem artylerii. System ten jest obecnie eksploatowany w wojskach lądowych Wielkiej Brytanii i Australii na szczeblu baterii i sztabów pułków artylerii. FACE zapewnia przede wszystkim wprowadzenie danych o celach sygnalizowanych przez wysuniętych obserwatorów, przygotowanie danych do planowania ognia i przekazania ich szczeblom nadrzędnym, przygotowanie danych do strzelania i przekazanie komend kierowania ogniem do pojedynczych dział oraz ocenę wyników strzelania. Jeden zestaw systemu przygotowuje dane podstawowe do strzelań dla dwóch baterii (do 8 dział w każdej) i przekazuje ponadto ogólne dane do kierowania ogniem do trzech innych baterii tego typu. System FACE przeznaczony jest do kierowania ogniem samobieżnych 105 mm armat *MK-1* i *MK-2*, lekkich 105 mm haubic, samobież-

nych 155 mm haubic *M-109*, 155 mm haubic *FH-170*, 87,6 mm haubic, 139,7 mm haubico-armat, 175 mm samobieżnych armat *M-107*, 203,2 mm haubic *M2* i *M2A1*, a także do kierowania startem pocisków rakietowych *Honest John*.

W skład systemu FACE wchodzą: EMC, pulpit sterowania, kaseta z taśmą perforowaną i układ zasilania (przetwornica i baterie akumulatorów). Stosowana w tym systemie EMC *MCS920B* firmy ELLIOT wykonuje 40 000 operacji na sekundę i dysponuje pamięcią o pojemności 8192 słów 19-bitowych. Ma wymiary: 490×230×820 mm i waży 41 kg. Pulpit sterowania z klawiaturą i konsola jest ogniwem łączącym operatora z EMC; służy do wprowadzania danych do EMC oraz zobrazowania informacji niezbędnej do kierowania ogniem baterii. Za pośrednictwem pulpitu sterowania do systemu FACE podłączony jest zautomatyzowany system przekazywania danych dla dział AWDATS (Automatic Weapon Data Transmission System) oraz kanały łączności radiowej. Ponadto istnieją urządzenia pośredniczące, zapewniające podłączenie drukarki z łączem torowym, przesyłanie danych środkami łączności telegraficznej i radiowej. Aparatura jest odporna na wpływ promieniowania, dzięki czemu możliwe jest jej rozmieszczenie w pobliżu stacji radiolokacyjnych. Wyposażenie techniczne systemu może być zainstalowane na samochodzie *LANDROVER*, w wozie dowódczo-sztabowym, na transporterze opancerzonym *FV610* i transporterze gąsienicowym *FV432*.

W czasie działań bojowych system FACE funkcjonuje następująco. Po wprowadzeniu programu użytkowego i kontroli urządzeń, do EMC dostarcza się dane początkowe do strzelań: dane balistyczne, dane topograficzne i meteorologiczne o warunkach strzelań. Dane meteorologiczne napływają co godzinę z meteorologicznego zautomatyzowanego systemu artyleryjskiego AMETS (Artillery Meteorological System) lub z ogólnego systemu meteorologicznego NATO. Oprócz tego w ciągu 10 sekund do EMC z pulpitu sterowania wprowadza się współrzędne celów podlegających zniszczeniu, a EMC dokonuje niezbędnych obliczeń w zakresie przygotowania nastaw do strzelania dla każdego działa. Zastosowanie systemu FACE pozwoliło skrócić czas przygotowania danych grupowych do strzelań z 40 minut do 6 minut, przy czym możliwe jest prowadzenie celnego ognia bez konieczności uprzedniego wstrzeliwania się. Od chwili wprowadzenia informacji o celach do przekazania komend otwarcia ognia upływa 12 sekund. Wyniki realizacji zadań zobrazowane są na ekranie konsoli, a także mogą być przekazywane automatycznie do wskaźników odpowiednich baterii dla potrzeb kierowania ogniem.

Zautomatyzowany system kierowania ogniem artylerii BATES

System kierowania ogniem artylerii BATES (Batterfield Artillery Engagement System) planuje się wprowadzić w armii brytyjskiej po 1985 r. Głównym jego przeznaczeniem jest koordynacja działań artylerii w składzie dywizji pancernych BAR i Grupy Piechoty oraz samodzielnych dywizjonów artylerii. Będzie także wykorzystywany do kierowania bezpośrednim wsparciem lotniczym i planowania ognia artylerii konwencjonalnej i jądrowej.

W skład systemu wchodzą:

— sprzęt komputerowy wykorzystywany przez dowódców artylerii różnych szczebli dowodzenia (do dywizji włącznie) w procesie zbierania i opracowywania danych o celach, użycia własnych środków ogniowych, zaopatrzenia w amunicję itp.;
— komputery i urządzenia końcowe do obliczeń balistycznych przygotowania i przekazywania nastaw do stanowisk ogniowych dział;
— urządzenia przekazywania depesz od obserwatorów do komputerów;
— urządzenia do transmisji danych przy użyciu radiostacji nowego typu *Clansman* i sieci PTARMIGAN.

Budowa systemu BATES przebiega w trzech etapach:

— pierwszy — obejmował opracowanie wymagań i założeń projektowych, które rozpoczęto w lipcu 1976 r.;
— drugi — rozpoczęty pod koniec 1979 r., to budowa zasadniczych elementów systemu, która trwała ok. 3 lat;
— trzeci — produkcja zestawów systemu, które na początku drugiej połowy lat osiemdziesiątych mają wejść na wyposażenie wojsk.

Zautomatyzowany system dowodzenia SYCOMORE

W 1975 r. francuska firma SEFF zaprezentowała prototyp nowego zautomatyzowanego systemu dowodzenia SYCOMORE, który ma być stosowany na stanowisku dowodzenia korpusu armijnego lub dywizji. System SYCOMORE zbudowany jest w oparciu o EMC *IRIS 35M*, zainstalowany w klimatyzowanym kontenerze na samochodzie i zasilany z przewoźnego generatora. Wykorzystywana jest standardowa konfiguracja wraz z urządzeniem do transmisji i zobrazowania informacji, urządzeniem zbierania i przechowywania danych o aktualnej sytuacji oraz z urządzeniem do wizualnego przedstawiania sytuacji z zaznaczeniem

pozycji wojsk własnych i nieprzyjaciela (z możliwością okresowej oceny sytuacji i prognozą jej rozwoju).

Aktualna sytuacja na polu walki jest zobrazowywana na elektronicznej mapie za pomocą standardowych znaków taktycznych NATO i wyświetlana na dwóch konsolach wyposażonych w ekran o wymiarach 1×1 m (lub 0,5×0,5 m). Dodatkowe informacje są wyświetlane na alfaskopie. Współrzędne geograficzne przesyłane są łączami telewizyjnymi do różnych sekcji na stanowisku dowodzenia. Posiadane informacje pozwalają na wyświetlenie rozmieszczenia wojsk własnych i nieprzyjaciela. Informacje na ekranie są aktualizowane na bieżąco, w miarę napływu danych z rozpoznania. System pozwala zobrazować aktualne położenie i ugrupowanie wojsk nieprzyjaciela, kierunki uderzeń oraz określić i ocenić zamiary nieprzyjaciela. Informacje przechowywane w pamięci systemu są dostępne dla wszystkich użytkowników systemu SYCOMORE.

Spośród komputerów produkowanych przez francuski przemysł informatyczny, do wyposażenia armii francuskiej weszły przede wszystkim: komputer *IRIS 15M, IRIS 35M* i *IRIS 55M*. Komputer *15M* jest uniwersalny, przewoźny, zgodny układowo i programowo z minikomputerem *MITRA 15*. Pracuje w czasie rzeczywistym. Przewidziany jest do zastosowania w systemach kierowania ogniem artylerii, kierowania pociskami rakietowymi, rozpoznania powietrznego i podwodnego oraz do komutacji polowych łączy telefonicznych i telegraficznych. Procesor i pamięć operacyjna (16—32 kstów 16-bitowych) komputera mają budowę modułową. Wieloszynowa organizacja pamięci operacyjnej pozwala na połączenie 1—4 procesorów. Do komputera można dołączyć np. dalekopisy, czytniki taśmy papierowej, dziurkarkę taśmy papierowej, monitor ekranowy, drukarkę wierszową, pamięć taśmową i dyskową.

Komputer *IRIS 35M* jest uniwersalną EMC III generacji, średniej mocy obliczeniowej, przeznaczoną do pracy w czasie rzeczywistym. Dużą niezawodność uzyskuje się dzięki zastosowaniu automatycznej diagnostyki. Komputer może być budowany w dwóch wersjach:

— wersji standardowej zawierającej jednostkę centralną, pamięć operacyjną (16—64 kbajtów) i klasyczne układy wejścia-wyjścia. Znajduje ona zastosowanie jako urządzenie pokładowe do kierowania środkami walki, do przetwarzania i zobrazowania danych radiolokacyjnych itp.;
— wersji rozwiniętej, która jest wyposażona w pamięć operacyjną (do 262 kbajtów) oraz układ wejścia-wyjścia.

Komputer może pracować w systemach wielomaszynowych.

Zestaw montowany jest na przyczepie samochodowej. *IRIS 35M* może współpracować z typowymi urządzeniami peryferyjnymi oraz standardowymi urządzeniami wojskowymi, jak:

— monitor dalekopisowy (10 zn/s);
— szybki czytnik taśmy papierowej (500 zn/s);
— 1—6 jednostek pamięci dyskowej 1,2-Mbajtowej;
— minidysk 250 kbajtów;
— taśma magnetyczna;
— monitor ekranowy alfanumeryczny.

Podczas pracy komputera w czasie rzeczywistym stosuje się:

— łącza telekomunikacyjne;
— szybką minidrukarkę;
— specjalistyczne urządzenia zobrazowania;
— modemy.

Średni czas bezawaryjnej pracy wynosi 4000 godzin w warunkach stacjonarnych lub 2000 godzin w warunkach polowych.

Komputer *IRIS 55M* jest instalowany w pojazdach mechanicznych, samolotach i okrętach.

Przeznaczony jest do:

— kierowania ogniem prowadzonym z wozów bojowych;
— automatycznego przygotowania danych do prowadzenia ognia artylerii naziemnej i przeciwlotniczej oraz do kierowania pociskami rakietowymi klasy ziemia-powietrze;
— radiolokacyjnej kontroli sytuacji powietrznej;
— przetwarzania danych z rozpoznania i w procesie dowodzenia związkami taktycznymi;
— przetwarzania danych i kierowania środkami walki okrętów oraz jako koncentrator informacji w systemie transmisji danych.

W wersji standardowej komputer zawiera pamięć operacyjną (32—256 kbajtów), jednostkę centralną, umożliwiającą pracę w czasie rzeczywistym oraz procesor specjalny do pracy w pełnym dupleksie. Budowa modułowa pozwala na dodatkowe dołączenie pamięci i jednostek wejścia-wyjścia. Dzięki temu pamięć może być rozszerzona do 512 kbajtów. Średni czas pracy bezawaryjnej komputera wynosi 1700 godzin w warunkach normalnych. Z uwagi na dużą moc obliczeniową i niewielkie gabaryty komputer *IRIS 55M* może być również wykorzystywany jako komputer pokładowy.

Zautomatyzowany taktyczny system kierowania wojsk rakietowych i artylerii ATILA

W oparciu o komputer *IRIS 15M* zbudowano w armii francuskiej taktyczny system kierowania wojsk rakietowych i artylerii ATILA (Automatisiation de Tir de l'Artillerie). System ten obejmuje:

— 6 baterii po 6 dział;
— 36 punktów obserwacyjnych;
— obszary rażenia: 10 dla baterii;
— liczba celów: 150.

W zakresie kierowania ogniem system ATILA realizuje:

a) przygotowanie danych początkowych takich, jak:
— dane balistyczne (tor lotu pocisku dla dział wszystkich kalibrów, różnych rodzajów pocisków i ładunków),
— dane topograficzne (azymuty, odległość, przewyższenia, przejścia na odpowiednie snopy, współrzędne, przejścia z jednego układu współrzędnych na inny),
— dane meteorologiczne (meldunki ze stacji meteorologicznych *STANAG 4082*, *STANAG 4061* i inne);

b) rozwiązywanie zadań ogniowych:
— określanie według priorytetów kolejności obezwładniania (niszczenia) celów,
— wybór jednostek ogniowych stosownie do ich możliwości i potrzeb obezwładniania celów,
— wybór rodzaju pocisku i obliczanie zużycia amunicji w zależności od rodzaju celu i zaplanowanego stopnia obezwładnienia.

Ponadto system zapewnia zautomatyzowane przekazywanie zapotrzebowań ogniowych do stanowisk dowodzenia (punktów kierowania ogniem), komend ogniowych na stanowiska ogniowe, danych o aktualnym stanie i położeniu dział na stanowiskach ogniowych oraz innych informacji, jak rozkazy, meldunki z rozpoznania itp. Czas przekazywania informacji w systemie ATILA między dowolnymi punktami jest krótszy niż 2 sekundy. W stosunku do tradycyjnych systemów przesyłania informacji współczynnik zmniejszenia czasu transmisji w systemie wynosi 1/20.

Nowy model systemu obejmuje 8 połączonych ze sobą zestawów do przetwarzania danych, w tym 2 zestawy z komputera *IRIS 35M* (dla szczebla pułk-bateria), urządzenia nadawcze (dla wysuniętych punktów obserwacyjnych) oraz wskaźniki kontroli ognia dla dział (wyrzutni rakietowych). Z systemem ATILA wiązane są duże nadzieje, z uwagi na zastosowanie go do kierowania ogniem

taktycznej broni jądrowej (*Pluton*) oraz w pułkach samobieżnych haubic *GCT* 155 mm. Dużą możliwość systemu uzyskano dzięki zainstalowaniu sprzętu informatycznego i łączności w kontenerach, przewożonych samochodami lub śmigłowcami i w wozach bojowych typu *AMX-10 Ps*. System charakteryzuje wysoki stopień automatyzacji, zapewniający przetwarzanie danych niezbędnych do prowadzenia ognia oraz szybkie przesyłanie informacji (np. z punktów operacyjnych i rozpoznania, danych balistycznych, komend ogniowych itp.) z całkowitym ich utajnieniem (począwszy od wysuniętych obserwatorów do dział lub wyrzutni poprzez urządzenia na stanowiskach dowodzenia pułku, batalionu lub baterii). Sygnał do otwarcia ognia przesyłany jest z komputera automatycznie na stanowiska ogniowe.

System ATILA zapewnia wysoki stopień skuteczności wsparcia artyleryjskiego w natarciu, ograniczając także zużycie amunicji. Ponadto do zalet tego systemu zalicza się:

— skrócenie czasu podjęcia decyzji na stanowisku dowodzenia dowódcy pułku;
— racjonalne wykorzystanie informacji z punktów obserwacyjnych;
— wysoką sprawność i skuteczność ognia;
— ekonomiczną gospodarkę amunicją;
— wysoką operatywność działania wojsk.

Zautomatyzowany taktyczny system łączności RITA

Omawiając główne przedsięwzięcia związane z rozwojem informatyki i łączności w armii francuskiej należy wspomnieć o systemie integrującym niejako omówione systemy szczebla taktycznego (SYCOMORE, ATILA). Jest nim zintegrowany, zautomatyzowany taktyczny system łączności RITA (Resau Integre de Transmissions Automatique), zapewniający automatyczną łączność do szczebla korpusu włącznie. Prace nad systemem RITA prowadzi się od 1962 r. Uważa się, że w chwili obecnej jest to jeden z najnowocześniejszych wojskowych systemów łączności, integrujący wszystkie rodzaje przesyłania informacji.

W węzłach sieci RITA znajdują się komputery realizujące proces sterowania przepływem informacji z sieci i automatyczne wybieranie abonentów. W kanałach telefonicznych zapewniona jest transmisja danych cyfrowych i wymiana telegraficzna.

W systemie realizowana jest priorytetowa obsługa informacji oraz zapewnienie łączności w przypadku przerwania łączy. W obszarze działania korpusu (3000—5000 km^2) znajduje się około 1200 indywidualnych abonentów telefonicznych, 1200 abonentów

radiowych i 200 abonentów telegraficznych. Wymaga to zatem pełnego wykorzystania możliwości i kompatybilności elementów systemu, zapewnienia odpowiedniego stopnia utajnienia i zabezpieczenia połączeń przed zniszczeniem, w tym będącym skutkiem uderzeń jądrowych.

W porównaniu z klasycznymi systemami łączności do zalet systemu RITA zalicza się:

— wyższą jakość przesyłania informacji ze względu na większe możliwości regenerowania sygnałów cyfrowych;
— wyższy poziom utajnienia;
— mniejsze rozmiary sprzętu ze względu na wysoki stopień integracji logicznych bloków poszczególnych modułów;
— wielodostęp umożliwiający transmisję sygnałów cyfrowych drogą kablową;
— wykorzystanie łączności laserowej.

Charakteryzując stopień rozwoju automatyzacji w armii francuskiej, należy przede wszystkim podkreślić, że zostały w niej stworzone możliwości zastosowania własnego, zintegrowanego systemu dowodzenia i kierowania środkami walki. Oznacza to możliwość współpracy systemów ATILA, RITA, SYCOMORE, NBC (system powiadamiania) z systemem obrony przeciwlotniczej. Z tego natomiast wynikają następujące udogodnienia:

— natychmiastowy praktycznie dostęp do niezbędnych w dowodzeniu informacji i możliwości ich przetwarzania zgodnie z potrzebami;
— przesyłanie utajnionych informacji do wszystkich szczebli taktycznych;
— informowanie na żądanie sztabów i dowództw o aktualnej sytuacji;
— rozwiązywanie zadań taktycznych na podstawie danych przechowywanych w systemie informatycznym;
— znaczne przyspieszenie obiegu informacji i kierowania środkami walki.

4.4. Uwagi ogólne odnoszące się do zautomatyzowanych systemów dowodzenia wojsk lądowych NATO

Zasadniczy wniosek wypływający z ogólnej analizy wybranych systemów informatycznych wprowadzanych do wyposażenia sił lądowych NATO w latach siedemdziesiątych, a których rozwój przewidywany jest na lata osiemdziesiąte, sprowadza się do stwierdzenia, że nadając wielkie znaczenie automatyzacji systemów dowodzenia i kierowania ogniem, wyciągnięto wiele wnios-

ków praktycznych z doświadczeń uzyskanych w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych. Wnioski te szczególnie wyraźnie uwidaczniają się w dążeniu do kompleksowości rozwiązań projektowych i integracji funkcjonujących dotychczas systemów. Tendencja ta wyraźnie przeciwstawia się istniejącemu jeszcze na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych pewnemu partykularyzmowi w dziedzinie automatyzacji. Obserwowany jest także przyspieszony transfer osiągnięć naukowo-technicznych i technologicznych w dziedzinie informatyki do sfery zastosowań militarnych.

Wyrazem tendencji integracyjnych jest dążenie do zespolenia wielu bojowych systemów „dowodzenia i kontroli", tzw. C2 (Command, Control) w wojskach lądowych USA, zgodnie z programem zatwierdzonym w 1977 r. Program ten powstał w wyniku analizy doświadczeń z wojen lokalnych oraz koncepcji prowadzenia przyszłych wojen konwencjonalnych i z użyciem broni jądrowej. Analizie poddano następujące elementy systemowe, począwszy od Departamentu Wojsk Lądowych do brygady:

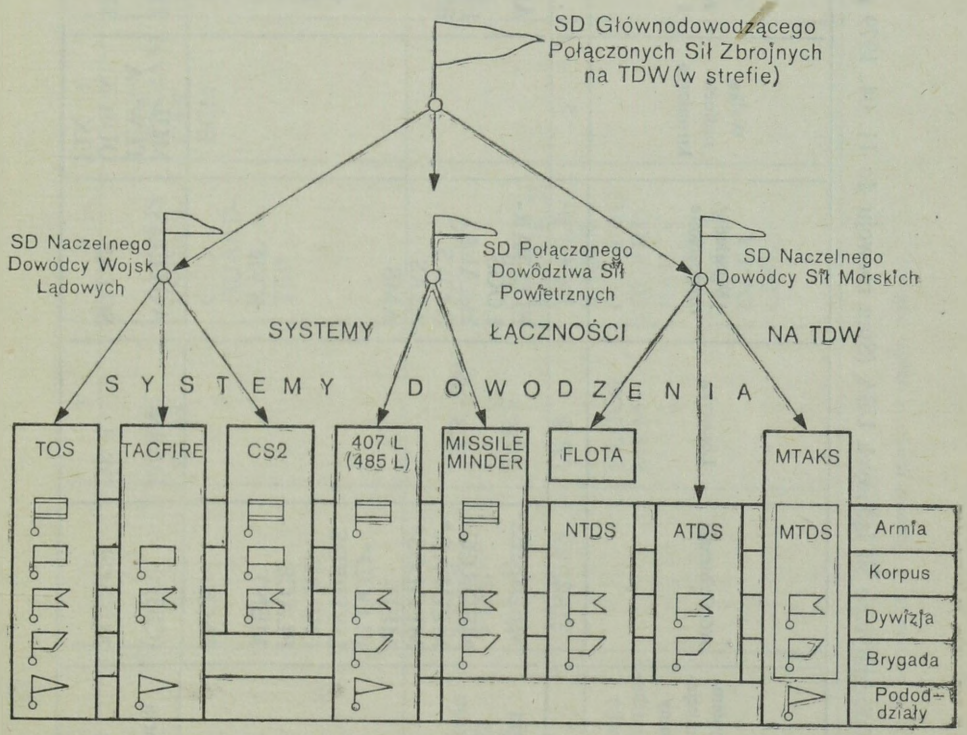
— wywiad, rozpoznanie i określanie celów (ISTA);
— łączność, zbieranie i przetwarzanie danych (DCP);
— środki i metody dowodzenia;
— środki techniczne znajdujące się w ośrodkach dowodzenia i kontroli (od centrum operacyjnego wojsk lądowych AOC, aż do stanowisk brygady w polu).

W celu określenia punktów krytycznych systemu dowodzenia (maksymalnego obciążenia) rozpatrywano różne scenariusze walki (operacji) prowadzonej przez siły zbrojne USA i innych państw NATO z siłami zbrojnymi Układu Warszawskiego. Dla każdego scenariusza zostały określone potrzeby informacyjne dowództw i sztabów, które następnie porównywano z możliwościami systemów obecnie stosowanych i przewidywanych do 1985 r. oraz planowanych po 1985 roku. Jeden z głównych wniosków brzmiał: aktualnie stosowane systemy łączności nie zdołają zaspokoić ilościowych i jakościowych potrzeb organów dowodzenia w latach 1985—1995.

Przyjęto, że podstawowym polowym systemem łączności w latach 1985—1995 będzie system oparty na zintegrowanym taktycznym systemie łączności INTACS z automatyczną komutacją. W wysuniętych elementach ugrupowania zamierza się stosować rozszerzony system radiostacji, w którym będzie istniała możliwość transmisji danych cyfrowych i informacji przekazywanych głosem. Stosowane w przyszłości radiostacje będzie cechować możliwość współpracy z radiostacjami wykorzystywanymi obecnie w armiach NATO. W celu zwiększenia gęstości sieci znajdą

zastosowanie środki łączności satelitarnej. Rozpatruje się także użycie ruchomego systemu transmisji danych z podziałem czasu. W chwili obecnej systemami tego typu są: połączony system taktyczny dystrybucji informacji JTIDS oraz, zbliżony do niego, system określania położenia i przekazywania meldunków PLRS. Natomiast na ich bazie ma powstać doskonalszy system tzw. hybrydowy system dystrybucji danych wojsk lądowych ADDS. W dziedzinie „wywiadu, rozpoznania i określania celów", gdzie występuje bardzo duża liczba danych o nieprzyjacielu (ENSIT) i wojskach własnych (FIENDSIT), nieprzerwaną łączność zapewnia zwielokrotnienie kanałów łączności w sieci SINCGARS (UKF/FM) oraz pojedyncza i wielokanałowa sieć łączności satelitarnej SATCOM. Zagęszczenie łączności skraca odległość między węzłami, zmniejszając podatność na zakłócenia, co też zostało uzyskane w systemie TACSAT (m.in. dzięki przejściu z fal centymetrowych na milimetrowe).

Rozwój systemów przesyłania informacji jest, między innymi, wyrazem współczesnej tendencji integracyjnej w postaci sieci teleinformatycznych (sieci komputerowych). W armii USA ten-



Rys. 4.7. System dowodzenia sił zbrojnych USA na TDW

Tabela 4.1

Systemy informatyczne sił lądowych USA (Stan rozwoju do 11. 04. 1979 r.)

Stan rozwoju ilość / System funkcjonalny (użytkownik)	Administracja	Logistyka	Wywiad rozpoznanie	Walka radioelektroniczna	Wojska rakietowe i artyleria	Wojska obrony przeciwlotniczej	Wojska inżynieryjne	Dowództwa i sztaby	C2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kategoria I 27	MEDIMES* MEDREG* MEDPAR* MEDLOS* MED-BLOOD* DYSPEDS CSJ RE-PLACE MENT JACS		ELO-TAR-LOGS HAALS RAWS ASAS AMS		APPS II FAMAS BSTAR	ADEWS DADC 3 DAR	ARTINS	PACKET RADIO ITOS MESE ADDS SDA CEM PROD FACI-LITY ATFES	
Kategoria II 28	(CS3) TUFMIS	DAS 3 DS 4	AGTELIS SOTAS	MUI-TEWS-A QUICK FIX	TPO-36 TPO-37	CCS (PAT-RIOT)		TTC-39 TVC-39	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		SAMS SAAS	TACELIS ENHAN- CED GUARD- RAIL TEP	TACJAM CAS ECM	APPS PIP (PHO- TOLO- GATOR) PADS BCS RPY			TCCF PIRS	
Kategoria III 15	STAN- FINS** (CS 3) SIPPERS	NCR 500 SAILS CS 3 DLOGS MRM	MAGIC QUIC- KLOOK II TRAILB- LAZER COMFAC GUARD- RAIL V INTER- IMSLAR DATA LINK		TAC- FIRE	TSO-73			

* Opracowano tylko oprogramowanie.

** Działają w korpusach w Europie (tylko w czasie pokoju).

Tabela 4.2

Charakterystyka podstawowych typów maszyn cyfrowych w zautomatyzowanych systemach kierowania ogniem artylerii w armiach zachodnich

Typ EMC	*IRIS-35 M*	*AN/GYK-12*	*ELLIOT MC 920 B*	*TR-84 M*	*SM-302 M*
Nazwa kraju producenta	Francja	USA	W. Brytania	RFN	Norwegia
Nazwa zautomat. systemu kierowania	ATILA	TACFIRE	FACE	FALKE	ODYN
Technologia układu	układy scalone	monolityczne układy scalone	układy scalone	układy scalone	układy scalone, tranzystory
Szybkość [tys. op./s]	300	300	250	250	300—400
Czas cyklu pamięci [μs]	1,2	1,8	2,0	2,0	0,8
Długość słowa [bity]	8	32	18	18	16
Pojemność pamięci [tys. słów]	16—256	32—128	8—32	8—16	16—65
Masa [kg]	60	—	45	61,3	67
Objętość [dcm^3]	50	—	90	98	120
Zakres temperatur pracy [°C]	$-35 \div +40$	$-40 \div +71$	$-32 \div +52$	$-25 \div +55$	$-40 \div +55$
Średni czas pracy bezawaryjnej [h]	—	ponad 1000	ponad 1000	ponad 1000	ponad 2000

dencja ta przejawia się w postaci programu badawczo-rozwojowego, którego celem są tzw. systemy C3 (Command, Control, Communication), czyli „systemy dowodzenia, kontroli i łączności" (rys. 4.7) *.

Ogólnie systemy informatyczne wojsk lądowych lub tzw. system automatyzacji pola bitwy w armii USA dzieli się, ze względu na stan zaawansowania prac projektowo-rozwojowych, na trzy kategorie:

— systemy kategorii I — znajdujące się aktualnie w fazie koncepcji;

— systemy kategorii II — opracowane, znajdujące się w fazie rozwojowej;

* Koncepcja C3 oznacza pełną integrację organizacyjno-techniczną dowodzenia, kontroli i łączności. Szczególna rola przypada tu zintegrowanym systemom łączności, takim jak np. zintegrowany taktyczny system dystrybucji informacji ITIDS (Joint Tactical Information Distribution System).

— systemy kategorii III — całkowicie opracowane, produkowane i instalowane w wojskach.

W tabeli 4.1 przedstawiono stan systemów informatycznych na dzień 11.04.1979 r., z podziałem na kategorie i systemy funkcjonalne użytkowników. Natomiast w tabeli 4.2 zamieszczono zestawienie podstawowych komputerów stosowanych w zautomatyzowanych systemach kierowania ogniem w wojskach lądowych armii państw NATO. Wynika z tego, że możliwości obliczeniowe tych komputerów nie odbiegają w zasadzie od możliwości komputerów uniwersalnych, natomiast odznaczają się spełnieniem podwyższonych wymagań eksploatacyjnych.

4.5. Zautomatyzowane systemy dowodzenia sił powietrznych i obrony powietrznej

Zautomatyzowany system obrony powietrznej i systemy dowodzenia sił powietrznych (zwłaszcza o zasięgu strategicznym) należały do pierwszych systemów informatycznych, które można określić jako wielkie, a które jako pierwsze w armii Stanów Zjednoczonych zostały zaprojektowane i wdrożone. Funkcjonują one od blisko trzydziestu lat i są permanentnie doskonalone. Systemy te są dość dobrze znane i szeroko opisywane w literaturze specjalistycznej. Z tego powodu poświęcimy uwagę wybranym systemom i okresowi ich rozwoju przypadającemu na lata siedemdziesiąte i osiemdziesiąte. W tych przypadkach, w których to będzie możliwe, zastanowimy się nad perspektywami ich rozwoju.

Podstawowymi zautomatyzowanymi systemami dowodzenia sił powietrznych USA są:

— system dowodzenia strategicznych sił powietrznych SACCS 465 L;

— system dowodzenia sił powietrznych 473 L;

natomiast system NORAD 425 L jest połączonym systemem obrony powietrznej kontynentu amerykańskiego.

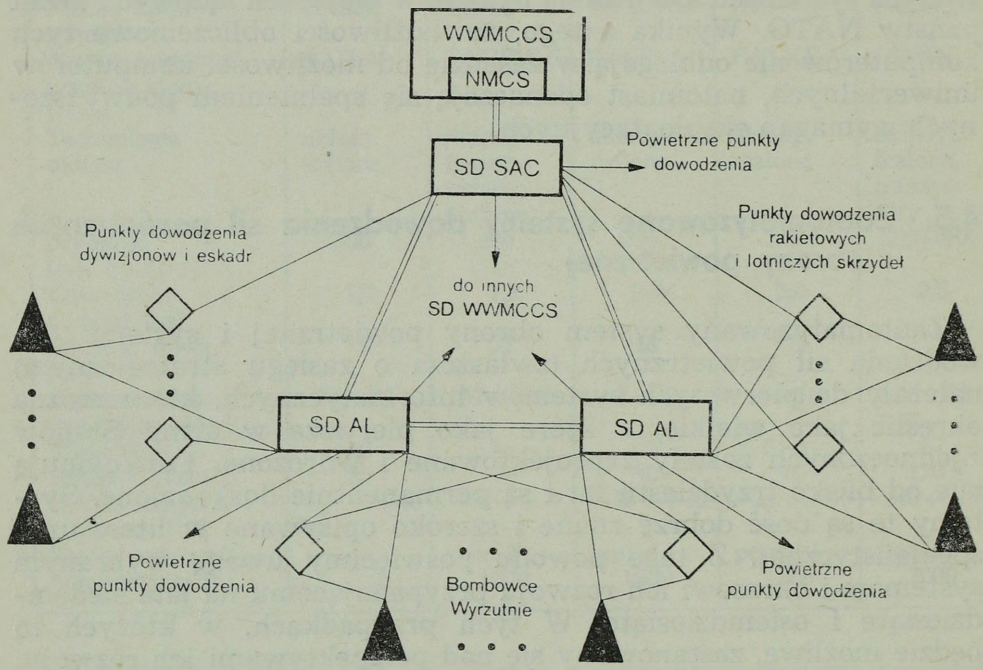
Powyższe systemy są sprzężone z globalnym i narodowym systemem operacyjnego dowodzenia (WWMCCS i NMCS).

System dowodzenia strategicznych sił powietrznych 465 L SACCS

Dowództwo strategicznych sił powietrznych USA — SAC (Strategic Air Command) podlega bezpośrednio naczelnemu kierownictwu wojskowo-politycznemu. Strategiczne siły powietrzne obejmują lotnictwo strategiczne i międzykontynentalne balistyczne

pociski rakietowe, podzielone organizacyjnie na trzy armie lotnicze i samodzielną dywizję pocisków rakietowych.

System 465 L — SACCS (Strategic Air Command Control System) ma strukturę hierarchiczną, w której najwyższe organa — punkty dowodzenia dowództwa SAC i podległych mu armii lotniczych — są połączone bezpośrednio z NBCS (WWMCCS). Punkty dowodzenia armii lotniczych są jednocześnie punktami zapasowymi dla dowództwa SAC. W systemie istnieje możliwość bez-



Rys. 4.8. Struktura zautomatyzowanego systemu dowodzenia SACCS-465 L

pośredniego przekazywania rozkazów do załóg bombowców znajdujących się w powietrzu oraz do baz lotniczych i rakietowych z punktów dowodzenia armii lotniczych, dowództwa SAC oraz punktów naczelnego kierownictwa wojskowo-politycznego (rys. 4.8).

System umożliwia:

— zbieranie, przesyłanie, przechowywanie, przetwarzanie i zobrazowanie informacji o nieprzyjacielu, o siłach i środkach własnych, o sytuacji meteorologicznej itp.;
— planowanie operacji i materiałowo-technicznego zabezpieczenia, utrzymywania gotowości bojowej itp.;
— przekazywanie rozkazów do wojsk;
— prowadzenie ćwiczeń z wojskami.

Najważniejszym ogniwem systemu jest centrum przetwarzania informacji kwatery głównej SAC, zlokalizowane w bazie lotniczej Offhut (Nebraska). W całym zaś systemie można wydzielić pięć podstawowych podsystemów:

— podsystem zbierania i przetwarzania danych;
— podsystem planowania działań bojowych;
— podsystem zobrazowania danych;
— podsystem informacyjny;
— podsystem łączności z globalnym systemem teleinformatycznym AUTODIN.

Podsystem zbierania i przetwarzania danych wyposażony jest w dwa specjalizowane systemy liczące H 6080 (o szybkości ok. 2 mln. operacji/sekundę), z których jeden traktowany jest jako komputer rezerwowy. Realizuje on następujące zadania:

— zbieranie, przechowywanie i uaktualnianie oraz przetwarzanie danych o stanie ilościowym i stanie gotowości bojowej sił i środków własnych, ich lokalizacji, możliwościach itp.;
— zbieranie i przetwarzanie danych o nieprzyjacielu (np. dane o obiektach administracji państwowej i gospodarki narodowej jako obiektach ewentualnego ataku, o środkach systemu obrony powietrznej, o rozmieszczeniu lotnisk i stanowisk pocisków rakietowych, a także niektóre dane taktyczno-techniczne samolotów itp.);
— przygotowanie ścisłych danych do zobrazowania bieżącej sytuacji (np. wykryte starty pocisków rakietowych nieprzyjaciela i rozpoznane działania jego lotnictwa, rozmiary strat i ocena skażeń terytorium spowodowanych wybuchami jądrowymi itp.).

Podsystem realizuje zadania, wykorzystując informacje napływające z: jednostek podległych, systemu zbierania danych rozpoznawczych (438L), systemów ostrzegania przed napadem powietrznym międzykontynentalnych balistycznych pocisków rakietowych (410L, 474L, 474 N), globalnego systemu wykrywania i śledzenia obiektów kosmicznych (496L), systemu powiadamiania o wybuchach jądrowych (477L), połączonego systemu obrony powietrznej Ameryki Płn. (NORAD), systemu meteorologicznego i innych.

W zakresie przetwarzania danych meteorologicznych centrum przetwarzania danych kwatery głównej SAC współpracuje z ośrodkiem globalnego zautomatyzowanego systemu meteorologicznego SOFNET-433L, dysponującego komputerem *UNIVAC-1108*. Dane meteorologiczne są niezbędne do obliczeń toru lotu pocisków rakietowych, prognoz meteorologicznych na trasach lotu samolotów bombowych itp.

Podsystem planowania działań bojowych tworzy zespół oficerów dysponujący komputerem *IBM 360/44*. Opracowuje różne warianty użycia posiadanych sił i środków, planuje uderzenia lotnictwa i środków rakietowych, trasy przelotu, rodzaje i liczbę ładunków dla poszczególnych zadań itp.

Podsystem zobrazowania danych pozwala śledzić sytuację w czasie rzeczywistym na czterech ekranach o wymiarach 4,8×4,8 m, wykorzystując 20 specjalnych projektorów. Pozostałe informacje przechowywane w pamięci komputerów wyświetlane są na żądanie na indywidualnych i zbiorowych monitorach i tablicach świetlnych lub drukowane za pomocą drukarek.

Głównym elementem rozwiniętego podsystemu informatycznego jest tzw. centrum komutacji informacji, wyposażone w dwa specjalizowane procesory komunikacyjne firmy ITT (w tym jeden rezerwowy). Centrum kieruje przepływem wszelkiej informacji przez kwaterę główną, a w szczególności:

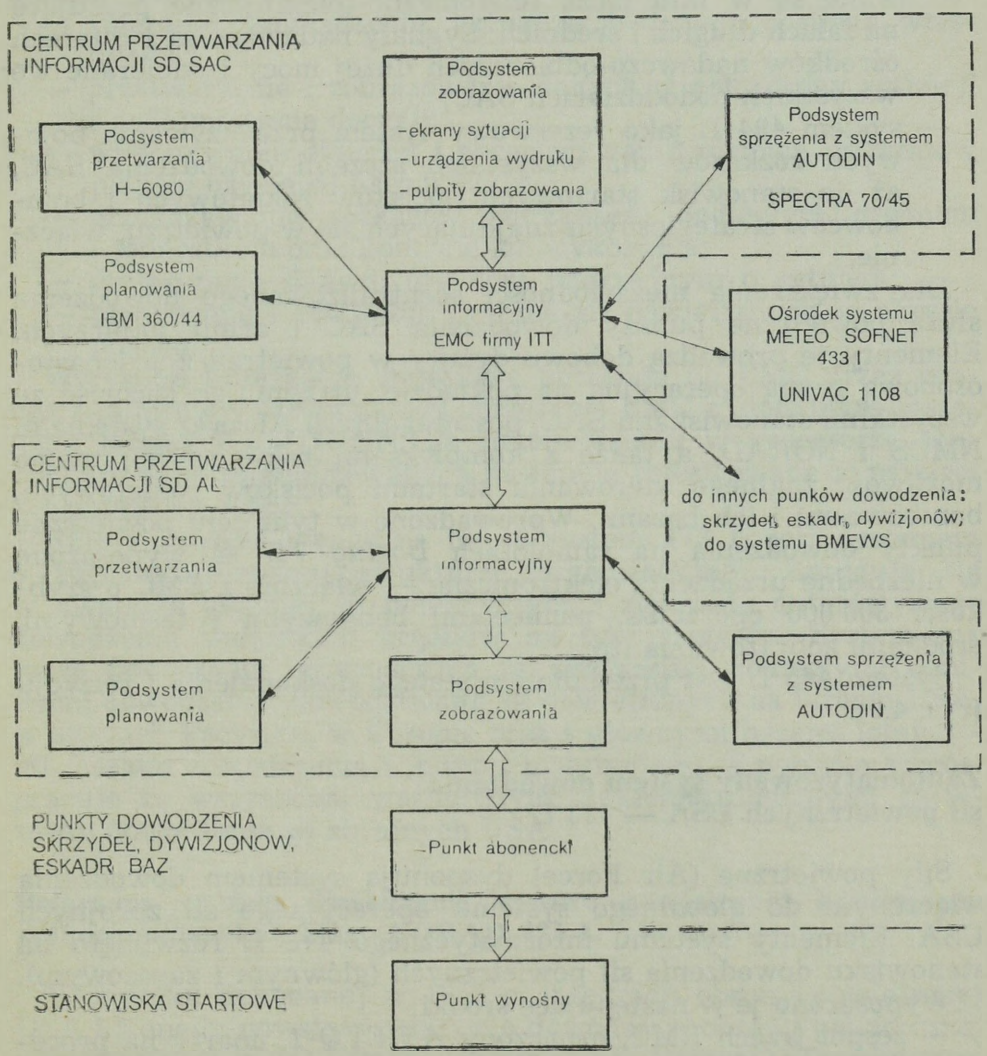
— zbiera dane z zapasowych punktów dowodzenia oraz z jednostek podległych, rejestruje je i przesyła do odpowiedniego adresata;
— pośredniczy w przekazywaniu sygnałów alarmowych i innych;
— realizuje sprzężenie z podobnymi systemami komutacji armii lotniczych, z elementami systemów niższych szczebli dowodzenia, z systemami wczesnego wykrywania startów pocisków rakietowych BMEWS-474L i IMEWS-647L, z punktami dowodzenia systemów WWMCCS, NMCS i NORAD, z systemem meteorologicznym i innymi za pośrednictwem systemu SATEN oraz zintegrowanych globalnych systemów łączności — fonicznej AUTOFON i cyfrowej AUTODIN;
— kontroluje stan kanałów łączności i zapewnia odpowiednią elastyczność podsystemu informatycznego oraz wiarygodność przesyłania informacji.

Podobne centrum komutacji informacji znajduje się na stanowisku dowodzenia armii lotniczej, które połączone jest z kwaterą główną za pomocą 32 dupleksowych kanałów łączności cyfrowej, a ponadto 80—90 kanałów zapewnia z niego przesyłanie informacji do niższych szczebli dowodzenia.

Podsystem sprzężenia z globalnym systemem łączności AUTODIN został zrealizowany na bazie dwóch EMC typu *SPECTRA 70/45* firmy RCA. Umożliwia on przede wszystkim wymianę informacji z systemami nadrzędnymi i współdziałającymi.

Punkty dowodzenia poszczególnych armii lotniczych, jako zapasowe punkty dowodzenia SAC, są wyposażone w podobne tech-

niczne środki automatyzacji. Natomiast w punktach dowodzenia skrzydeł, dywizjonów i eskadr zainstalowano przede wszystkim urządzenia końcowe (terminale), takie jak: urządzenia drukujące i pulpity „zapytań" oraz urządzenia utajnionej łączności, tworząc punkty abonenckie. Na startowych stanowiskach pocisków rakietowych znajduje się proste urządzenie drukujące do przekazywania (otrzymywania) rozkazów i komend, tworząc tzw. punkty wynośne.



Rys. 4.9. Struktura funkcjonalna systemu dowodzenia strategicznych sił powietrznych SACCS-465

W przypadku zakłóceń ogniw pośrednich systemu 465 L lub systemu łączności — dowodzenie odbywa się okrężnymi, zdublowanymi kanałami łączności przewodowej, radioliniowej i radiowej (KF, UKF). Dla niezawodnego i szybkiego przekazywania rozkazów kierownictwa wojskowo-politycznego USA do nosicieli broni jądrowej SAC przewidziano dodatkowe dwa zautomatyzowane systemy łączności:

— system 487 L — przeznaczony do dowodzenia siłami i środkami SAC w sytuacjach zakłóceń łączności KF i UKF (np. z powodu powietrznych wybuchów jądrowych). Wykorzystywane są w nim łącza telefoniczno-telegraficzne pracujące na falach długich i średnich. Sygnały nadawane są z czterech ośrodków nadawczo-odbiorczych dużej mocy i odbierane we wszystkich pododdziałach SAC;

— system 494 L jako rezerwowy system przekazywania bojowych rozkazów dla wszystkich szczebli dowodzenia SAC, aż do stanowisk startowych pocisków rakietowych i bombowców strategicznych znajdujących się w powietrzu, włącznie.

Dla zwiększenia niezawodności scentralizowanego dowodzenia służą powietrzne punkty dowodzenia SAC i armii lotniczych. Elementy te prowadzą dobowe dyżury w powietrzu z jedenastoosobową grupą operacyjną na pokładzie, utrzymując łączność ze wszystkimi stanowiskami SAC, poszczególnych AL oraz systemami NMCS i NORAD, a także z kompleksami rakietowymi, mając możliwość zdalnego kierowania startami pocisków rakietowych, bombowcami i ich bazami. Wprowadzone w tym celu powietrzne punkty dowodzenia na samolotach *Boeing 747* są wyposażone w niezbędne urządzenia elektroniczne — włącznie z EMC o szybkości 300 000 operacji/s, pamięciami bębnowymi i taśmowymi, środkami zobrazowania itp.

System 465 L jest przedmiotem stałego doskonalenia i rozwoju (rys. 4.9).

Zautomatyzowany system dowodzenia sił powietrznych USA — 473 L

Siły powietrzne (Air Force) dysponują systemem dowodzenia włączonym do globalnego systemu operacyjnego sił zbrojnych USA. Elementy systemu informatycznego 473 L rozwinięto na stanowisku dowodzenia sił powietrznych (głównym i zapasowym).

Wyposażono je w następujące środki:

— zespół trzech EMC, oznaczony *AN/FYQ-1*, oparty na procesorach *L-3055;*

— 12 wskaźników ekranowych obserwacji sytuacji;
— 5 stanowisk projekcyjnych z ekranami zobrazowania zbiorczej sytuacji;
— jednostki pamięci dyskowej;
— procesor komunikacyjny;
— urządzenia peryferyjne itp.

System 473 L umożliwia automatyczne przekazywanie różnych danych (rozkazy, zarządzenia) ze stanowiska dowodzenia sił powietrznych do globalnego systemu operacyjnego dowodzenia, do systemu NORAD oraz:
— zbieranie, gromadzenie, aktualizację danych o siłach własnych;
— przetwarzanie i zobrazowanie danych w celu oceny sytuacji i podejmowania decyzji;
— wykonywanie obliczeń i opracowywanie różnych wariantów planów użycia sił i środków;
— przekazywanie rozkazów (zarządzeń) podległym organom i jednostkom oraz kontrolę ich wykonania;
— dostarczanie danych organom nadrzędnym o sytuacji;
— planowanie i realizacja ćwiczeń sił powietrznych w okresie pokoju.

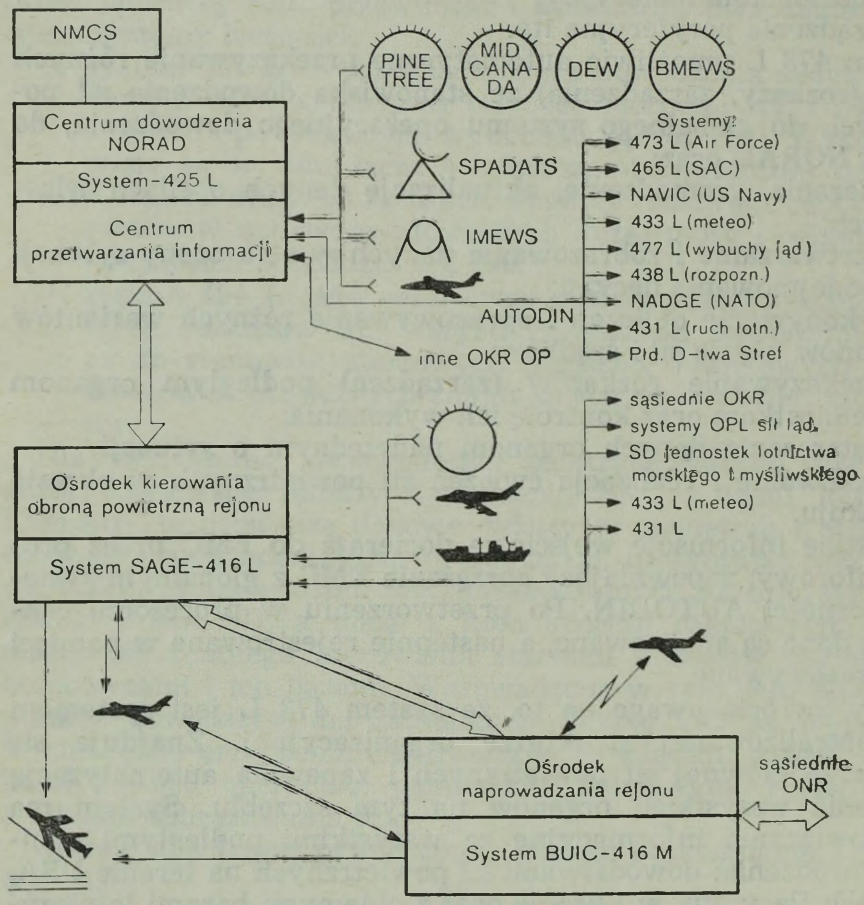
Wszystkie informacje wejściowe docierają do EMC przez procesor buforowy, zapewniający sprzężenie EMC z globalnym systemem łączności AUTODIN. Po przetworzeniu w procesorze centralnym dane są analizowane, a następnie rejestrowane w pamięci lub zobrazowywane.

Należy zwrócić uwagę na to, że system 473 L jest systemem o zdecentralizowanej strukturze organizacyjnej. Znajduje się w kwaterze głównej sił powietrznych i zapewnia automatyzację dowodzenia wszystkich organów na tym szczeblu. System ma także powiązania informacyjne ze wszystkimi podległymi ogniwami dowodzenia: dowództwami sił powietrznych na terenie USA, w strefach Pacyfiku, w Europie oraz z głównymi bazami lotniczymi, bazami zaopatrzenia i innymi instytucjami, a ponadto współpracuje ze wszystkimi ważniejszymi zautomatyzowanymi systemami dowodzenia sił zbrojnych USA.

Połączony system dowodzenia obrony powietrznej kontynentu północnoamerykańskiego NORAD-425 L

W wyniku dokonanej w 1957 r. integracji obrony powietrznej USA i Kanady powstało połączone dowództwo obrony powietrznej kontynentu NORAD (North American Air Defense). Zasadniczym celem sił i środków obrony powietrznej NORAD jest obrona kon-

tynentu przed napadem lotniczych, rakietowych i kosmicznych środków przenoszenia broni jądrowej (rys. 4.10). Na szczeblu dowództwa NORAD funkcjonuje zautomatyzowany system dowodzenia 425 L rozwinięty w centrum dowodzenia w Cheyenne w stanie Colorado (rys. 4.11).

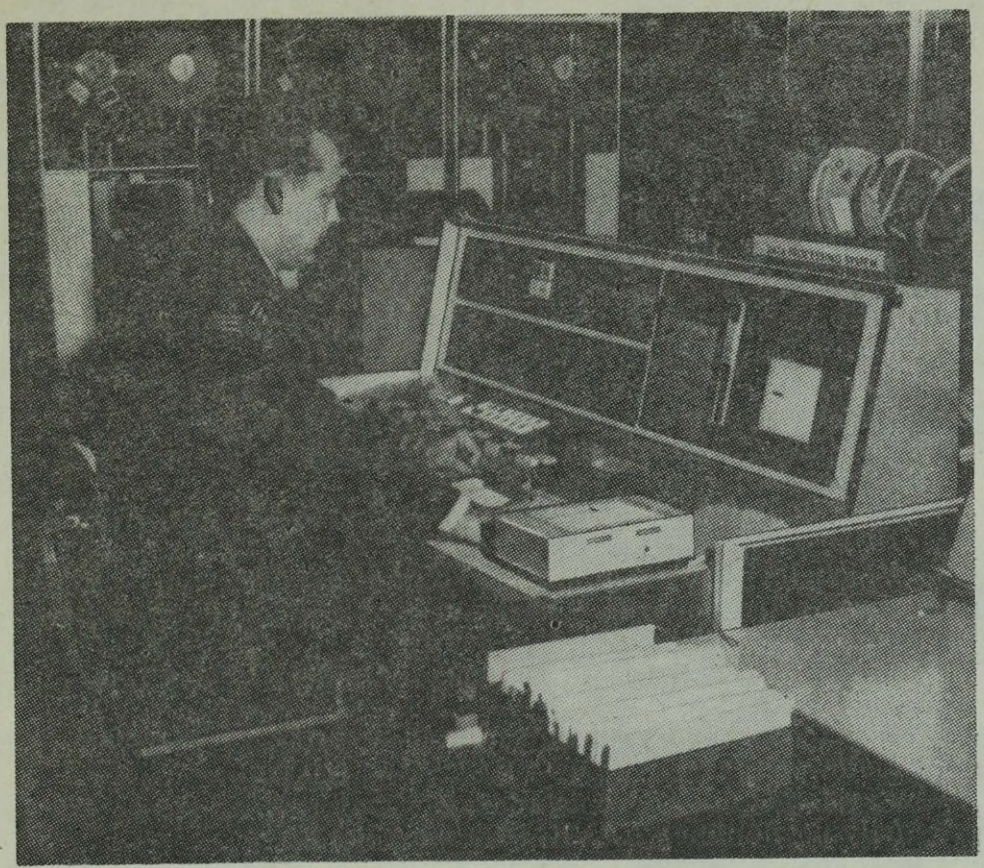


Rys. 4.10. Struktura funkcjonalna zautomatyzowanego systemu dowodzenia obroną powietrzną kontynentu północnoamerykańskiego NORAD

System 425 L umożliwia:

— zbieranie, przetwarzanie oraz zobrazowanie danych o sytuacji powietrzno-kosmicznej, w tym opracowanie informacji zbiorczej o celach powietrznych w obszarze podległym NORAD;

— powiadomienie kierownictwa wojskowo-politycznego i in-



Rys. 4.11. Przykład stanowiska operatora systemu liczącego w centrum systemu NORAD w Cheyenne Mountain

nych dowództw oraz organów obrony cywilnej o groźbie napadu powietrznego;

— kontrolę stanu gotowości bojowej sił i środków obrony powietrznej;

— ocenę sytuacji i przygotowanie wariantów odparcia napadu powietrznego;

— kierowanie operacyjne działaniami bojowych środków obrony powietrznej w trakcie odpierania napadu powietrznego.

Strukturę systemu tworzą:

a) cztery tzw. linie dalekiego wykrywania środków napadu powietrznego przeciwnika:

— linia PINE TREE (wzdłuż granicy USA — Kanada),

— linia MID-CANADA (przez środek terytorium Kanady),

— linia DEW (od Alaski przez Grenlandię do Wielkiej Brytanii),
— linia BMEWS (w ramach systemu BMEWS-474L);

b) systemy dowodzenia obroną przeciwlotniczą na obszarze kontynentu (416 L SAGE i 416 M BUIC);

c) siły i środki obrony powietrznej wszystkich rodzajów wojsk USA i Kanady (np. systemy OPL wojsk lądowych MISSILE MINDER).

Ponadto w systemie wykorzystywane są informacje pochodzące z wielu innych systemów, np.:

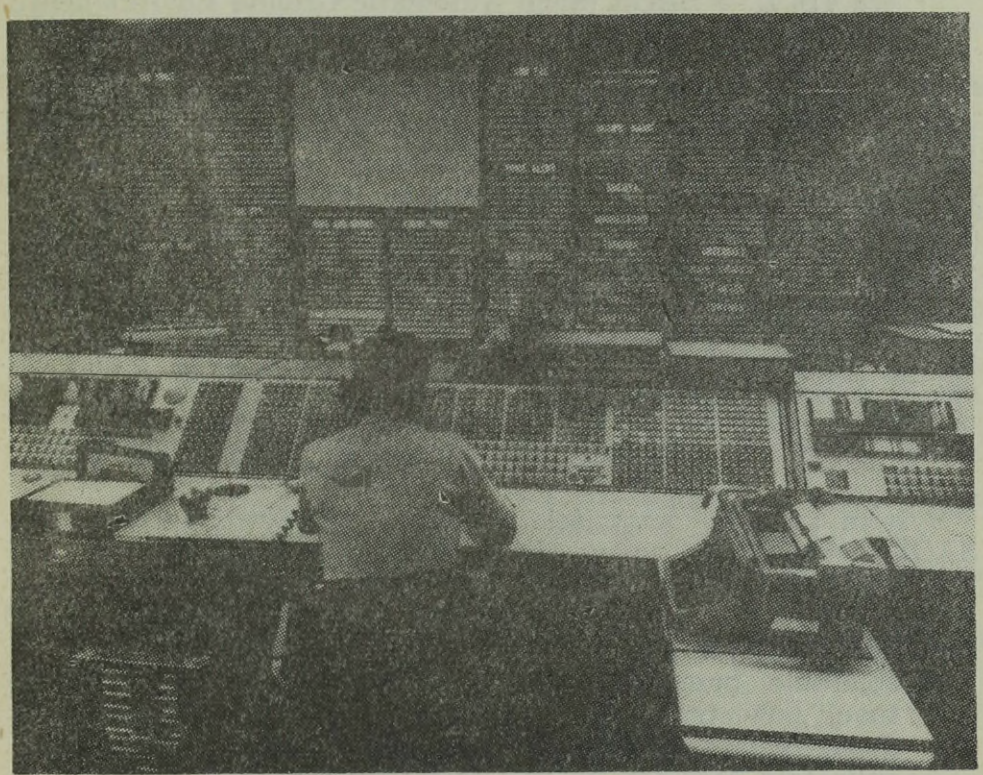
— z systemu kierowania ruchem lotniczym — 413 L;
— z systemu informacji rozpoznawczych — 438 L;
— z systemu wykrywania i śledzenia obiektów kosmicznych — SPADATS;
— z systemu powiadamiania o wybuchach jądrowych — NUDETS — 477 L;
— z globalnego systemu informacji meteorologicznych — 433 L;
— z radioelektronicznego systemu przetwarzania danych rozpoznawczych PEGASUS — 466 L;
— z systemu wykrywania pozahoryzontalnego — 440 L (w stadium prób);
— z satelitarnego systemu wykrywania startów pocisków rakietowych przeciwnika — IMEWS — 647 L;
— z systemów dowodzenia rodzajów wojsk: SAC-465 L, 473 L (siły powietrzne), NAVIC (siły morskie) itp.

Centrum dowodzenia NORAD zostało wyposażone w kompleks ok. 20 systemów komputerowych, głównie typu *PHILCO 2000/212*. Dzięki niemu zapewniono opracowywanie napływających informacji i przesyłanie poleceń po upływie ok. 11 sekund, wraz z zobrazowaniem sytuacji na specjalnych monitorach. Łączna wydajność wszystkich EMC oszacowana jest na ok. 1 mln operacji/s, a pojemność pamięci — ponad 1 mld słów.

Podsystem zobrazowania informacji został wyposażony w kilka olbrzymich ekranów, kilkanaście monitorów ekranowych i konsoli operatorskich oraz urządzenia wprowadzania informacji w postaci alfanumerycznej i graficznej. Na ekranach o wymiarach 4,9×3,6 m zobrazowywana jest bieżąca sytuacja za pomocą siedmiu podstawowych kolorów, za pośrednictwem specjalnych kabin projekcyjnych z projektorami współpracującymi z EMC.

Indywidualne konsole operatorskie i monitory ekranowe umożliwiają personelowi śledzenie sytuacji powietrznej w różnych sektorach i strefach, pozwalają analizować dane napływające ze wszystkich systemów wykrywania pocisków rakietowych i samolotów, dane rozpoznawcze, dane o gotowości sił i środków obrony

powietrznej, o uderzeniach jądrowych przeciwnika (miejsce, moc, strefy skażeń, straty), o materiałowo-technicznym zabezpieczeniu wojsk, a także o stanie systemu łączności i systemu informatycznego (rys. 4.12).



Rys. 4.12. Fragment centrum systemu NORAD w Cheyenne Mountain

W systemie przesyłania informacji zastosowano procesory komunikacyjne, dzięki czemu usprawniono obieg informacji w relacji: środki wykrywania — organa dowodzenia — siły i środki obrony powietrznej. Procesor komunikacyjny dokonuje ponadto kontroli stanu urządzeń i kanałów łączności.

System dowodzenia obroną powietrzną 425 L utrzymuje wielokanałową łączność z systemami dowodzenia obroną powietrzną NATO — NADGE, połączonych dowództw w strefach Atlantyku, Pacyfiku, Alaski oraz z systemami WMMCCS i NMCS, z federalnym ośrodkiem powiadamiania Kanady, z władzami cywilnej obrony itp. — za pośrednictwem systemu łączności AUTODIN.

System dowodzenia obroną powietrzną SAGE I BUICK-3

Kierowanie obroną przeciwlotniczą kontynentu Ameryki Północnej w ramach systemu NORAD, zapewniają:

— zautomatyzowany system kierowania obroną przeciwlotniczą 416 L — SAGE (**Semi Automatic Ground Environment**);
— zautomatyzowany system kierowania i naprowadzania 416 M — BUICK-3 (**BACK-UP Interceprot Control System**).

W każdym z ośmiu rejonów obrony znajduje się ośrodek kierowania rejonu systemu SAGE, podległy bezpośrednio dowództwu NORAD i dwa ośrodki naprowadzania rejonu — systemu BUICK-3. Te ostatnie realizują procesy kierowania obroną powietrzną na szczeblu taktycznym oraz pełnią funkcje ośrodków rezerwowych w wypadku wyeliminowania ośrodka SAGE. Każdy z ośrodków może jednocześnie śledzić 300—400 celów i realizować 150—200 naprowadzeń lotnictwa myśliwskiego. Czas potrzebny do uruchomienia środków rażenia celu wynosi kilka minut od chwili wykrycia przez posterunki radiolokacyjne, które pozwalają na uprzedzenie o nalocie środków napadu powietrznego na 40—90 minut przed ich wejściem w obszar obrony powietrznej kontynentu.

System pracuje, oczywiście, w czasie rzeczywistym. Ośrodki SAGE wyposażone są w dwie EMC typu *AN/FSQ-7A* lub *AN/FSQ-8*, natomiast ośrodki BUICK — w jedną EMC typu *AN/GYK-3*. Dzięki temu wyposażeniu ośrodki zapewniają realizację następujących zadań:

— zbieranie, przechowywanie i aktualizowanie danych o sytuacji powietrznej, otrzymywanych z nadrzędnych organów dowodzenia, sąsiednich rejonów itp.;
— obliczanie parametrów lotu celów powietrznych (współrzędne, kurs, prędkość, przynależność);
— zbieranie, przechowywanie i aktualizowanie danych o gotowości bojowej podległych jednostek obrony przeciwlotniczej;
— przygotowanie danych niezbędnych do podjęcia decyzji o wyborze ośrodków obrony przeciwlotniczej;
— wykonanie obliczeń niezbędnych do sterowania przechwytaniem celów powietrznych oraz dla baterii przeciwlotniczych pocisków rakietowych;
— przygotowanie danych do meldunku dla nadrzędnego organu dowodzenia.

Każdy ośrodek wyposażony jest w tzw. pulpity kierowania i naprowadzania, ekrany zobrazowania sytuacji itp. EMC, znajdujące się w ośrodkach naprowadzania systemu BUIC, są wyposażone w specjalne programy, które zabezpieczają przed nieprawidłowym

użyciem samolotów myśliwskich, tzn. nie dopuszczają do przechwycenia tego samego celu przez więcej niż jeden środek rażenia, przechwycenia własnego samolotu itp.

Obecnie wiele elementów systemów SAGE i BUIC zostało uznanych za technicznie przestarzałe i nie zapewniające wymaganej efektywności systemu obrony przeciwlotniczej.

Zautomatyzowany system wczesnego ostrzegania przed uderzeniem międzykontynentalnych pocisków rakietowych BMEWS — 474 L

System BMEWS (**Ballistic Missile Early Warning System**) — 474 L stanowi przednią rubież w systemie wczesnego wykrywania obrony powietrznej NORAD. Jego podstawowymi elementami są trzy kompleksy stacji radiolokacyjnych rozmieszczonych na Alasce, Grenlandii i w Wielkiej Brytanii. Wszystkie stacje radiolokacyjne są w pełni zautomatyzowane dzięki posiadaniu minikomputerów, a ponadto poszczególne kompleksy stacji dysponują autonomicznym ośrodkiem przetwarzania danych i ośrodkiem łączności. Wiadomo także, że system ten umożliwia:

— wykrywanie startów oraz lotu rakietowych środków napadu powietrznego na dużych i średnich wysokościach;
— powiadamianie systemu NORAD (z 15—20-minutowym wyprzedzeniem);
— zgrubne określenie zagrożonych obiektów na podstawie analizy parametrów lotu.

System dowodzenia obroną powietrzną 412 L

System 412 L jest amerykańskim zautomatyzowanym systemem dowodzenia lotnictwem myśliwskim obrony powietrznej i kierowania bateriami przeciwlotniczych pocisków rakietowych typu *Nike-Herkules* i *Hawk*. Zbudowano trzy zestawy tego systemu dla:

— dowództwa lotnictwa taktycznego;
— dowództwa sił powietrznych USA w Europie.

Stacjonarny system 412 L w Europie rozmieszczono w całości na terytorium RFN. Wchodzi w skład zautomatyzowanego systemu kierowania siłami i środkami obrony powietrznej NATO-NADGE. Obejmuje stacje radiolokacyjne, urządzenia do przetwarzania i zobrazowania sytuacji powietrznej oraz środki łączności zapewniające funkcjonowanie dwóch ośrodków wykrywania i naprowadzania. Ośrodki te są jednocześnie ośrodkami operacyj-

nymi sektorów obrony powietrznej oraz 8 posterunków wykrywania i naprowadzania (5 w USA i 3 w RFN).

Dane ze stacji radiolokacyjnych dotyczące wysokości, azymutu, odległości, prędkości i charakterystyki celu są automatycznie wprowadzane do urządzeń przetwarzania sygnałów radiolokacyjnych i do EMC. Na podstawie tych danych określane są m.in. najbardziej dogodne punkty przechwyceń, optymalne środki do zwalczania celów itp.

System 412 L pozwala na jednoczesne użycie 40 przeciwlotniczych kierowanych pocisków rakietowych oraz naprowadzenie na cel 60 samolotów myśliwskich.

System dowodzenia obroną powietrzną LINESMAN

System obejmuje obszar obrony powietrznej strefy brytyjskiej. Jest on częścią kompleksu cywilno-wojskowego, przeznaczonego do wykonywania zadań obrony powietrznej kraju i kierowania ruchem powietrznym. Wszystkie informacje o sytuacji powietrznej przekazywane są do ośrodka sztabu sił powietrznych oraz do ośrodka kierowania cywilno-wojskowego, w którym operatorzy kierują przechwyceniem celów powietrznych. Ośrodek ten jest centralnym organem obrony powietrznej Wielkiej Brytanii.

System dowodzenia obroną powietrzną STRIDA-2

System STRIDA-2 obejmuje obszar strefy francuskiej systemu obrony powietrznej NADGE. Dzięki przetwarzaniu i zobrazowaniu informacji dowództwo obrony powietrznej każdego szczebla otrzymuje obraz ogólnej i wycinkowej sytuacji, co umożliwia pełne wykorzystanie istniejących środków obrony powietrznej. System oprócz automatycznego wykrywania, identyfikowania celu i stałego śledzenia — automatycznie dokonuje wyboru najskuteczniejszych środków niszczenia. Pozwala on na automatyczne naprowadzanie samolotów na cel i przekazywanie danych o sytuacji powietrznej określonym jednostkom. W ten sposób umożliwia jednoczesne przechwytywanie 100 celów oraz jednoczesne śledzenie 500 celów. System wyposażony jest w EMC *IBM 360* i sprzężony z systemem NADGE.

System dowodzenia lotnictwem taktycznym 407 L

Powstały w 1963 r. system 407 L — przeznaczony jest do informacyjnego zapewnienia współdziałania lotnictwa z wojskami lądowymi oraz dowodzenia samolotami podczas wsparcia lotniczego i osłony z powietrza sił lądowych.

Zbudowany na typowych elementach i układach radioelektronicznych jest systemem lekkim, całkowicie przystosowanym do transportu drogą powietrzną. Ma budowę modułową, dzięki czemu istnieją możliwości zwiększenia jego możliwości.

System zapewnia realizację następujących zadań:

— zbieranie, przetwarzanie i zobrazowanie informacji niezbędnych do oceny sytuacji powietrznej i ogólnej;
— planowanie zadań lotnictwa taktycznego na TDW;
— dowodzenie lotnictwem podczas odpierania napadu powietrznego nieprzyjaciela, w warunkach współdziałania z systemami dowodzenia obrony powietrznej;
— dowodzenie lotnictwem taktycznym podczas wykonywania uderzeń na obiekty nieprzyjaciela na głębokość taktyczną i operacyjną;
— kierowanie ruchem lotniczym w strefie odpowiedzialności;
— współdziałanie z wojskami lądowymi oraz koordynacja działań z lotnictwem wojsk lądowych i marynarki wojennej (na nadmorskim TDW).

Funkcjonowanie systemu 407 L opiera się na działaniu sieci: naziemnych ośrodków dowodzenia lotnictwem, posterunków radiolokacyjnych oraz posterunków naprowadzania i powiadamiania. Wyróżnia się trzy podstawowe podsystemy funkcjonalne:

— podsystem dowodzenia lotnictwem taktycznym;
— podsystem kierowania ruchem lotniczym;
— podsystem bezpośredniego wsparcia lotniczego.

W skład podsystemu dowodzenia wchodzą:

— ośrodki naprowadzania i powiadamiania (CRC),
— posterunki naprowadzania i powiadamiania (CRP),
— wysunięte posterunki naprowadzania i powiadamiania (FACP) oraz główny element systemu — ośrodek dowodzenia lotnictwem taktycznym dowództwa sił powietrznych na TDW — TACC (**Tactical Air Control Center**). Ośrodek dowodzenia TACC jest wyposażony w EMC typu HM — 4118 firmy HUGHES, stację radiolokacyjną, urządzenia łączności, urządzenia zobrazowania i kontroli, 4 — 16 pulpitów operatorskich. EMC wyposażona jest w zestaw programów użytkowych, programów diagnostycznych i programów symulacyjnych, pozwalających na doskonalenie personelu dowódczo-sztabowego w zakresie rozwiązywania problemów dowodzenia lotnictwem taktycznym.

Dane o celach powietrznych przekazywane są automatycznie do EMC ze stacji radiolokacyjnych posterunków CRP i FACP. Po przetworzeniu w EMC dane te są przesyłane do urządzeń zobrazowania sytuacji, które wypracowują dane do naprowadzania samolotów na cele. W oparciu o bieżące dane i dane przechowy-

wane w EMC dowódca podejmuje decyzję o użyciu lotnictwa. Ogniwa na niższych szczeblach dowodzenia wyposażone są także w urządzenia informatyczne. Natomiast zadania bezpośredniego kierowania i naprowadzania samolotów na cele realizowane są w punktach naprowadzania, wyposażone w urządzenia we-wy.

Podsystem kierowania ruchem lotniczym spełnia funkcje nawigacyjne i kontrolno-dyspozycyjne. Elementy podsystemu umieszcza się przy centrum dowodzenia TACC, tworząc tzw. ośrodek kontroli ruchu powietrznego ATRC, oraz na lotniskach. Wszystkie ośrodki wyposażono w konsole z monitorami.

Podsystem bezpośredniego wsparcia lotniczego realizuje zadania zbierania, przetwarzania zgłoszeń na wsparcie wojsk lądowych z powietrza, przygotowania danych dla lotnictwa, planowania uderzeń lotnictwa oraz bezpośredniego dowodzenia lotnictwem myśliwsko-bombowym, łącznie z nawigacją w rejonie wsparcia.

Podstawowymi elementami podsystemu są:

— ośrodki bezpośredniego wsparcia lotniczego DASC — rozmieszczane przy stanowiskach dowodzenia korpusów armijnych;
— grupy dowodzenia lotnictwem taktycznym, rozmieszczone przy stanowiskach dowodzenia pierwszorzutowych dywizji i brygad wojsk lądowych;
— wysunięte punkty naprowadzania lotnictwa, bezpośrednio kierujące wykonywaniem uderzeń na obiekty naziemne.

Wszystkie te elementy wyposażono w odpowiednie środki łączności i urządzenia we-wy.

Stacje radiolokacyjne, funkcjonujące w systemie, mają zasięg 280—490 km. W razie konieczności mogą być także wykorzystywane stacje pracujące w systemie wykrywania obrony powietrznej. System 407 L może być rozwinięty w ciągu 1—2 godzin.

Znalazł on zastosowanie w Europie na obszarze RFN od 1971 r., przede wszystkim w pasie działania 4 Połączonych Taktycznych Sił Powietrznych i Centralnej Grupy Armii. Uważa się, że w chwili obecnej jest to już system pod względem technologicznym przestarzały. Istnieją informacje, że omawiany system zostanie zastąpiony przez nowocześniejszy system dowodzenia lotnictwem taktycznym 485 L.

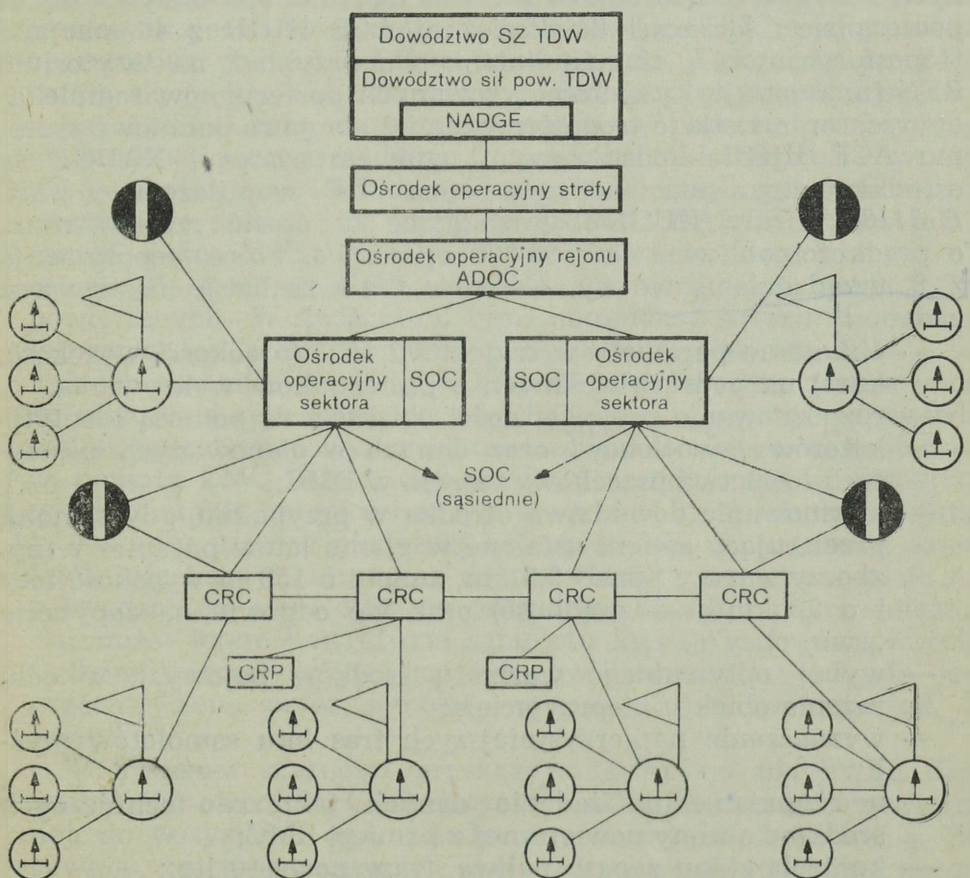
Zintegrowany system dowodzenia obroną powietrzną NATO — NADGE

System NADGE (**Nato Air Defence Ground Environment**) przeznaczony jest do wykrywania, identyfikacji i śledzenia celów powietrznych oraz naprowadzania na wykryte cele samolotów

przechwytujących i przeciwlotniczych pocisków rakietowych *Nike* i *Hawk*. Zbudowany w 1973 r. na bazie narodowych systemów dowodzenia niektórych państw NATO, obejmuje swym zasięgiem 11 państw, począwszy od Norwegii, wzdłuż granic z państwami Układu Warszawskiego, aż po Turcję. W zintegrowanej strukturze systemu działają wszystkie siły i środki wojsk obrony powietrznej, sił powietrznych i lądowych oraz wydzielone jednostki sił morskich (rys. 4.13).

Cały obszar państw NATO, oprócz Islandii i Portugalii, został podzielony na strefy, rejony i sektory, w których zorganizowano:

— ośrodki operacyjne strefy, rejonu i sektora (SOC);



CRC–ośrodek wykrywania i naprowadzania
CRP–posterunek wykrywania i naprowadzania

Rys. 4.13. Struktura organizacyjna systemu NADGE

— ośrodki wykrywania i naprowadzania (CRC);
— posterunki wykrywania i naprowadzania (CRP).

Kierowanie siłami i środkami obrony powietrznej odbywa się z ośrodków operacyjnych rejonów przez ośrodki sektorów. Ośrodek operacyjny sektora kieruje bezpośrednio wszystkimi środkami obrony powietrznej, znajdującymi się w jego obszarze. Dane o położeniu wykrytych obiektów przesyłane są automatycznie z posterunku radiolokacyjnego do ośrodków operacyjnych sektora, rejonu, strefy oraz do sztabu połączonych sił zbrojnych NATO. Ogólnie w systemie funkcjonują 84 posterunki radiolokacyjne, w tym 37 ośrodków typu CRC, wyposażonych w ośrodki przetwarzania danych. Łączność powiadamiania z ośrodków operacyjnych sektorów do ośrodków szczebli nadrzędnych odbywa się za pomocą sieci łączności dalekosiężnej ACE HIGH z 46 stacjami troposferycznymi i 40 radioliniami. Na przykład, na terytorium RFN funkcjonuje 15 zautomatyzowanych posterunków radiolokacyjnych oraz 4 stacje troposferyczne i 2 stacje radioliniowe systemu ACE HIGH. Podstawowym ogniwem systemu NADGE są ośrodki wykrywania i naprowadzania CRC, wyposażone w EMC *H-3118M* firmy HUGHES, działające w czasie rzeczywistym, o prędkości obliczeń ok. 500 000 operacji/s, które współpracują z 8 urządzeniami we-wy. Ośrodek CRC realizuje następujące zadania:

— obliczanie parametrów trajektorii lotu (prędkość, wysokość, kurs) na podstawie danych z posterunków wykrywania;
— rozpoznawanie przynależności obiektów za pomocą identyfikatorów „swój-obcy" oraz danych o planowanych przelotach lotnictwa przechowywanych w EMC;
— alarmowanie dowództwa ośrodka w przypadku, gdy samolot przelatujący zmieni ustalone w planie lotów parametry (np. zboczy z trasy ponad 9,5 km, zmieni o 150 m wysokość lotu i o 92 km/h — prędkość) oraz nie odpowie na zapytanie „swój-obcy";
— wybór optymalnego wariantu środków bojowych w celu rażenia obiektu nieprzyjaciela;
— wyznaczanie najkorzystniejszych tras lotu samolotów myśliwskich;
— udostępnianie na żądanie danych taktyczno-technicznych środków obrony powietrznej z pamięci EMC;
— kontrola stanu zapasu paliwa, trasy powrotu itp.;
— przesyłanie danych o celach do sąsiednich CRC i ośrodka sektora.

W związku z powyższym, system zapewnia otrzymywanie przez dowództwo każdego szczebla dowodzenia w każdych warunkach

jednakowego obrazu sytuacji ogólnej i wycinkowej w sposób automatyczny. Tak więc w razie wykrycia przez posterunek celu powietrznego dane ze stacji radiolokacyjnej są automatycznie przekazywane do EMC ośrodka CRC, a następnie jednocześnie podawane do sąsiednich stacji radiolokacyjnych i ośrodków CRC oraz do ośrodków rejonu i sektora. Informacje są ponadto zobrazowane na monitorach stanowisk roboczych oficerów indentyfikacji celów, którzy po upewnieniu się, że wykryty cel nie znajduje się w planie przelotów, meldują o tym dowódcy CRC i ośrodka sektora SOC. Dowódca ośrodka CRC analizuje sytuację ogólną, wykorzystując dane z EMC, dotyczące wariantu użycia środków rażenia, a następnie składa meldunek dowódcy sektora SOC, który podejmuje decyzję. Jeżeli decyzja dotyczy użycia przeciwlotniczych pocisków rakietowych, to dowódca CRC wydaje rozkaz operatorowi wyboru środków rakietowych. Wykorzystując EMC, ustala się pododdział rakietowy posiadający najdogodniejsze warunki rażenia celu, co stanowi podstawę rozkazu przekazanego do punktu kierowania baterią pocisków rakietowych. Powyższy proces charakteryzuje czas upływający od chwili wykrycia celu do chwili jego zniszczenia, który w systemie NADGE wynosi ok. 2 minut. Jedna EMC umożliwia przetwarzanie danych o ok. 400 celach, ale może sterować przechwytywaniem tylko 20—30 celów powietrznych. W związku z tym, kompleksy wyrzutni przeciwlotniczych pocisków rakietowych dysponują własnymi EMC.

Jeżeli natomiast dowódca SOC podejmie decyzję o zastosowaniu do niszczenia celu lotnictwa myśliwskiego, to wydaje odpowiedni rozkaz operatorowi wyboru lotnictwa myśliwskiego. Operator ten za pomocą EMC ustala, czy samoloty znajdują się w powietrzu, w jakim stanie gotowości znajdują się na lotniskach, które samoloty należy użyć w pierwszej kolejności itp. Po ustaleniu samolotów przekazuje się rozkaz do pododdziału lotnictwa, gdzie naprowadzaniem samolotów na cel kieruje operator naprowadzania. Natomiast lotem powrotnym samolotu kieruje operator powrotu. Całkowity czas, upływający od chwili wykrycia celu do jego przechwycenia przez samolot, wynosi w tym systemie ok. 12 minut.

W systemie łączności przekazywane są automatycznie dane wszystkich ośrodków CRC, dotyczące aktualnej sytuacji powietrznej, do wszystkich ogniw nadrzędnych szczebli dowodzenia. Zapewnia to dysponowanie przez organa dowodzenia obroną powietrzną rzeczywistym obrazem zagrożenia powietrznego i aktualnego stanu sił i środków obrony powietrznej.

Ogólnie system NADGE może jednocześnie wykryć, śledzić i przechwycić na całym obszarze obrony powietrznej ok. 1100

celów, poruszających się z prędkością ok. 2 Ma na wysokościach od 50 do 30 000 m.

Uważa się, że podstawową wadą systemu NADGE jest brak możliwości wykrycia obiektów lecących na małych wysokościach, a także znaczna wrażliwość stacjonarnych posterunków na zniszczenie. Aby zmniejszyć wpływ powyższych czynników na efektywność systemu, organizuje się np. w siłach powietrznych RFN ruchome wysunięte posterunki wykrywania i powiadamiania o celach lecących na małych wysokościach (poniżej 3000 m w odległości ok. 30 km).

Ostatnie decyzje NATO pozwalają sądzić, że efektywność systemu NADGE wzrośnie wraz z wprowadzeniem systemów powietrznych AWACS *.

Powietrzny system wykrywania i naprowadzania AWACS — NIMROD

Powietrzny system wykrywania i naprowadzania AWACS (Airborne Warning and Control System), zwany także „Sentry", należy z pewnością do najefektywniejszych rozwiązań technicznych w dziedzinie obrony powietrznej. Polega na umieszczeniu w samolocie transportowym typu *Boeing 707 (E-3A)* stacji radiolokacyjnej obserwacji okrężnej wraz z komputerem służącym do analizy, zobrazowania i automatycznego przekazywania drogą radiową danych o sytuacji powietrznej, niezbędnych do naprowadzania samolotów lotnictwa myśliwskiego na cel. Podstawowym zadaniem systemu jest zapewnienie wczesnego wykrywania obiektów, szczególnie na małych i bardzo małych wysokościach, i ostrzeganie przed napadem powietrznym oraz naprowadzanie samolotów na cele powietrzne. Samoloty systemu AWACS, wyposażone w dodatkową aparaturę, mogą być stosowane jako powietrzne elementy (stanowiska) dowodzenia lotnictwem taktycznym i naprowadzania samolotów na cele naziemne i nawodne. Aktualnie przewiduje się dwie wiersje systemu: strategiczną i taktyczną. Wersja strategiczna jest przeznaczona dla potrzeb połączonego dowództwa obrony powietrzno-kosmicznej Ameryki Północnej NORAD, natomiast wersja taktyczna — dla taktycznych sił powietrznych USA oraz połączonych taktycznych sił powietrznych (PTSP) NATO na różnych TDW.

* W 1980 r. skierowano do Europy cztery samoloty systemu AWACS. W okresie kryzysu amerykańsko-irańskiego w 1980 r. samoloty AWACS skierowano na terytorium Egiptu i Arabii Saudyjskiej. W 1983 r. samoloty AWACS stacjonujące w Egipcie dostarczały danych lotnictwu francuskiemu działającemu na terytorium Czadu.

System AWACS jest wielofunkcyjnym i wielozadaniowym systemem, który może być wykorzystywany jako:

— ruchomy posterunek wczesnego wykrywania środków napadu powietrznego nieprzyjaciela;
— ośrodek ostrzegania naziemnych systemów obrony powietrznej o zbliżających się celach i ich identyfikacji bez względu na wysokość lotu (zwłaszcza na małych wysokościach), a przy tym dwukrotnie szybciej niż w systemach naziemnych;
— ośrodek naprowadzania samolotów przechwytujących na małych wysokościach, z dużych odległości i w warunkach prowadzenia walki radioelektronicznej, na cele powietrzne, naziemne i morskie;
— ruchome stanowisko dowodzenia obrony powietrznej do kierowania operacyjno-taktycznymi siłami lotnictwa myśliwsko-bombowego i rozpoznawczego na głębokość operacyjną, a także w wypadku zniszczenia elementów naziemnego systemu dowodzenia obroną powietrzną;
— ośrodek bezpośredniego wczesnego uprzedzania przeciwlotniczych środków rakietowych o zbliżających się celach z jednoczesnym przekazywaniem niezbędnych danych;
— ośrodek kierowania ruchem lotniczym, poszukiwaniami i ratownictwem powietrznym;
— samoloty retranslacyjne dla transmisji danych;
— samoloty ostrzegające własne lotnictwo przed atakiem powietrznym nieprzyjaciela.

Techniczne wyposażenie samolotów systemu AWACS oparto na najnowszych osiągnięciach technologicznych elektroniki i informatyki, zapewniając wzrost wydajności i niezawodności urządzeń (np. pamięci pęcherzykowe pokładowych EMC). Wśród podstawowych urządzeń technicznych, znajdujących się na pokładzie samolotów AWACS, należy wyróżnić:

— pokładową stację radiolokacyjną wykrywania celów powietrznych, sterowaną przez minikomputer, charakteryzującą się dużą odpornością na zakłócenia, dużą stabilnością pracy w warunkach zmiennego profilu lotu, pochyleń, kołysania itp.;
— EMC;
— aparaturę kontrolną łączności radiowej i radionawigacji;
— urządzenia we-wy i zobrazowania informacji;
— urządzenia rozpoznawania radioelektronicznego itp.

W razie wykrycia obiektów przez pokładową stację radiolokacyjną dane o celach podlegają wstępnemu przetwarzaniu przez minikomputer, skąd przesyłane są do zasadniczej EMC, gdzie są rejestrowane. Umożliwia to śledzenie celów. W EMC przechowy-

wane są, i na bieżąco aktualizowane, dane o lokalizacji własnego lotnictwa w powietrzu i na ziemi. Samoloty są identyfikowane za pomocą urządzenia rozpoznawczego „swój-obcy" typu *AN/APX-103*. Wynikową sytuację powietrzną zobrazowuje się w czasie rzeczywistym na ekranie o wymiarach 2,3×2,8 m oraz na 9 wielofunkcyjnych wskaźnikach zobrazowania. Oprócz tego, dla naprowadzania samolotów przechwytujących lub wskazywania obiektów kompleksom rakietowym, dokonywane są w EMC obliczenia na podstawie danych dotyczących położenia i parametrów celu, danych z własnego systemu nawigacyjnego i o własnych środkach przechwytujących na ziemi i w powietrzu. Po dokonaniu obliczeń dane o celach przekazywane są na tle umownego odwzorowania terenu, stref odpowiedzialności, linii frontu itp.

Dla celów nawigacyjnych samolot wyposażony jest w trzy zestawy urządzeń: zestaw *CAROUSEL-4*, zestaw radionawigacyjny *OMEGA* i doplerowską stację radiolokacyjną, a ponadto w 6 radiostacji KF, UKF i łączności satelitarnej. Całkowita masa wyposażenia technicznego samolotu wynosi ok. 18 t.

Możliwości samolotów AWACS w pełni określają następujące charakterystyki:

— czas patrolowania na wysokości 600—1000 m: 10 godzin;
— zasięg wykrywania celów na małych wysokościach: 440 km;
— zasięg wykrywania celów na dużych wysokościach: 720 km;
— możliwości jednoczesnego śledzenia: 1000 celów powietrznych;
— możliwość jednoczesnego naprowadzania: 100 samolotów myśliwskich (grup samolotów);
— odległość patrolowania od linii styczności bojowej: 200—300 km;
— możliwość wykrywania celów powietrznych na małych wysokościach: 50—100 m i niżej.

System AWACS został opracowany na początku lat siedemdziesiątych, a w kwietniu 1975 r. odbył się na terenie Europy Zachodniej pokaz dla kierownictwa NATO. Pierwszy samolot *E-3A* AWACS wprowadzono na wyposażenie amerykańskich sił powietrznych w marcu 1977 r. Aktualnie na terenie USA znajduje się w jednostkach sił powietrznych 12 samolotów AWACS. Roczna produkcja wynosi 3—6 samolotów, która zaspokoi potrzeby do 1985 r. na 34 samoloty dla sił powietrznych USA oraz 18 dla NATO. W wyniku kontrowersyjnego stanowiska Wielkiej Brytanii uzgodniono, że przyszły system NATO tworzyć będzie 18 samolotów *E-3A* i 11 brytyjskich samolotów NIMROD. Koszt tych ostatnich (450 mln dolarów) w całości pokryje Wielka Brytania. Natomiast koszty zakupu 18 samolotów *E-3A* i zainstalowania ich na

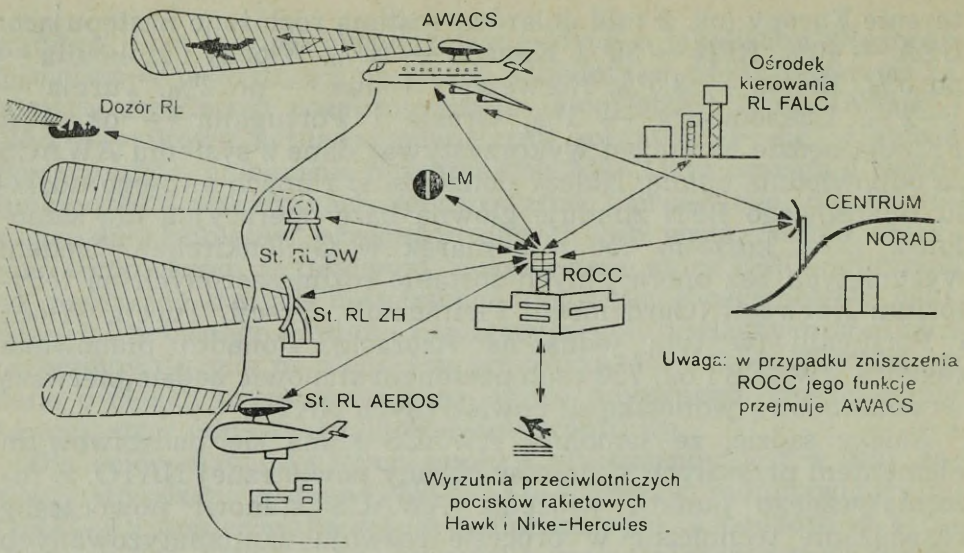
terenie Europy (ok. 2 mld dolarów) zostaną rozłożone następująco: USA — 40%, RFN — 30%, Kanada — 10%, Włochy i Holandia — po 5%, Belgia — 3,5%, Norwegia i Dania — po 2%, Turcja — 1—2%, Luksemburg — 1%, Grecja i Portugalia — ok. 1%. Francja będzie natomiast wykorzystywać dane z systemu AWACS za odpowiednią opłatą. Należy dodać, że w ramach swojego udziału finansowego RFN zbuduje główną bazę operacyjną dla samolotów *E-3A* kosztem 250 mln marek w Geilenkirchen. Siedem wysuniętych baz operacyjnych zostanie rozmieszczonych na terytorium Norwegii (Gardemoen, Flenhemof), Grecji, Turcji, Włoch i Portugalii (w tym jedna na Azorach). Ponadto planowana eskadra AWACS i ok. 750 osób personelu stanowić będzie pierwszą wielonarodową jednostkę sił powietrznych NATO.

Należy sądzić, że samoloty AWACS staną się podstawowym elementem przyszłych systemów obrony powietrznej NATO. Z informatycznego punktu widzenia AWACS stanowi nowoczesne rozwiązanie techniczne w procesie rozwoju zautomatyzowanych systemów dowodzenia i kierowania.

Uwagi końcowe

Zautomatyzowane systemy dowodzenia w siłach powietrznych i obrony powietrznej w armiach państw NATO, to systemy charakterystyczne dla podstawowego nurtu badań i rozwoju w dziedzinie automatyzacji systemów militarnych ze względu na kompleksowość rozwiązań strukturalnych, technicznych i programowych oraz szczególną „chłonność innowacji" (rys. 4.14). Inną cechą tych systemów, zasługującą na uwagę, stanowi proces ciągłego ich doskonalenia organizacyjnego i technicznego. Świadczy o tym program rozwoju automatyzacji w siłach powietrznych i obrony powietrznej, który obejmuje takie przedsięwzięcia, jak:

— utworzenie połączonego systemu obserwacji ISS (968 N);
— permanentne uzupełnianie sieci naziemnych systemów wykrywania i kierowania siłami powietrznymi oraz obrony powietrznej samolotami AWACS;
— wprowadzenie do wyposażenia kwatery głównej NORAD zmodernizowanego systemu kierowania obroną powietrzną 427 M na miejsce systemu 425 L;
— wymiana systemów SAGE i BUIC-3 na system ROCC;
— realizacja programu BLUE SPIKE;
— realizacja programu SEEK SKY-HOOK;
— prace nad opracowaniem tzw. bistatycznej stacji radiolokacyjnej;
— intensyfikacja prac badawczo-rozwojowych nad nowymi



Rys. 4.14. Perspektywiczna struktura systemu dowodzenia obroną powietrzną USA

technologiami i technicznymi rozwiązaniami w dziedzinie automatyzacji systemów sterowania.

Połączony system obserwacji przestrzeni powietrznej Ameryki Północnej JSS (**Joint Surveillance System**) ma polegać na wspólnym wykorzystaniu sieci istniejących i zbudowanych w przyszłości posterunków radiolokacyjnych systemu NORAD oraz Federalnej Agencji Lotnictwa Cywilnego. W ten sposób zostaną zwiększone możliwości kontroli przestrzeni powietrznej m.in. przez włączenie do systemu ISS 20 ośrodków cywilnych. Poza USA takie wojskowo-cywilne kompleksy radiolokacyjne funkcjonują w Wielkiej Brytanii (Linesman-Mediator) i we Francji (STRIDA-2). Ponadto system ISS uzupełniać będą samoloty AWACS.

Program SEEK SKY-HOOK obejmuje prace nad zwiększeniem możliwości wykrywania niskolecących celów przez wykorzystywanie aerostatów na uwięzi, z zainstalowanymi na nich stacjami radiolokacyjnymi i urządzeniami transmisji danych. Dotychczasowe badania wykazały możliwość pozahoryzontalnego wykrywania celów na wysokości 15—150 m z odległości do 230 km. Stwierdzono ponadto, że umieszczenie stacji radiolokacyjnych na aerostacie powoduje zmniejszenie do minimum poziomu zakłóceń w porównaniu z systemem AWACS, przy czym koszt aerostatu wynosi zaledwie 10% kosztu samolotu.

Koncepcja zastąpienia systemów SAGE i BUIC przez system

ROCC (Regional Operation Control Center) zakłada doskonalszą technologię przetwarzania danych i wzrost efektywności systemów. Przewiduje się ponadto zmniejszenie liczby rejonów do 7 (5 — USA i 2 — Kanada), co powinno spowodować zmniejszenie liczby personelu ośrodków kierowania 5 ÷ 10-krotnie.

Program BLUE SPIKE zakłada uzupełnienie systemu ISS ośrodkami wykrywania kosmicznego. W dalszym ciągu prowadzone będą badania nad wykrywaniem samolotów bombowych i pocisków rakietowych za pomocą czujników promieniowania podczerwonego w określonym zakresie widma wydzielanego przez silniki.

Prace badawczo-rozwojowe, związane z tzw. bistatyczną radiostacją, zmierzają do podniesienia niezawodności i żywotności systemów. Nadajnik stacji instalowany jest w statkach latających załogowych lub bezzałogowych, a rejestrowanie danych odbywa się w odbiornikach naziemnych, sprzężonych z urządzeniami przetwarzania danych. W oczywisty zatem sposób wzrasta odporność takiej stacji na zniszczenie. Natomiast w ramach programu 440 L opracowywana jest stacja radiolokacyjna pozahoryzontalna, naziemna, z tzw. powrotno-pochyłym sondowaniem OTH. Uważa się, że cztery takie stacje, zorientowane na cztery podstawowe kierunki geograficzne, zapewnią pełną obserwację w strefie kontynentu Ameryki Północnej.

Należy także podkreślić zaawansowany stan prac nad doskonaleniem konstrukcji komputerów, a zwłaszcza minikomputerów i mikrokomputerów specjalizowanych i pokładowych oraz bardzo wyraźną tendencję zmierzającą do masowego stosowania mikroprocesorów w zautomatyzowanych systemach dowodzenia i kierowania (zwłaszcza pokładowych).

4.6. Zautomatyzowane systemy dowodzenia sił morskich

Wzrost wymagań operacyjno-taktycznych, stawianych współczesnym siłom morskim, spowodował konieczność centralizacji takich funkcji dowodzenia, jak: zbieranie i analiza danych do uderzeń, kontrola dyslokacji okrętów i operatywne planowanie ich działania na różnych akwenach, a także konieczność wzrostu możliwości stawiania zadań bojowych dla wszystkich dowództw i sztabów (aż do szczebla pojedynczego okrętu) bezpośrednio po osiągnięciu gotowości bojowej podległych sił.

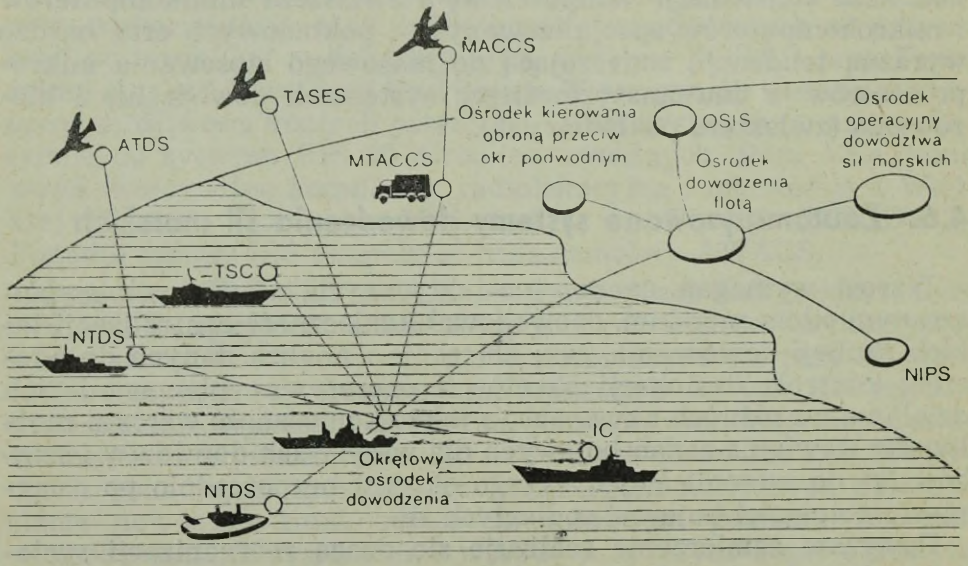
Powyższe zamierzenie realizuje się drogą reorganizacji systemów dowodzenia sił morskich oraz ich automatyzacji. I tak, wzrostowi operatywności dowodzenia służyć ma zautomatyzo-

wanie zbierania, przesyłania, przetwarzania i zobrazowania danych, przy czym uważa się za celowe opracowywanie większej niż dotychczas liczby danych na lądzie. Szczególną wagę przywiązuje się do problemu zapewnienia wzajemnego współdziałania zautomatyzowanych systemów dowodzenia wszystkich rodzajów sił morskich (okrętów nawodnych i podwodnych, lotnictwa morskiego i piechoty morskiej) i rodzajów wojsk. Służyć ma temu również integracja okrętowych środków nawigacji i łączności. Skrytość dowodzenia ma zapewnić szerokie wykorzystywanie aparatury kodowej i urządzeń transmisji danych.

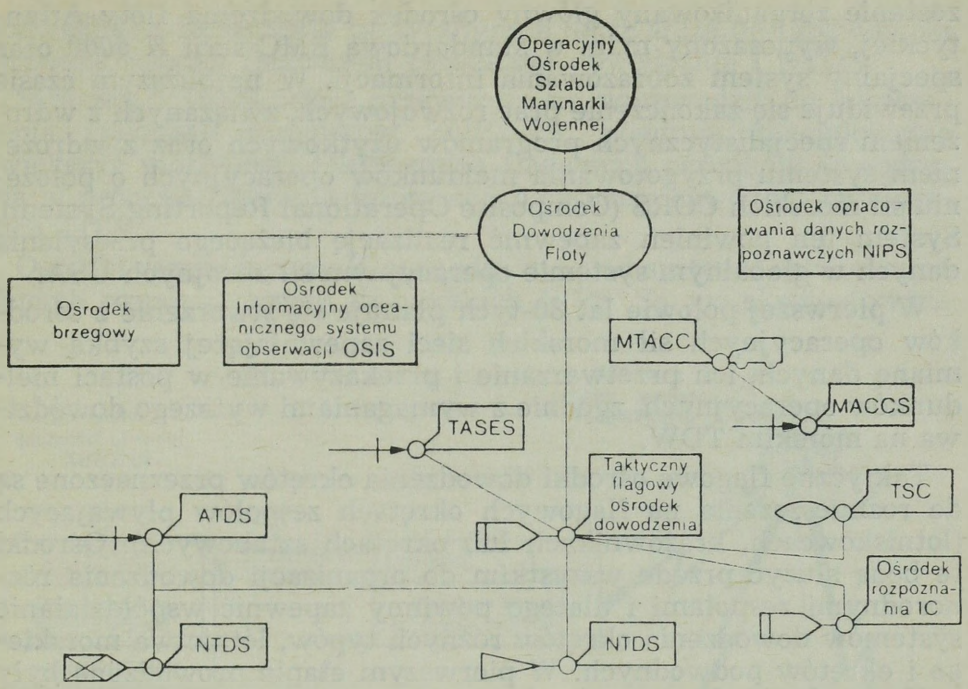
Omawiając systemy informatyczne w siłach morskich, skupimy uwagę na wybranych zautomatyzowanych systemach dowodzenia i kierowania siłami morskimi USA i zautomatyzowanych zintegrowanych systemach nawigacyjnych sił morskich USA, uzupełniając ich ogólną charakterystykę o niektóre dane dotyczące wybranych systemów sił morskich RFN i Francji.

Zautomatyzowany system dowodzenia i kierowania siłami morskimi NCCS

Dowództwo sił morskich Stanów Zjednoczonych przyjęło w 1975 r. długofalowy plan rozwoju systemu dowodzenia siłami morskimi ogólnego przeznaczenia NCCS (Naval Command and



Rys. 4.15. Główne elementy perspektywicznego systemu dowodzenia siłami morskimi i ogólnego przeznaczenia NCCS



Rys. 4.16 Struktura zautomatyzowanego systemu dowodzenia siłami morskimi USA-NCCS

Control System). System tworzą nabrzeżne ośrodki dowodzenia okrętów (rys. 4.15, 4.16).

Nabrzeżne ośrodki dowodzenia flot zapewniają opracowanie i dystrybucję informacji operacyjnych pochodzących z różnych źródeł, przetwarzanie tych informacji i przesyłanie do podległych sił i przełożonych. Jedną z zasadniczych funkcji ośrodków jest integracja informacji otrzymywanych z nabrzeżnych ośrodków obserwacji powietrznej, ośrodków oceanicznego systemu obserwacji OSIS (Ocean Surveillance Information System) i ośrodków systemu opracowania danych rozpoznawczych sił morskich NIPS (Naval Intelligence Processing System). Opracowanie i przetwarzanie informacji będzie realizowane dla potrzeb nabrzeżnych i okrętowych organów dowodzenia. Inną ważną funkcją jest utrzymywanie ciągłej dwustronnej łączności z organami dowództwa strategicznego sił zbrojnych USA.

Nabrzeżne ośrodki dowodzenia flot planuje się rozmieścić przy sztabach głównych dowództw flot oceanów Atlantyckiego i Spokojnego oraz dowództw sił morskich USA w europejskiej strefie operacyjnej. W przyszłości, w głównej bazie morskiej w Norfolk,

zostanie zorganizowany główny ośrodek dowodzenia floty Atlantyckiej, wyposażony m.in. w standardową EMC serii *H 6000* oraz specjalny system zobrazowania informacji. W najbliższym czasie przewiduje się zakończenie prac rozwojowych, związanych z wdrożeniem specjalistycznych programów użytkowych oraz z wdrożeniem systemu przygotowania meldunków operacyjnych o położeniu sił morskich CORS (Composite Operational Reporting System). System ten powinien zapewnić realizację bieżącego przesyłania danych w globalnym systemie operacyjnym sił zbrojnych USA.

W pierwszej połowie lat 80-tych planuje się stworzenie z ośrodków operacyjnych sił morskich sieci zapewniającej szybką wymianę danych, ich przetwarzanie i przekazywanie w postaci meldunków operacyjnych, zgodnie z wymaganiami wyższego dowództwa na morskim TDW.

Taktyczne flagowe ośrodki dowodzenia okrętów przeznaczone są do rozmieszczenia na flagowych okrętach zespołów pływających (lotniskowcach, krążownikach lub okrętach sztabowych). Ośrodki te będą służyć przede wszystkim do organizacji dowodzenia różnorodnymi zespołami i dlatego powinny zapewnić współdziałanie systemów dowodzenia okrętów różnych typów, lotnictwa morskiego i okrętów podwodnych. W pierwszym etapie prowadzone były próby i doświadczenia eksploatacyjne na lotniskowcu *John F. Kennedy* od 1977 r., a od 1979 r. jeszcze na kilku innych okrętach. Natomiast w drugim etapie planuje się opracowanie, przygotowanie i wyposażenie okrętów w standardowy sprzęt (razem ok. 40 typowych kompletów). Zakończenie prac przewidywane jest w 1984 r.

Taktyczne flagowe ośrodki dowodzenia okrętów będą w pewnym sensie integrować następujące ośrodki i systemy dowodzenia:

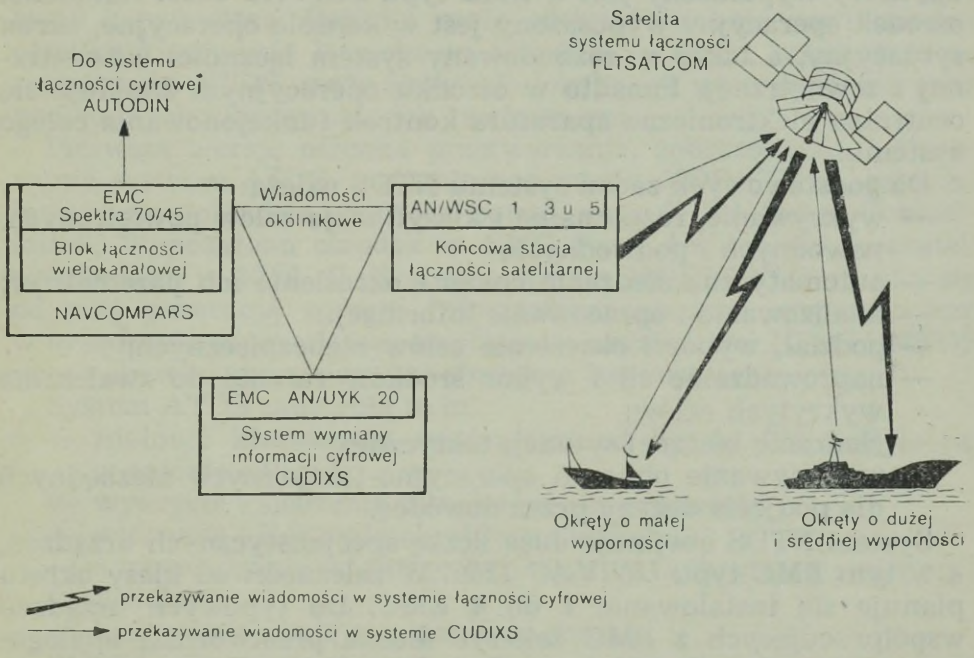
— taktyczne ośrodki zabezpieczenia TSC (Tactical Support Center);
— ośrodki rozpoznawcze IC (Intelligence Center) rozwinięte na lotniskowcach;
— zautomatyzowany system taktycznego powietrznego radiotechnicznego rozpoznania TASES (Tactical Airborne Signal Exploatation System);
— taktyczny morski system dowodzenia NTDS (Naval Tactical Data System).

Taktyczne ośrodki zabezpieczenia TSC przeznaczone są do koordynacji działań lotnictwa morskiego i zwalczania okrętów podwodnych. Powinny zapewniać opracowanie i zobrazowanie informacji dla potrzeb załóg samolotów i dowódców okrętów. Ośrodki są elementami systemu dowodzenia lotnictwem zwalczania okrętów

podwodnych na szczeblu taktycznym, a także służą do zapewnienia łączności między flagowymi ośrodkami dowodzenia i NTDS.

Systemy TASES, które przewiduje się wprowadzić do wyposażenia szesnastu samolotów *ZOPS-3A*, powinny zdecydowanie zwiększyć możliwości taktycznych flagowych ośrodków dowodzenia w procesie zbierania informacji o sytuacji nawodnej na morskich TDW.

Ośrodki rozpoznawcze IC wchodzą w skład systemu opracowania danych rozpoznawczych sił morskich NIPS. Są już eksploatowane



Rys. 4.17. Kolejność wymiany informacji w kanałach łączności satelitarnej sił morskich

od 1962 r., lecz, podobnie jak ośrodki wyżej wymienione, przejdą w latach osiemdziesiątych gruntowną modernizację. W ramach modernizacji przewiduje się wprowadzenie nowoczesnych technicznych środków automatyzacji i organizacji banku danych wraz z niezbędnym oprogramowaniem. W rezultacie tych przedsięwzięć wszystkie okręty powinny dysponować danymi rozpoznawczymi w taktycznym ogniwie dowodzenia dzięki systemowi dowodzenia NTDS (rys. 4.17). Natomiast w ramach doskonalenia systemu NCCS modernizowany będzie system łączności dalekosiężnej sił morskich USA NTS (Naval Telecomunication System).

Taktyczny system dowodzenia NTDS

System NTDS (Naval Tactical Data System) jest kompleksowym, zautomatyzowanym systemem dowodzenia i kierowania siłami i środkami zespołu i pojedynczego okrętu nawodnego różnej klasy i przeznaczenia. System umożliwia dostęp do informacji o aktualnej sytuacji taktycznej oraz pozwala na ocenę sytuacji przez dowódców okrętów i zespołów różnych szczebli dowodzenia. Ośrodek dowodzenia i kierowania systemu składa się z ośrodka operacyjnego oraz ośrodka przetwarzania i zobrazowania informacji, który wyposażony jest w EMC typu *UNIVAC 1230*. Natomiast ośrodek operacyjny wyposażony jest w konsole operacyjne, ekran sytuacyjny, a także w rozbudowany system łączności wewnętrznej i zewnętrznej. Ponadto w ośrodku operacyjnym znajduje się centralna elektroniczna aparatura kontroli funkcjonowania całego systemu.

Do podstawowych zadań systemu NTDS należą:

— wykrywanie, rozpoznanie i klasyfikacja celów powietrznych, nawodnych i podwodnych;
— automatyczne śledzenie celów i określenie ich parametrów;
— analizowanie i opracowanie informacji;
— podział, wybór i określenie celów niebezpiecznych;
— naprowadzanie sił i wybór środków rażenia do zwalczania wykrytych celów;
— śledzenie bieżącej sytuacji taktycznej;
— wykonywanie obliczeń operacyjno-taktycznych niezbędnych dla podjęcia decyzji przez dowódcę.

System NTDS obejmuje dużą liczbę specjalistycznych urządzeń, a w tym EMC typu *UNIVAC 1230*. W zależności od klasy okrętu planuje się instalowanie 1 do 4 EMC. Do typowych urządzeń współpracujących z EMC zaliczyć można przetworniki analogowo-cyfrowe, urządzenia transmisji danych itp. Do specjalistycznych urządzeń zaliczyć natomiast można urządzenia: określania parametrów celu, zobrazowania danych wejściowych ze stacji radiolokacyjnych i hydrolokacyjnych, zobrazowania bieżącej sytuacji operacyjno-taktycznej itp. System NTDS ma możliwość współpracy z takimi systemami, jak: SSNN TRANSIT, ATDS i MTDS.

Do chwili obecnej elementy systemu zainstalowano na 60 okrętach (lotniskowce, krążowniki rakietowe i fregaty rakietowe), planuje się zaś ich zainstalowanie na 30 nowo budowanych niszczycielach typu *DD-963* *. W USA panuje pogląd, że wprowadzenie

* Dane te pochodzą z 1978 r.

do eksploatacji systemu NTDS jest największym wyrazem postępu technicznego w siłach morskich Stanów Zjednoczonych od czasów wprowadzenia radaru.

Powietrzny taktyczny system informatyczny ATDS

System ATDS (Airborne Tactical Data System) jest systemem rozszerzającym funkcje systemu NTDS na obszar obrony powietrznej. System jest przeznaczony do wykrywania i określania celów powietrznych oraz informowania nawodnych sił morskich o zagrożeniu z powietrza. Ponadto może spełniać funkcję powietrznego ośrodka kierowania lotnictwem morskim, a także, współpracując z systemem NTDS, może służyć do lokalizacji wykrytych okrętów podwodnych i kierowania ich zwalczaniem.

Pierwszą wersję ośrodka przetwarzania, zobrazowania i kierowania systemu ATDS, powstałą pod nazwą MODICON-1, zainstalowano na pokładzie samolotu patrolowego *C-121 Super Constellation*. Wyposażono ośrodek w EMC typu *AN/ASQ-54* (początek eksploatacji w 1960 r.). Następna wersja MODICON-3 różniła się od niej generacją sprzętu informatycznego oraz wyposażeniem w urządzenia zapewniające współpracę z systemami NTDS i MTDS oraz nabrzeżnymi systemami obrony przeciwlotniczej.

System ATDS zapewnia m.in.:

— zdolność kierowania działaniami od 50 do 100 samolotów w rejonie celu;
— wykrycie i śledzenie samolotów nieprzyjaciela;
— wykrycie i śledzenie okrętów nawodnych;
— naprowadzanie własnego lotnictwa na wykryte cele nieprzyjaciela;
— kierowanie akcją ratowania na morzu.

W planie rozwoju systemu planuje się zainstalowanie go na wszystkich dużych amerykańskich lotniskowcach uderzeniowych.

Taktyczny system dowodzenia korpusem piechoty morskiej MTACCS

System MTACCS (Marine Corps Tactical Command and Control System) należy do najbardziej rozwiniętych systemów dowodzenia operacjami wojsk korpusu piechoty morskiej. Zgodnie z założeniami projektowymi system w latach osiemdziesiątych tworzyć będą następujące podsystemy:

— system taktycznych działań bojowych TCO (Tactical Combat Operations);

— system operacji lotnictwa taktycznego TAO (Tactical Air Operations);
— zintegrowany system kadrowy i logistyczny MIPLOGS (Marine Integrated Personal and Logistics);
— zintegrowany system wsparcia ogniowego i lotniczego MIFAS (Marine Integrated Fire and Support);
— system łączności COMM (Communications).

Do budowy systemu MIFASS przystąpiono już w 1969 r., który na szczeblu dywizji składał się dotychczas z dwóch podstawowych ośrodków:
— ośrodka koordynacji wsparcia ogniowego artylerii FSCC (Fire Support Coordination Center);
— ośrodka bezpośredniego wsparcia lotnictwa taktycznego DASC (Direct Air Support Center).

Wdrożenie systemu MTACCS planowane jest na początek lat osiemdziesiątych.

Taktyczny system informatyczny piechoty morskiej MTDS

System MTDS (Marine Tactical Data System) przeznaczony jest do kierowania działaniami bojowymi lotnictwa taktycznego w czasie wykonywania desantów morskich przez oddziały korpusu piechoty morskiej. Spełnia on także funkcję kierowania powietrznymi i naziemnymi rakietowymi ośrodkami obrony przeciwlotniczej. System realizuje procesy przesyłania i przetwarzania informacji zarówno cyfrowych, jak i analogowych. Elementy systemu mogą być instalowane na samolotach, śmigłowcach, okrętach desantowych i pojazdach. Pierwsza wersja systemu została oparta na systemie MODICON-2, wykorzystującym EMC typu *AN/TYQ-1* i *AT/TYQ-2*. Zmodernizowana natomiast wersja obejmuje następujące podsystemy:
— centralny ośrodek dowodzenia lotnictwem taktycznym TACS (Tactical Air Command System);
— centralny ośrodek operacyjny lotnictwa taktycznego TAOC (Tactical Air Operation Center);
— centralny ośrodek taktycznej łączności cyfrowej TDCC (Tactical Data Communications Center);

a ponadto:
— system kierowania lotnictwem bezpośredniego wsparcia DASC (Direct Air Support Control);
— stacje radiolokacyjnego naprowadzania lotnictwa taktycznego ASRT (Air Support Radar Teams);
— sekcje kierowania operacjami lotnictwa taktycznego TACP (Tactical Air Control Parties).

System MTDS tworzą: 3—4 ośrodki dowodzenia lotnictwem taktycznym TACS, 12 ośrodków operacyjnych lotnictwa taktycznego TADC, 12 ośrodków taktycznej łączności TDCC. Zasadniczym zaś elementem systemu jest ośrodek dowodzenia lotnictwem taktycznym TACC, który zapewnia zautomatyzowane dowodzenie wszystkimi operacjami lotnictwa taktycznego nad określonym obszarem działań bojowych oddziałów piechoty morskiej. Dla ośrodka TAC źródłami informacji są: ośrodek operacyjny lotnictwa taktycznego TAOC, ośrodek kierowania lotnictwem bezpośredniego wsparcia DASC, jednostki kontroli ruchu powietrznego samolotów piechoty morskiej MACTU (Marine Air Traffic Control Units) oraz grupy samolotów piechoty morskiej MAG (Marine Aircraft Groups). Wymienione ośrodki dowodzenia mają zapewnioną bezpośrednią łączność z systemami NTDS i ATDS.

System MTDS podlega ciągłej modernizacji w miarę wprowadzania nowych technologii elektronicznych, technicznych środków informatyki i łączności itp. do sił zbrojnych USA.

Morski, powietrzny i naziemny system rozpoznania MAGIS

System MAGIS (Marine Air Ground Intelligence System) przeznaczony jest do przetwarzania informacji rozpoznania taktycznego, uzyskanych środkami rozpoznania powietrznego i naziemnego oraz z innych źródeł (także w postaci graficznej, fotograficznej itp.). System ten tworzą następujące podsystemy:

— system szybkiej, automatycznej obróbki zdjęć z rozpoznania lotniczego i ich powielania;
— system wstępnej analizy wyszukiwania zdjęć i przeźroczy ze zmagazynowanego ich zbioru, z możliwością korzystania z banku informacji cyfrowych w celu sporządzenia odpowiednich opracowań wywiadowczych;
— system analizy informacji rozpoznawczych i wywiadowczych, umożliwiający ręczne i automatyczne obrazowanie, sprawdzanie i korelację tych informacji dla potrzeb poszczególnych szczebli dowodzenia;
— system taktycznego rozpoznania elektronicznego oraz przetwarzania i oceny informacji TERPES (Tactical Electronic Reconaissance Procesing and Evaluation System);
— ośrodek koordynacji działań w prowadzeniu wojny elektronicznej SEWCC (Signal Intelligence Electronic Warfare Coordination Center), wyposażony w elektroniczne urządzenia do zdobywania i przetwarzania informacji z zakresu działania i przeciwdziałania radioelektronicznego.

System MAGIS stosowany jest na szczeblu dywizji i skrzydła lotniczego piechoty morskiej Stanów Zjednoczonych.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że programy użytkowe systemu MAGIS, a także większości innych systemów informatycznych w siłach zbrojnych USA, zostały opracowane w języku JOVIAL J-3.

Zautomatyzowany system dowodzenia marynarką wojenną RFN — MHQ

Podstawowym zadaniem zautomatyzowanego systemu dowodzenia MHQ (Marine Haupf Quartier) jest gromadzenie i zobrazowanie informacji o sytuacji operacyjno-taktycznej na morskim TDW, a także wspomaganie procesu dowodzenia siłami morskimi i powietrznymi w operacjach marynarki wojennej. System obsługuje główne stanowisko dowodzenia marynarki wojennej (GSD) oraz lokalne stanowiska dowodzenia, przy czym jedno z nich spełnia funkcję zapasowego stanowiska dowodzenia. Każde GSD marynarki wojennej obejmuje centralę operacyjną i węzeł łączności, a ponadto funkcjonuje w ramach zautomatyzowanej stacjonarnej sieci dalekopisowej współdziałania z GSD sił powietrznych i GSD sił lądowych. Komputery, wykonujące obliczenia dla potrzeb centrali operacyjnej, biorą także udział w sterowaniu siecią łączności. Proces przetwarzania danych oparto na wykorzystaniu EMC produkcji AEG-TELEFUNKEN.

A zatem, w skład centrali operacyjnej wchodzą: ośrodek obliczeniowy oraz stanowiska robocze, natomiast w skład węzła łączności: centrala eksploatacyjna, główne centrum nadawcze, stanowiska robocze łączności z okrętami i samolotami.

Funkcjonujący w systemie bank danych zawiera informacje o około 20 000 okrętach i jednostkach pływających, dotyczące ich parametrów taktycznych i techniczno-eksploatacyjnych. Dla wszystkich jednostek pływających określane są automatycznie ich pozycje, co pozwala na dysponowanie aktualnym obrazem sytuacji. Oprócz określania współrzędnych geograficznych pozycji wyznaczane są takie wielkości charakteryzujące obiekt, jak np.: zapas paliwa, czas wejścia do portu lub lądowania na lotnisku, czas wynurzenia się okrętu podwodnego itp. Informacje operacyjne przedstawiane są w formie tabelarycznej i w dowiązaniu do warunków geograficznych. Na dużych wskaźnikach optycznych obiekty zobrazowane są w postaci umownych znaków, z oznakowaniem przynależności i na tle warunków geograficznych (np. linii brzegowej, wysp itp.). Obraz może być także zdekomponowany i powiększony 16-krotnie względem obrazu całościowego.

Ponadto do celów szkoleniowych system umożliwia także symulowanie sytuacji operacyjnej. W systemie funkcjonują trzy EMC, z których jedna jest rezerwową.

Zbudowany przez firmę AEG-TELEFUNKEN system MHQ uzyskał bardzo wysoką ocenę specjalistów ze względu na dobre efekty eksploatacyjne, w 1973 r. został wprowadzony na wyposażenie marynarki Republiki Południowej Afryki (GSD zbudowano w Silvermine koło Kapsztadu).

Zautomatyzowany taktyczny system dowodzenia SATIR I

System SATIR I (System zur Auswertung Taktischer Informationen auf Rakietenzestroren) znajduje się na wyposażeniu niszczycieli rakietowych typu *103* i zapewnia sprawne dowodzenie okrętami wchodzącymi w skład zespołu sił lekkich, spełniając równocześnie dwie funkcje:

— uzyskanie i przetwarzanie informacji niezbędnych do dowodzenia okrętem oraz optymalnego wykorzystania właściwości bojowych niszczyciela rakietowego;

— uzyskanie i przetwarzanie informacji dotyczących oceny sytuacji taktycznej oraz danych potrzebnych do dowodzenia okrętem.

Wszystkie informacje o wykrytych celach przez okrętowe środki obserwacji powietrznej, nawodnej i podwodnej przekazywane są automatycznie do centralnego urządzenia obserwacyjnego dowódcy okrętu (zespołu). Można także przesyłać informacje o sytuacji taktycznej innym okrętom wyposażonym w zautomatyzowany system dowodzenia (AGIS lub VEGA). Informacje na temat ogólnej sytuacji bojowej w strefie obserwacji okrętów mogą być przekazywane w postaci cyfrowej na bieżąco do sztabu dowództwa sił morskich. Między okrętami informacje przekazywane są drogą radiową (UKF), natomiast przy przekazywaniu ich na większe odległości używa się retranslatorów (okręty lub samoloty). Istnieje także możliwość wymiany informacji między okrętami nie wyposażonymi w systemy typu SATIR, AGIS lub VEGA, jednak korzysta się wtedy z łączności dalekopisowej. Czas opracowania danych, niezbędnych do powzięcia decyzji, wynosi w systemie SATIR I 7 sekund.

Ulepszoną i rozszerzoną wersją systemu SATIR I jest system SATIR II, który wyposażono w najnowocześniejsze urządzenia radiolokacyjne, w tym mające możliwość odróżnienia celów pozorowanych od celów rzeczywistych. System SATIR II pozwala

realizować podstawowe zadania informacyjne w czasie krótszym niż w jego pierwotnej wersji. Przewiduje się wprowadzenie go na wyposażenie nowoczesnych fregat rakietowych typu *122*.

Zautomatyzowany system dowodzenia i kierowania uzbrojeniem AGIS

System AGIS (Automatisiertes Gefehts und Informations System für Schnelboote) połączony jest z podsystemem kierowania uzbrojeniem typu *M20/2-81DU*. Składa się z następujących elementów:

— centrali operacyjnej z EMC typu *UNIVAC-1830 B* i tablicą sytuacji bojowej zespołu oraz pulpitem operacyjnym dla oceny sytuacji bojowej okrętu;
— przelicznika analogowego do kierowania uzbrojeniem;
— urządzenia odbiorczego łączności LINK 11;
— centrali artyleryjskiej;
— centrali torpedowej;
— urządzenia do kierowania torpedami SEEAAL;
— stacji radiolokacyjnej ze stabilizowanymi antenami.

Do podstawowych zadań systemu AGIS należą:

— zapewnienie optymalnego użycia uzbrojenia i kierowania ogniem;
— zapewnienie ciągłości zobrazowania sytuacji bojowej (w tym w ramach ugrupowania marszowego lub bojowego zespołu uderzeniowego).

Podstawowymi podsystemami są:

— zespoły radiolokacyjne;
— zespół zobrazowania sytuacji taktycznej;
— zespół przesyłania danych;
— zespół informatyczny (komputera);
— zespół kierowania uzbrojeniem okrętu.

Podsystem radaru jest przeznaczony do rozpoznania powietrznego i nawodnego, identyfikacji wykrytych celów i nawigacji taktycznej. Podsystem zobrazowania służy do przedstawiania sytuacji taktycznej w czasie rzeczywistym, a podsystem przesyłania danych zapewnia bezpośrednią automatyczną wymianę informacji między okrętami zespołu i dowództwem floty, przy zastosowaniu systemu łączności LINK-11. Podsystem komputerowy działa jako centralny zespół sterowania w systemie AGIS, natomiast podsystem kierowania uzbrojeniem okrętu służy do kierowania ogniem artylerii, broni rakietowej i podwodnej. W skład podsystemu kierowania uzbrojeniem typu *M20/2-81DU* wchodzą:

— stacje radiolokacyjne do obserwacji powietrznej i nawodnej;

— centrala artyleryjska i torpedowa z analogową maszyną;
— urządzenia do kierowania torpedami typu SEEAAL.

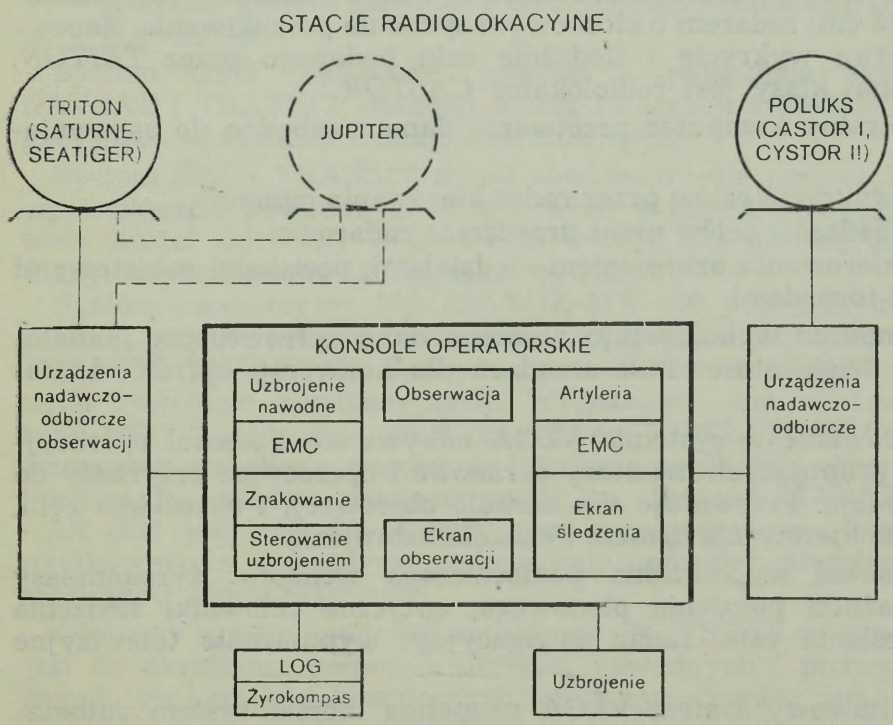
Przeciętny czas opracowania danych przez system wynosi:
— dla celów powietrznych — 10 sekund;
— dla celów nawodnych — 20 sekund.

Zautomatyzowany system dowodzenia AGIS został wprowadzony do wyposażenia rakietowych kutrów RFN typu *143* w latach 1974—1977.

Taktyczny sytem przetwarzania danych VEGA

System VEGA (Systeme de Traitement Tactique pour la Marine), produkowany przez francuską firmę Thomson-OSF, przeznaczony jest do wykrywania i śledzenia celów oraz kierowania ogniem uzbrojenia okrętów (rys. 4.18).

W skład systemu wchodzą:
— stacje radiolokacyjne obserwacji nawodno-powietrznej (TRITON, SATURNE lub SEA TIGER);



Rys. 4.18. Schemat blokowy taktycznego systemu informatycznego VEGA

— stacje radiolokacyjne do kierowania ogniem (POLLUX, CASTOR);
— EMC;
— konsole dla zobrazowania sytuacji taktycznej;
— wyposażenie pomocnicze.

W zależności od potrzeb system powinien spełniać następujące funkcje:

— określanie parametrów wykrytych celów dla uzbrojenia okrętu;
— kierowanie ogniem uzbrojenia okrętu (w relacji „woda-woda" i „woda-powietrze");
— nawigacja okrętu.

Radiolokator *TRITON* przeznaczony jest dla szybkich jednostek o wyporności ok. 200 ton i ma zasięg do 30 km, natomiast *SATURNE II* przewidziano dla jednostek o wyporności od 500 ton (ma zasięg ok. 115 km). Podobne dane charakteryzują radiolokator *SEA TIGER*. Radiolokator *JUPITER* jest radarem obserwacji powietrznej o dalekim zasięgu.

Z kolei radiolokator kierowania ogniem *POLLUX* jest x-pasmowym (3 cm) radarem o stożkowym systemie poszukiwania. Zapewnia łatwe wykrycie i śledzenie celu podanego przez *TRITON*. Podobnej klasy jest radiolokator *CASTOR*.

Centralny komputer przetwarza dane niezbędne do zapewnienia:

— wykrycia celów przez radar kierowania ogniem;
— śledzenia celów przez urządzenia radarowe;
— kierowania uzbrojeniem — działami, pociskami rakietowymi i torpedami.

Komputer wykorzystuje zarówno dane cyfrowe, jak i analogowe, dzięki stosowaniu urządzeń dla konwersji cyfrowo-analogowej.

Kierowanie w systemie VEGA odbywa się z konsol operacyjnych, grupujących monitory ekranowe i operacyjne przyrządy do sterowania. Przewiduje się: konsole obserwacji i określania celu, konsole kierowania ogniem i konsole uzbrojenia.

W skład wyposażenia pomocniczego wchodzą: żyrokompasy i wskaźniki położenia pionowego, optyczne celowniki śledzenia i określania celu, radar nawigacyjny, wyposażenie telewizyjne itp.

Podstawowy system VEGA uzupełnia morski system automatycznego opracowania informacji SATIN IV oraz jego doskonalszą wersję SATIN V. System VEGA uważany jest za nowoczesny,

dobrze przystosowany do realizacji zadań na okrętach o małym i średnim tonażu. Należy dodać, że w chwili obecnej w system VEGA wyposażone są kutry rakietowe RFN typu *148*.

Zintegrowany system nawigacyjny sił morskich

W celu zwiększenia skuteczności środków bojowych przeznacza się w USA znaczne nakłady na realizację programu ABRESS (Advanced Balistic Re-entry System). Podstawowym wymaganiem stawianym temu systemowi jest usprawnienie nawigacji dla atomowych okrętów podwodnych, a także zwiększenie efektywności zautomatyzowanych systemów dowodzenia sił lądowych, powietrznych i morskich. Realizacja programu ABRESS przyczyniła się do powstania takich globalnych systemów nawigacyjnych, jak:

— morski satelitarny system nawigacyjny NNSS (Navy Navigation Satellite System) TRANSIT, będący na wyposażeniu sił morskich USA;
— NAVSAT (621B), będący na wyposażeniu sił powietrznych USA oraz
— globalny system pozycyjny GPS (Global Positioning System) NAVSTAR.

System GPS NAVSTAR powstał z połączenia systemów NAVSAT i TRANSIT; stanowi wyraz integracji systemów nawigacyjnych wszystkich rodzajów sił zbrojnych.

System NNSS TRANSIT został zbudowany dla potrzeb atomowych okrętów podwodnych uzbrojonych w pociski rakietowe *Polaris*. Został wdrożony w 1964 r., a w trzy lata później udostępniony innym użytkownikom, także cywilnym.

System nawigacyjny MAGNAVOX-MX 200 jest jednym z aktualnie produkowanych zestawów nawigacji satelitarnej NNSS TRANSIT (TIMATION). Zapewnia uniezależnienie się od nabrzeżnych systemów nawigacyjnych. Wyposażony jest w komputer typu *HP2100 A* produkowany przez firmę HEWLETT PACKARD. Komputer umożliwia sterowanie kursem i prędkością okrętu, wykonywanie obliczeń nawigacyjnych itp. System MAGNAVOX-MX 200 jest globalnym systemem nawigacyjnym, dostępnym użytkownikom w każdym punkcie kuli ziemskiej, niezależnie od warunków atmosferycznych.

Globalny system nawigacji satelitarnej NAVSTAR przeznaczony jest do określania położenia okrętów nawodnych i podwodnych, samolotów i statków kosmicznych. Może być również wykorzystany do naprowadzania strategicznych balistycznych pocisków rakietowych, pocisków manewrujących *CRUISE* itp.

System GPS NAVSTAR tworzą 24 satelity, zapewniające określenie trzech podstawowych parametrów obiektów:

— pozycji (współrzędne geograficzne) obiektu z dokładnością do 10 m;
— wysokości lotu obiektu z dokładnością do 9 m;
— prędkości ruchu obiektu z dokładnością do 0,06 m/s.

Masa satelity wynosi średnio 350 kg. Czas nieprzerwanej pracy systemu, określony początkowo na 4 lata, zwiększy się do 7 lat. GPS NAVSTAR składa się z trzech zasadniczych elementów: zespołu satelitarnego, naziemnych stacji kontrolnych i indywidualnego wyposażenia użytkowników. Zespół satelitarny składa się z satelitów krążących po orbitach o promieniu 17 491 km, rozmieszczonych w trzech płaszczyznach, nachylonych w stosunku do równika pod kątem 63°. Okres obiegu po orbicie jest jednakowy dla wszystkich satelitów i wynosi 12 godzin; w każdej z płaszczyzn krąży 8 satelitów. Pozwala to na ciągłe pokrycie całej powierzchni Ziemi. Każdy satelita nadaje sygnały na dwóch częstotliwościach z zakresu *L* (0,4 — 1,6 GHz), składające się z dwóch rodzajów sygnałów nawigacyjnych: do precyzyjnego określania położenia i do wyznaczania kursu. Każdy z satelitów oraz stacje naziemne emitują częstotliwość nośną modulowaną kodem pseudoszumowym o stosunkowo dużym okresie powtarzania.

Oprócz sił powietrznych i morskich system będzie wykorzystywany w siłach lądowych, m.in. do określenia położenia jednostek rozpoznawczych, współrzędnych elementów dowodzenia i kierowania ogniem artylerii. Z systemu NAVSTAR korzystać będą wszystkie państwa NATO.

Przewiduje się także, że doskonalony system GPS NAVSTAR powinien zapewniać: nawigację (włącznie z naprowadzaniem do lądowania) samolotów wojskowych i cywilnych, nawigację morską, zdalne naprowadzanie i kierowanie strategicznych pocisków rakietowych, korekturę orbity lotu satelitów rozpoznawczych, ostrzegania i telekomunikacyjnych, współdziałanie z innymi systemami nawigacyjnymi, a także będzie mógł być stosowany na szczeblu taktycznym do celów orientacji w terenie pojazdów bojowych. Ma być także wykorzystywany w badaniach geodezyjnych i fotometrycznych.

Uwagi końcowe

Dowództwa sił morskich USA i innych państw NATO zostały wyposażone w zautomatyzowane systemy dowodzenia, umożliwiające znaczne skrócenie czasu podejmowania decyzji. Zautomaty-

zowany taktyczny system dowodzenia sił morskich USA — NTDS, w który wyposażono około 80 okrętów, pozostanie w najbliższych latach głównym systemem dowodzenia sił morskich na szczeblu taktycznym. Rozwój systemu prowadzić będzie przede wszystkim do pełnej unifikacji technicznych środków informatycznych i łączności. Zgodnie z jednym z projektów rozwoju systemu przewidywane jest wprowadzenie urządzeń zobrazowania informacji *AN/UYQ-21* o konstrukcji modułowej, w które do roku 1990 zostaną wyposażone wszystkie taktyczne systemy dowodzenia sił morskich. Przewidywane jest ponadto usprawnienie kompleksu zautomatyzowanej radiolinii LINK 11 przez wyposażenie jej w małą EMC typu *AN/UYK-20*, display *AN/USQ-69* i aparaturę przekaźnikową. Jeden z programów badawczo-rozwojowych przewiduje opracowanie specjalnego wariantu systemu dla niszczycieli typu *Charis Adams* i niektórych fregat. Będzie on wyposażony w standardową EMC typu *AN/UYK-7*, urządzenie zobrazowania informacji typu *AN/UYQ-21* i urządzenie peryferyjne.

Aktualnie siły morskie wykorzystują 60 zestawów urządzeń systemu NTDS na lotniskowcach, fregatach rakietowych i krążownikach, a pozostałe państwa NATO — 19 zestawów. Nowe wersje systemu instaluje się na większości budowanych obecnie okrętów, w tym na 30 niszczycielach typu *DD-963*.

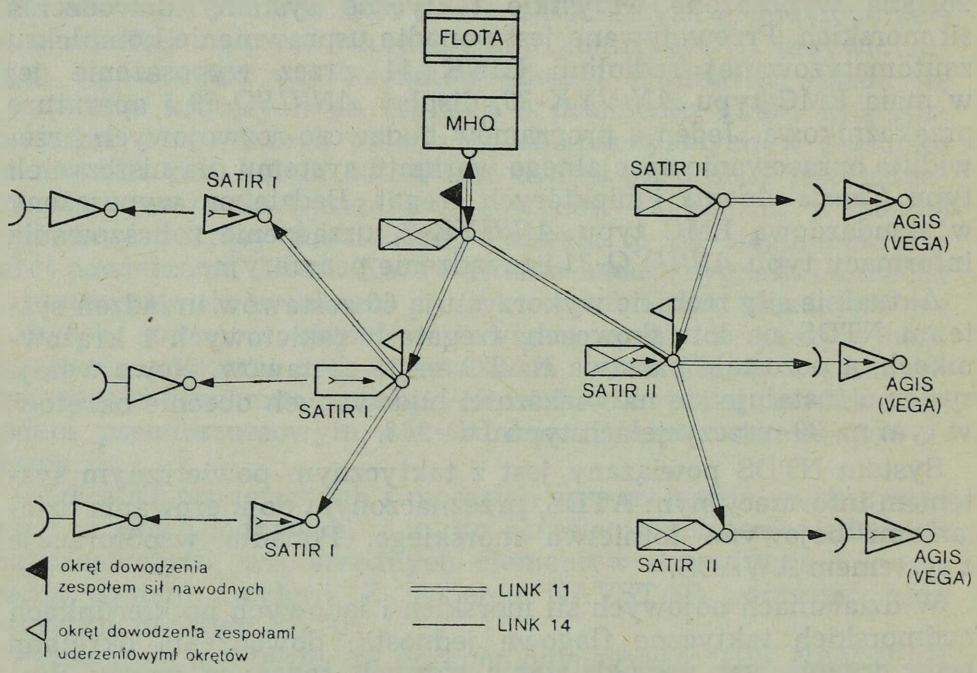
System NTDS powiązany jest z taktycznym powietrznym systemem informacyjnym ATDS, przeznaczonym do kierowania działaniami bojowymi lotnictwa morskiego. Ponadto współpracuje z systemem AWACS.

W działaniach bojowych sił morskich i lądowych na kierunkach nadmorskich taktyczne flagowe jednostki dowodzenia okrętami będą organizować współdziałanie różnych rodzajów wojsk. Wymaga to realizacji programu integracji systemów dowodzenia. Odpowiedzialność za integrację systemów TACS (Tactical Air Centre System), TADS (Tactical Air Defense System) i GAMO (Ground and Amphibions Military Operations) ponosi szef sztabu sił morskich USA. Program TACS/TADS przewiduje integrację dowodzenia lotnictwem i obroną powietrzną. W siłach morskich integracją objęto systemy NTDS, ATDS i MACCS; w wojskach lądowych — zautomatyzowane systemy dowodzenia artylerią przeciwlotniczą AN/TSQ-73; w siłach powietrznych — zautomatyzowane systemy dowodzenia lotnictwem taktycznym TACS.

Program GAMO ukierunkowany jest na integrację systemów dowodzenia różnych rodzajów wojsk w działaniach desantowych. Obejmuje on: w siłach morskich — systemy TCOS, MIFASS, MAGIS; w wojskach lądowych — systemy TOS i TACFIRE oraz

zautomatyzowany system określenia położenia, rozpoznania i przekazywania danych PLRS; w siłach powietrznych — taktyczny system opracowania informacji rozpoznawczych TIPI. Realizację programu rozpoczęto w 1978 r., jego zaś zakończenie przewiduje się w 1986 r.

Tendencje integracyjne występują także w systemach nawigacji i łączności (rys. 4.19).



Rys. 4.19. Schemat obiegu informacji i łączności w procesie dowodzenia związkiem operacyjno-taktycznym sił morskich z wykorzystaniem systemów informatycznych: MHQ, SATIR, AGIS i VEGA

4.7. Globalne zautomatyzowane systemy kierowania siłami zbrojnymi

Pewną syntezę doświadczeń USA i innych państw NATO w dziedzinie automatyzacji systemów dowodzenia wyrażają rozwiązania strukturalne i techniczne przyjęte w tzw. globalnych systemach informatycznych. Globalnymi systemami informatycznymi określa się systemy zaspokajające potrzeby informacyjne polityczno-wojskowego kierownictwa sił zbrojnych w różnorodnych sytuacjach zarówno w okresie pokoju, jak i wojny.

Globalny system operacyjnego kierowania siłami zbrojnymi USA — WWMCCS

W 1961 r. na bazie istniejących ośrodków z centralnych instytucji wojskowych i dowództw rozpoczęto prace zmierzające do ich integracji, a w rezultacie do powstania kompleksowego systemu informatycznego sił zbrojnych. Efektem powyższych przedsięwzięć był globalny system operacyjny kierowania i dowodzenia siłami zbrojnymi USA — WWMCCS (World Wide Military Command and Control System), funkcjonujący od 1971 r.

W skład systemu wchodzi ok. 120 ośrodków i punktów kierowania, wykorzystujących ponad 80 komputerów różnego typu, przy czym w ramach unifikacji sprzętu informatycznego wprowadzono EMC typu *IBM 360* lub *G-6000*.

Oparcie funkcjonowania systemu na wszechstronnym wykorzystaniu EMC pozwala na zbieranie, przesyłanie i przetwarzanie bardzo dużej ilości informacji, pochodzących z bardzo licznych źródeł, w odpowiednio krótkim czasie. Powoduje to, że odpowiednie osoby funkcyjne dowództw i instytucji centralnego kierownictwa dysponują pełnymi i aktualnymi informacjami o bieżącej sytuacji polityczno-militarnej, a także o perspektywach rozwoju tej sytuacji we wszystkich rejonach kuli ziemskiej.

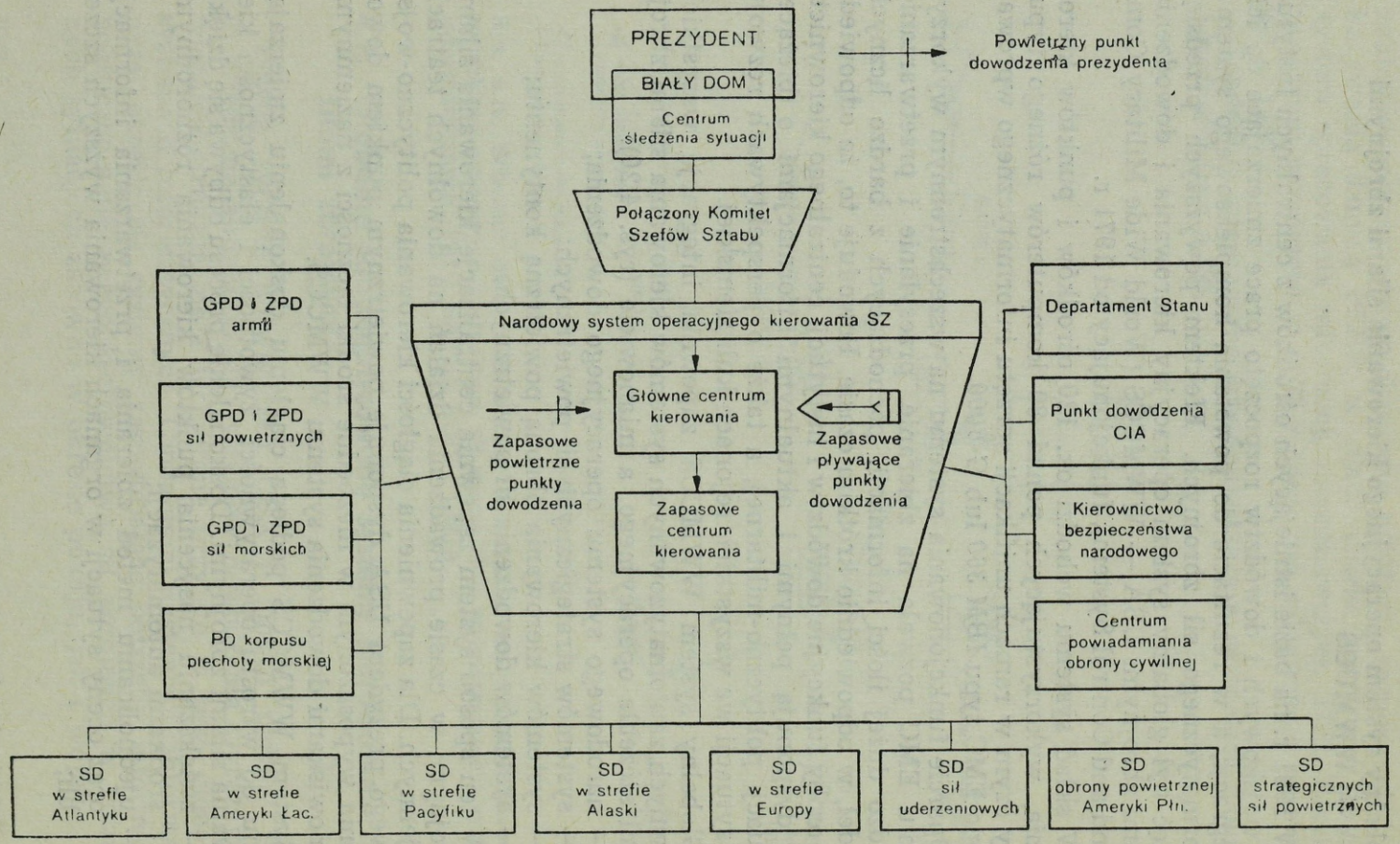
Globalny system WWMCCS zapewnia integrację wszystkich głównych zautomatyzowanych systemów kierowania siłami zbrojnymi szczebla operacyjnego, a mianowicie (rys. 4.20):

— narodowego systemu operacyjnego dowodzenia;
— systemów strategicznych sił powietrznych;
— systemów kierowania obroną powietrzną kontynentu;
— systemów dowodzenia sił powietrznych.

W ten sposób system zapewnia centralizację kierowania siłami zbrojnymi w czasie prowadzenia działań na dowolnych teatrach wojennych. Dla zapewnienia ciągłości kierowania polityczno-wojskowego prezydent USA dysponuje powietrznym punktem dowodzenia wyposażonym w niezbędne środki łączności z naziemnymi stanowiskami dowodzenia systemu WWMCCS.

System WWMCCS podlega ciągłemu doskonaleniu zmierzającemu do wzrostu operatywności, żywotności i elastyczności kierowania siłami zbrojnymi. Doskonalenie procesu odbywa się dzięki:

— zwiększaniu nasycenia punktów kierowania różnorodnymi środkami automatyzacji;
— ujednolicaniu metod zbierania i przetwarzania informacji oraz oceny sytuacji w organach kierowania wyższych szczebli;



Rys. 4.20. Struktura globalnego systemu kierowania siłami zbrojnymi USA

— pełnej standaryzacji oprogramowania systemów i jego niezawodności;
— doskonaleniu systemu łączności.

Narodowy system dowodzenia NMCS

System dowodzenia NMCS (National Military Command System) jest podsystemem systemu WWMCCS, przeznaczonym dla prezydenta, ministra obrony i połączonego komitetu szefów sztabów, wykorzystywanym do kierowania siłami zbrojnymi w czasie pokoju i w czasie wojny.

W skład systemu NMCS wchodzą:
— główne centrum kierowania;
— zapasowe centrum kierowania;
— pływające punkty kierowania;
— powietrzne punkty kierowania.

Główne centrum kierowania tworzą następujące elementy: ośrodek analizy bieżącej sytuacji, pomieszczenia pracy połączonego komitetu szefów sztabów i kierownictwa polityczno-wojskowego, ośrodek łączności, pomieszczenia techniczne. W centrum pełnione są pięciozmianowe dobowe dyżury. Do analizy każdej strefy geograficznej wyznaczeni są trzej oficerowie kierunkowi, przy czym dwóch z nich przygotowuje komunikat operacyjny za okres doby, a trzeci opracowuje codzienny meldunek dla naczelnego dowództwa. Ponadto działa specjalna grupa pogotowia alarmowego, odpowiedzialna za przekazywanie sygnałów alarmowych. Główne centrum dysponuje następującymi danymi:
— o stanie sił zbrojnych USA i sojuszników oraz potencjalnych przeciwników;
— o ośrodkach przenoszenia broni stron (rozmieszczenie, stan gotowości itp.);
— o lokalizacji wykonywanych uderzeń jądrowych (własnych i nieprzyjaciela);
— o warunkach meteorologicznych (do celów planowania działań bojowych, prognozowania stref skażeń itp.);
— stopniu zagrożenia sił zbrojnych i potencjału gospodarczego od uderzeń jądrowych nieprzyjaciela;
— o przewidywanych stratach nieprzyjaciela zadanych uderzeniami jądrowymi wojsk własnych;
— o siłach zbrojnych i wielkości potencjału gospodarczego, ocalałych po obustronnych zmasowanych uderzeniach jądrowych itp.

W oparciu o posiadane dane przygotowuje się w centrum warianty decyzji, które następnie są przedstawiane połączonemu

komitetowi szefów sztabów, ministrowi obrony i prezydentowi. W wypadku zaistnienia sytuacji kryzysowej podstawę działania stanowi jeden z wcześniej przygotowanych planów. Należy podkreślić, że centrum dysponuje 8 ogólnymi planami prowadzenia wojny i ponad 60 planami prowadzenia działań bojowych w różnych warunkach, a ponadto wieloma symulacyjnymi modelami działań bojowych, wykorzystywanymi w komputerowych grach wojennych i ćwiczeniach dowódczo-sztabowych.

Centrum ma bezpośredni utajniony system łączności ze wszystkimi wojskowymi i państwowymi organami władzy, natomiast z Białym Domem za pośrednictwem łączności telewizyjnej (kolorowej). Ze wszystkimi zapasowymi punktami dowodzenia centrum jest sprzężone za pomocą systemu utajnionej łączności telefonicznej, telegraficznej, telekopiowej, telewizyjnej i teledacyjnej.

Automatyczne przetwarzanie danych odbywa się w EMC: *IBM 360/50, IBM 360/65, IBM 1410, IBM 140.* Systemy te obsługują bank danych NIPS, w którym przechowywane są niezbędne dane o bieżącej sytuacji, o położeniu sił i środków i stanie ich gotowości, o stanie zabezpieczenia materiałowo-technicznego i medycznego, o broni jądrowej, o wynikach rozpoznania, o zaistniałych zdarzeniach politycznych i militarnych, o przebiegu mobilizacji itp. Dzięki funkcjonowaniu banku tych danych wszystkie zapasowe centra i punkty dowodzenia mają pełne i aktualne dane o sytuacji polityczno-wojskowej. Ponadto dane z banku danych o sytuacji, zapisane na taśmach magnetycznych, znajdują się w dyspozycji grup operacyjnych w powietrznych elementach dowodzenia. Natomiast urządzenia techniczne, znajdujące się w centrum głównym, umożliwiają dostęp do ogólnej informacji w zbiorach i zobrazowanie jej w postaci najdogodniejszej do analizy. Do tego celu służą m.in.: dalekopisy, drukarki, grafoskopy, indywidualne monitory ekranowe i wielkie monitory bieżącej sytuacji (o wymiarach 2,4×3 m), tablice świetlne itp.

Zapasowe centra dowodzenia — podziemne, pływające i powietrzne — przeznaczone są do kierowania siłami zbrojnymi w wypadku zmasowanych uderzeń jądrowych nieprzyjaciela. Wyposażenie, funkcje i zadania podziemnego zapasowego centrum dowodzenia są identyczne, jak w przypadku głównego centrum kierowania. Zapasowe pływające elementy dowodzenia utworzono na bazie dwóch okrętów: krążownika *Northampton* i lotniskowca *Wright*, z których jeden znajduje się zawsze w stanie pełnej gotowości. Okręty wyposażono w nowoczesne środki przetwarzania, zbierania i zobrazowania informacji, w tym specjalizowane EMC o dużej pojemności pamięci, zestaw ekranów, monitorów, tablic świetlnych i urządzeń wydruku. Łączność cyfrową i foniczną za-

pewnia funkcjonowanie 60 nadajników i ponad 150 odbiorników, co stwarza praktycznie nieograniczone możliwości w tej dziedzinie.

Zapasowe powietrzne elementy dowodzenia zapewniają ciągłość dowodzenia siłami zbrojnymi w przypadku zniszczenia elementów naziemnych. Dotychczas tworzono je w samolotach typu *EC-135A (C)* na powierzchni użytkowej ok. 80 m², wyposażonych w zestaw urządzeń łączności radiowej — fonicznej i cyfrowej, pokładowy komputer z odpowiednim zestawem urządzeń we-wy i zobrazowania informacji. Szybkość działania pokładowego komputera wynosi ok. 400 000 operacji/s, a pojemność pamięci — ok. 1 mln bajtów. Zestaw urządzeń informatycznych umożliwia przechowywanie podstawowych planów operacyjnych, rejestr wszystkich wydanych wstępnych zarządzeń i komend oraz inne informacje o siłach własnych i przeciwnika. Umożliwia zdalne kierowanie środkami przenoszenia broni jądrowej.

Rozwój systemu NMCS powoduje wycofywanie dotychczasowych powietrznych elementów dowodzenia i zastępowania ich samolotami typu *E-4B (Boeing 747)*. Wyróżniają się one m.in. większą powierzchnią użytkową (ok. 200 m²) oraz liczbą zautomatyzowanych stanowisk roboczych i środków łączności.

Na razie nie przewiduje się instalowania nowych EMC w powietrznych elementach dowodzenia, gdyż coraz częściej podważana jest celowość przetwarzania danych za pomocą EMC na pokładzie samolotów do celów kierowania siłami zbrojnymi.

4.8. Zakończenie

Rozdział poświęcony wojskowym systemom informatycznym na Zachodzie obejmuje krótką charakterystykę wybranych zautomatyzowanych systemów dowodzenia i kierowania, uznanych za najbardziej interesujące przykłady rozwoju automatyzacji dowodzenia w armiach państw NATO (oraz we Francji). Dokonując ich charakterystyki zwracano uwagę przede wszystkim na rozwiązania systemowe oraz rodzaje stosowanych technicznych środków informatyki. Należy zdawać sobie sprawę z tego, że nie jest to charakterystyka pełna, jak też niepełny jest katalog omawianych systemów. Czytelnika zainteresowanego systemami lat 50-tych i 60-tych odsyłamy do książki J. Nowickiego,* natomiast Czytelnik interesujący się perspektywami rozwoju informatyki w armiach kapitalistycznych odnajdzie wiele ciekawych materiałów w dostępnych

* J. Nowicki: *Zautomatyzowane systemy dowodzenia i kierowania w armiach zachodnich*. Wyd. MON, Warszawa 1972 r.

periodykach takich, jak: SIGNAL, DATAMOTION, INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, SOLDAT UND TECHNIK i innych.

Omawianie systemów informatycznych rozpoczęliśmy charakterystyką systemów stosowanych w procesach dowodzenia siłami lądowymi i kierowania ogniem, następnie przedstawiono niektóre systemy sił obrony powietrznej i sił lotniczych oraz systemy sił morskich, aby na zakończenie przedstawić tzw. systemy globalne.

Uzupełnieniem tych materiałów są dane dotyczące EMC, wykorzystywanych na Zachodzie, oraz rozważania będące próbą analizy przewidywanych kierunków rozwoju zautomatyzowanych systemów dowodzenia.

Komputerem, spełniającym wymagania dotyczące: dużych szybkości, niskich kosztów, wysokiej niezawodności, zmniejszenia masy, poboru mocy i rozmiarów, jest komputer firmy IBM * reprezentujący serię System/4 Pi. IBM bierze udział w pracach nad systemem zwalczania obiektów pływających przy zastosowaniu śmigłowców, na pokładzie których ma znajdować się procesor PROTEUS, generator znaków dla wielozadaniowych alfanumerycznych monitorów ekranowych, urządzenia wprowadzania i wyprowadzania danych oraz wyposażenie kontrolno-pomiarowe. Jednym z zadań IBM było opracowanie systemu, który umożliwia śledzenie i naprowadzanie 6 obiektów poruszających się w powietrzu w zwartej formacji. Do podstawowych aktualnych przedsięwzięć należą:

— prace nad architekturą perspektywicznego globalnego systemu dowodzenia WWMCCS;
— udział w pracach nad systemem wczesnego ostrzegania i dowodzenia z powietrza lotnictwem AWACS;
— koordynacja systemów dowodzenia okrętami podwodnymi.

W systemie AWACS znajduje się m.in. multiprocesor IBM System/4Pi z dwiema jednostkami centralnymi pracującymi w układzie nadmiarowym.

W pierwszych egzemplarzach komputerów System /4Pi stosowano układy scalone serii TTL, a moduły układów były montowane na standardowych panelach tzw. MIB (Multilayer Interconnection Board), zawierający dwie wielowarstwowe płytki, standardowy układ testujący oraz złącza we-wy. Spowodowało to znaczny wzrost niezawodności.

* IBM ma w swej strukturze wydział FSD (Federal Systems Division), który zrealizował wiele zamówień dla Departamentu Obrony USA, między innymi: system nawigacyjny dla samolotów bombowych *B-52*, pierwszy system pracujący w czasie rzeczywistym — system dowodzenia obroną powietrzną SAGE, komputery pokładowe dla bombowców typu *B-70*, naziemne ośrodki komputerowe do kierowania pociskami rakietowymi itp.

Rozwój komputerów serii System /4Pi zmierza przede wszystkim do wprowadzenia układów wielkiej skali integracji mieszczących się w jednocalowych metalizowanych modułach ceramicznych. Każdy moduł zawiera ok. 100 bramek logicznych, a w układach pamięciowych uzyskano pojemności: 36 864 bity pamięci stałej tylko odczytu (ROM) lub 12 288 bitów pamięci zapisu i odczytu (RAM).

Największą szybkością charakteryzuje się tzw. perspektywiczny procesor sygnałów ASP (ADVANCED SIGNAL PROCESSOR) — opracowany dla sił morskich. Dzięki zastosowaniu bardzo szybkich układów logicznych Schottky TTL oraz pamięci monolitycznej osiąga się przy minimalnej konfiguracji 10 mln mnożeń/s lub 20 mln dodawań/s (tabele 4.3 i 4.4).

Na zakończenie warto poświęcić nieco uwagi podstawowym problemom organizacyjnym. W amerykańskich siłach zbrojnych zautomatyzowane systemy dowodzenia dzielą się na trzy grupy: strategiczne, operacyjne i taktyczne. Nadzór nad rozwojem tych systemów sprawuje w ministerstwie obrony zastępca ministra ds. łączności, automatyzacji i rozpoznania oraz czterech jego zastępców (rys. 4.20). Określa on m.in. kierunki współpracy ze wszystkimi dowódcami rodzajów sił zbrojnych oraz opracowuje perspektywiczne plany rozwoju zautomatyzowanych systemów dowodzenia i łączności. Z kolei przy Komitecie Szefów Sztabów utworzone jest specjalne dowództwo łączności, które koordynuje pracę nad

Tabela 4.3

Charakterystyka porównawcza modeli komputerów EMC serii System/4Pi

Parametry	Pierwsza generacja *CP-1*	Druga generacja		Trzecia generacja *ML-1*
		AP-101	*SP-1*	
Logika [bramek] układ scalony	5	10—14	20—100	100
Pamięć typ	rdzeniowa	rdzeniowa	monolityczna	rdzeniowa
Czas cyklu	2,5	1	1,33	0,8
Czas realizacji instrukcji:				
— dodawania	3,8	1,65	2,7	2,8
— mnożenia	18,1	5,2	5,7	5,6
Ciężar	49 kg	23,6 kg	8 kg	9 kg
Czas bezawaryjnej pracy [godziny]	1000	2000	5000	5000

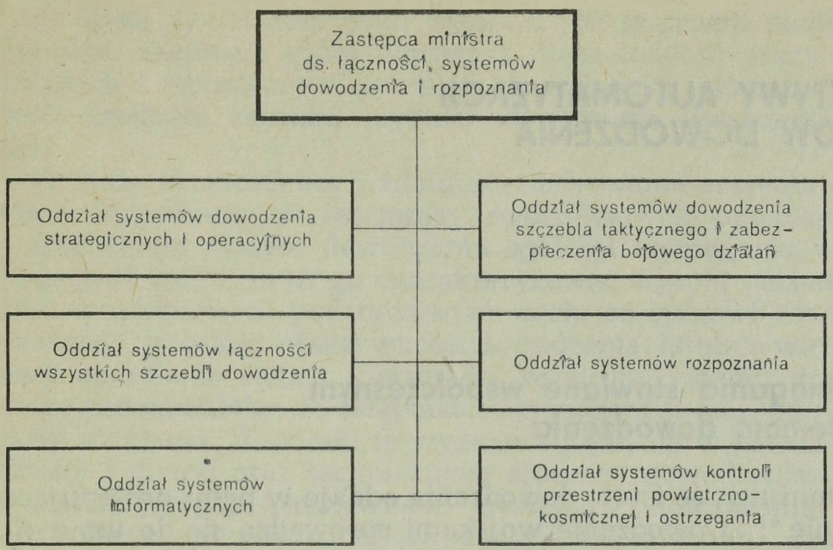
Tabela 4.4

Charakterystyka techniczna komputera IBM ADVANCED SYSTEM /4Pi MODEL SP-1

Organizacja	
Typ	— uniwersalny, mikroprogramowany
System obliczeń	— binarny stałoprzecinkowy, arytmetyka uzupełniowa
Długość słowa	— 16 bitów lub 32 bity
Liczba instrukcji	— 41
Czas wykonywania instrukcji:	
— dodawania	— 2,7 lub 4,0
— mnożenia	— 5,7
— dzielenia	— 8,0
Średnia szybkość obliczeń	— 340 000 operacji/s
Rodzaje kanałów we-wy	— zewnętrznie sterowane: bezpośredniego dostępu do pamięci buforowane we-wy z przerwaniami programowo sterowane: bezpośrednie we-wy
Maksymalna szybkość przesłań w kanałach	— 100 000 — 500 000 słów/s
Pamięć główna	
Typ	— ferrytowe rdzenie magnetyczne z zabezpieczeniem informacji, natychmiastowego dostępu
Pojemności	— 4036, 8192, 12 288 lub 16 384 słów (16-bitowych)
Czas cyklu	— 1,33
Czas dostępu	— 600
Cechy szczególne	— zabezpieczenie przed zanikaniem zasilania, kompensacja temperaturowa
Wymiary i zasilanie	
Objętość	— 9,2 dcm^3 lub 1,6 dcm^3
Waga	— ok. 8 kg dla 4 k słów pamięci ok. 10 kg dla 16 k słów pamięci
Wymiary	— 10,7 × 26,0 × 34,6 cm
Konstrukcja	— modułowa
Chłodzenie	— wymuszone powietrzne
Warunki pracy	— zaprojektowany dla wojskowych zastosowań lotniczych; morskich wg normy MIL-E-5400
Zasilanie	— z sieci 115/220 V prądu zmiennego, 3-fazowe 400 Hz 72 W
Napięcie stałe	— +5, —5, +12 V

tworzeniem nowych i modernizacją dotychczasowych systemów łączności.

Obecnie dominuje pogląd, że ścisłe współdziałanie zautomatyzowanych systemów dowodzenia, kierowania ogniem i łączności



Rys. 4.21. Struktura organizacyjna wyższych organów kierowania systemów zautomatyzowanych w siłach zbrojnych USA

stanowi gwarancję i podstawę efektywnego dowodzenia na współczesnym polu walki. Pogląd ten znalazł wyraz w decyzji dowództwa NATO o koordynacji wszystkich przedsięwzięć w zakresie automatyzacji dowodzenia i łączności (program C3), niezależnie od istniejących do tej pory ustaleń i porozumień. Szczególną wagę przywiązuje się do standaryzacji i unifikacji technicznych środków łączności, gdyż uważa się, że rozwiązanie problemu automatyzacji zbierania, przetwarzania, ochrony i przesyłania informacji stanowi jeden z podstawowych warunków efektywności zautomatyzowanych systemów dowodzenia (rys. 4.21).

Powstanie tzw. sił szybkiego reagowania RDJTF (Rapid Dyployment Joint Task Force), przygotowanych do działań w dowolnym rejonie na kuli ziemskiej, stworzyło konieczność określenia perspektywicznego systemu dowodzenia, kontroli, łączności i rozpoznania. Sekretariat Obrony i Komitet Szefów Sztabów poleciły Instytutowi Analiz Obronnych IDA (Institute for Defense Analyses) opracować założenia do projektu nowoczesnych zintegrowanych systemów dowodzenia, kierowania, łączności i rozpoznania. W ten sposób narodził się nowy amerykański program badawczo-rozwojowy określony jako C3 I (Command, Control, Communications and Intelligence). Jest on wyrazem nowoczesnych tendencji rozwojowych systemów zautomatyzowanych dla potrzeb sił zbrojnych.

5

PERSPEKTYWY AUTOMATYZACJI SYSTEMÓW DOWODZENIA

5.1. Wymagania stawiane współczesnym systemom dowodzenia

Przypomnijmy, że istotę dowodzenia oddaje w pełni następujące stwierdzenie *: „Dowodzenie wojskami sprowadza się do umiejętnego kierowania przez dowódców, sztaby i aparat polityczny podległymi pododdziałami, oddziałami, okrętami, związkami taktycznymi i operacyjnymi, do dokładnej organizacji działań bojowych wojsk i celowego ukierunkowania ich wysiłku na pomyślne wykonanie postawionych zadań. W czasie pokoju punkt ciężkości działalności dowódczej przenosi się na wszechstronne przygotowanie wojsk do ewentualnych działań bojowych, zapewnienie wysokiej gotowości bojowej, utrzymywanie wysokiej dyscypliny, porządku i sprawnej organizacji wojskowej."

Warunki współczesnego pola walki wymagają, aby każdy system dowodzenia charakteryzowały następujące cechy:

a) stała gotowość, czyli utrzymywanie w wysokiej sprawności wszystkich elementów systemu dowodzenia i ich gotowości do pracy w różnych warunkach bojowych;

b) wysoka operatywność, czyli terminowe i zdecydowane reagowanie na wszystkie zmiany sytuacji i warunków wykonywania przez wojska postawionych zadań, dzięki: szybkiemu zbieraniu i przetwarzaniu danych o sytuacji, podejmowaniu decyzji w wymaganym czasie, terminowemu przekazywaniu zadań bojowych wojskom i organizowaniu działań bojowych;

c) wysoka jakość realizowanych przedsięwzięć uzyskiwana dzięki: obiektywności oceny sytuacji oraz zasadności podejmowanych decyzji, umiejętnemu wprowadzaniu w życie przyjętych rozwiązań, stosowaniu naukowych metod organizacji pracy i podejmowaniu decyzji;

* A. Greczko: *Siły zbrojne państwa radzieckiego.* Wydawnictwo MON, Warszawa 1975 r., s. 248.

d) duża żywotność, czyli zdolność do realizacji zadań w warunkach zakłóceń, którą zapewnia niezawodność pracy zespołów ludzkich i technicznych środków dowodzenia, odporność na działania środków rażenia, szybkie odtwarzanie utraconej zdolności itp.;

e) duża skrytość, czyli zdolność maskowania systemu dowodzenia i utrzymania w tajemnicy realizowanych przedsięwzięć.

Aby zatem system dowodzenia spełniał wymagania współczesnego pola walki, musi go charakteryzować wysoki poziom wszystkich wyróżnionych podstawowych cech, co stanowi równocześnie warunek wysokiej efektywności dowodzenia. Istniała więc konieczność określenia takich kierunków rozwoju systemu dowodzenia, które prowadziłyby do osiągnięcia wymaganego poziomu efektywności działania. Kierunki te wyznaczały postęp w dziedzinie organizacji i metod oraz technicznych środków dowodzenia. Kształtowanie wysokiej efektywności systemów dowodzenia powinno obejmować wszystkie determinanty efektywności, zapewniając ich dialektyczny rozwój.

Dowodzenie może być całkowicie sparaliżowane zarówno ze względu na brak informacji, jak i ich nadmiar. Dlatego procesy informacyjne należy uporządkować w taki sposób, aby każde ogniwo dowodzenia i każda osoba odpowiedzialna otrzymały informację optymalną (w sensie pełności, aktualności i wiarygodności) dla skutecznego dowodzenia. Dla każdego organu dowodzenia i każdego wykonawcy istnieją więc informacje odpowiadające potrzebom i wymaganiom danego szczebla dowodzenia. Istnieje zatem konieczność zapewnienia właściwego zbierania i dystrybucji informacji w systemie dowodzenia. Wynika stąd, że jednym z podstawowych zadań organów dowodzenia jest organizacja procesów informacyjnych i utrzymanie ich wysokiej jakości.

W wyniku zwiększonych wymagań operatywności dowodzenia zostaje maksymalnie skrócony czas przeznaczony na zbieranie, przetwarzanie, uogólnianie i ocenę danych, podejmowanie decyzji, przygotowanie rozkazów (zarządzeń) bojowych oraz przekazywanie zadań wykonawcom. Dynamiczny charakter wojny współczesnej wyklucza powstawanie dłuższych przerw w działaniach bojowych. Dowódcy i sztaby będą więc zmuszeni realizować planowanie i organizowanie kolejnych operacji w czasie trwania działań bojowych.

Wzrosła także rola uzasadnionych przewidywań rozwoju wydarzeń na polu walki. Metody matematycznego modelowania i prognozowania sprzyjają obiektywnemu przewidywaniu przyszłych działań bojowych. Prognozowanie ułatwia planowanie operacji (walki). Podstawowym elementem każdego planu działań bojo-

wych jest decyzja dowódcy. W procesie podejmowania decyzji powinna także wzrosnąć rola matematycznych modeli decyzyjnych.

Uzyskanie wzrostu operatywności dowodzenia i obiektywności ocen sytuacji w procesie planowania operacji umożliwia automatyzacja systemów dowodzenia. Racjonalna automatyzacja powinna stanowić punkt zwrotny w procesie wzrostu efektywności dowodzenia i przyspieszenia rozwoju współczesnych systemów dowodzenia.

Zwraca się przy tym słusznie uwagę na to, że najtrudniejszym problemem w automatyzacji dowodzenia są nie maszyny cyfrowe, lecz wyszkoleni ludzie. Kompetencje i zdolności przewidywania sytuacji dowódcy określają przede wszystkim jego zdolności twórcze, a szczególnie umiejętność twórczego wykorzystania takiej wielkiej siły, jak maszyny cyfrowe *.

5.2. Rozwój systemów dowodzenia

Zasadnicze znaczenie dla ukształtowania się współczesnych systemów dowodzenia, a w szczególności — organizacji dowodzenia wojskami i metod pracy dowódców i sztabów, miały doświadczenia II wojny światowej. Doświadczenia, które pozwoliły określić ogólny kształt systemów dowodzenia, podlegały następnie wszechstronnym przeobrażeniom, będącym wynikiem rozwoju myśli wojskowej pod wpływem ogólnego postępu naukowo-technicznego w siłach zbrojnych **. Jest bowiem zjawiskiem naturalnym, że rozwój technicznych środków walki powoduje przemiany w zasadach taktyki, sztuki operacyjnej i strategii, co z kolei musi prowadzić do zmian w sferze dowodzenia.

Rozwój poglądów na organizację dowodzenia wojskami w walce ogólnowojskowej po II wojnie światowej można podzielić na dwa charakterystyczne etapy ***:

— pierwszy — do 1953 r., tj. do czasu wyposażenia wojsk w broń jądrową w skali pozwalającej na jej masowe zastosowanie;

— drugi — od 1954 r. po lata osiemdziesiąte, a więc obejmujący okres, w którym powstał nowy rodzaj sił zbrojnych, a mia-

* W. Drużinin, D. Kontorow: *O nekotorych novych aspektach problemy avtomatizacii upravlenija wojskami.* Vojen. Myśl. nr 12/1975 r., s. 28—40.

** B. Bidziński, P. Sienkiewicz: *Postęp naukowo-techniczny a siły zbrojne.* Myśl Wojskowa, nr 10/1979 r.

*** P. Altuchov: *Razvitie vzgliadow na organizaciju upravlenija vojskami w obščevojskovom boju v poslevojennoj period.* Voenno-istoričeskij żurnal, nr 11/1979 r., s. 27—33.

nowicie siły rakietowo-jądrowe, a ponadto w sposób wyraźny wzrosły możliwości taktyczno-techniczne broni konwencjonalnej; wprowadzono na wyposażenie sił zbrojnych środki walki radioelektronicznej oraz środki informatyki.

Po zakończeniu II wojny światowej, w wyniku zainicjowanego przez państwa kapitalistyczne wyścigu zbrojeń, rozpoczęto wyposażanie sił zbrojnych w nowe typy uzbrojenia i sprzętu bojowego. Wywarło to wpływ na rozmach, tempo i charakter działań bojowych (walki, operacji). W wyniku przemian w sztuce wojennej uległ skomplikowaniu proces dowodzenia wojskami w walce i operacji, a zatem przed systemami dowodzenia stanęły nowe zadania oraz powstały nowe warunki ich realizacji. Wzrosły znacznie wymagania stawiane systemowi dowodzenia, które przede wszystkim dotyczyły: ciągłości i operatywności dowodzenia oraz niezawodności i żywotności systemu dowodzenia. Spowodowało to konieczność doskonalenia metod dowodzenia, organizacji pracy dowództw i sztabów oraz funkcjonowania systemu łączności.

Uwzględniając zgromadzone doświadczenia bojowe, nowe wymagania stawiane systemom dowodzenia znalazły odzwierciedlenie w nowych regulaminach służby sztabów. Szczególną wagę przywiązywano do doskonalenia takich zasad dowodzenia, jak: zasada kierownictwa jednoosobowego, centralizacja dowodzenia przy równoczesnym pozostawieniu podwładnym szerokiej inicjatywy co do wyboru sposobów racjonalnego wykonywania zadań, operatywność w podejmowaniu decyzji i planowaniu działań bojowych (operacji), organizacja współdziałania wojsk, osobista odpowiedzialność dowódców za podejmowane decyzje itp.

Z doświadczeń uzyskanych w omawianym okresie wynika, że na dowodzenie wojskami składają się przedsięwzięcia związane z przygotowaniem, organizacją i prowadzeniem działań bojowych (operacji, walki). Na nie zaś wywierają wpływ przedsięwzięcia związane z koniecznością utrzymywania wysokiego stanu moralno-politycznego oraz stałej gotowości bojowej wojsk, z zachowaniem wysokiej terminowości stawianych zadań oraz wszechstronne zabezpieczenie działań bojowych.

Wypracowany w czasie II wojny światowej system stanowisk dowodzenia, kolejność ich rozwijania i organizacja pracy stały się podstawą przyjętych w regulaminach zasad i ustaleń. I tak, stanowisko dowodzenia było zasadniczym elementem systemu dowodzenia i było organizowane w takim miejscu, które zapewniało skuteczne dowodzenie i niezawodną łączność ze sztabem wyższego szczebla i sztabami podległych wojsk. W skład SD wchodziły: punkt obserwacyjny, grupa operacyjna, węzeł łączności, grupa obsługi. Na SD znajdował się dowódca i szef sztabu, którzy roz-

wiązywali główne zadania związane z analizą sytuacji, podejmowaniem decyzji i organizowaniem współdziałania. Stąd także przekazywano informacje do sztabu wyższego szczebla, do innych SD oraz do wojsk. Dużą wagę przywiązywano do zapewnienia ciągłości dowodzenia, co wiązało się z organizacją zmiany położenia SD w toku walki (operacji). Jednakże mobilność SD była znacznie ograniczona. Przewidywano także rozśrodkowanie elementów dowodzenia i ich środków technicznych, zapewniano skrytość i zabezpieczenie inżynieryjne. Obowiązywały przy tym normy (np. odległość stanowisk dowodzenia od przedniego skraju) przyjęte w czasie II wojny światowej.

Podstawowym czynnikiem zapewniającym ciągłość dowodzenia i sprawność procesów informacyjnych była i jest łączność. Dążono więc do zapewnienia niezawodnej łączności z podwładnymi i współdziałającymi wojskami oraz jednostkami tyłowymi, a także łączność powiadamiania o zagrożeniu z powietrza itp. Dla zapewnienia efektywnego dowodzenia organizowano: łączność dowodzenia, łączność współdziałania, łączność tyłów i łączność powiadamiania.

Głównym kierunkiem rozwoju systemów dowodzenia w okresie do ok. 1953 r. było doskonalenie metod pracy dowódców i sztabów oraz stosowanie nowych technicznych środków dowodzenia, przede wszystkim nowych doskonalszych środków łączności. Prowadzono także prace nad ujednoliceniem dokumentów bojowych. Dzięki wymienionym przedsięwzięciom możliwe stało się skrócenie czasu na organizowanie walki (operacji), dzięki czemu stało się także możliwe spełnienie wymagań ówczesnego pola walki wyrażonych przez kryterium czasu.

Należy dodać, że w okresie tym podjęto pierwsze próby automatyzacji systemów dowodzenia. Próby te miały charakter przede wszystkim weryfikacji, możliwości zastosowania w tej dziedzinie ówczesnych, jakże niedoskonałych, maszyn cyfrowych. Zakres zastosowania obejmował głównie różnego rodzaju czasochłonne kalkulacje operacyjno-taktyczne, chociaż można już mówić o pierwszych próbach zastosowań maszyn cyfrowych w systemach kierowania obroną powietrzną *.

Należy także powiedzieć o kontynuacji, rozpoczętych w okresie II wojny światowej, prac w dziedzinie badań operacyjnych, których zastosowania są, jak wiadomo, uwarunkowane rozwojem techniki obliczeniowej. Zwraca przy tym uwagę głównie rozwój metod programowania matematycznego, szczególnie zaś progra-

* Pomijamy oczywiście zastosowania maszyn cyfrowych w badaniach naukowo-technicznych prowadzonych dla potrzeb wojskowych (np. w dziedzinie fizyki jądrowej, aerodynamice itp.).

mowania liniowego, a także teorii gier, teorii grafów i sieci, teorii obsługi masowej itp.

W drugim etapie rozwoju poglądów na dowodzenie, obejmującym okres od 1954 r. do lat 80-tych włącznie, nastąpił wyraźny przewrót w zasadach sztuki wojennej, co znalazło wyraz także w rozwoju nauki o dowodzeniu. Spowodował to przede wszystkim rozwój broni rakietowo-jądrowej, wzrost manewrowości wojsk lądowych, ilościowy i jakościowy rozwój lotnictwa strategicznego, operacyjnego i taktycznego oraz nie spotykany dotąd rozwój elektronizacji sił zbrojnych (rozwój systemów łączności, systemów walki radioelektronicznej i systemów informatycznych).

W dziedzinie systemów dowodzenia okres ten charakteryzuje gwałtowny wzrost zakresu zadań, realizowanych na wszystkich szczeblach dowodzenia, oraz znaczne skrócenie czasu przeznaczonego na rozwiązanie tych zadań podczas przygotowania i w toku walki (operacji). W jeszcze większym stopniu wzrosła konieczność uzyskania takiej trwałości i ciągłości dowodzenia oraz skrytości dowodzenia, która zapewnia zaskoczenie nieprzyjaciela uderzeniami, utrzymywanie inicjatywy, wysokiej manewrowości wojsk i zabezpieczenie przed uderzeniami bronią masowego rażenia. W warunkach współczesnego pola walki wojska będą prowadzić działania na oddzielnych kierunkach, przy jednoczesnym współdziałaniu wszystkich rodzajów wojsk i sił zbrojnych. Wzrośnie także znaczenie działań rajdowych, a w szczególności operacyjnych grup manewrowych. Należy także podkreślić znaczenie maskowania operacyjnego i wszechstronnego zabezpieczenia działań bojowych.

Wspomniane, niektóre tylko, cechy współczesnych działań bojowych powodują wzrost wymagań stawianych systemom dowodzenia, przede wszystkim dotyczących takich cech, jak: operatywność, ciągłość, jakość, niezawodność, żywotność i elastyczność dowodzenia. Powyższe czynniki wywarły ogromny wpływ na organizację i metody dowodzenia, a także techniczne środki dowodzenia. Dla zapewnienia efektywnego dowodzenia podczas przygotowania i w toku walki (operacji) tworzy się bardziej trwałe niż w poprzednich okresach systemy dowodzenia. We wszystkich rodzajach walki (operacji) organizuje się stanowiska dowodzenia i tyłowe stanowiska dowodzenia, a ponadto wysunięte stanowiska dowodzenia (w operacji zaczepnej) i zapasowe stanowiska dowodzenia (w operacji obronnej). Na wzrost efektywności dowodzenia wpłynie z pewnością organizowanie powietrznych elementów dowodzenia.

Na organizację elementów systemu dowodzenia niewątpliwy wpływ ma zagrożenie uderzeniami jądrowymi. W związku z tym

konieczne stało się zmniejszenie składu osobowego tych elementów, zwiększenie mobilności i odpowiednie rozśrodkowanie na stosunkowo dużej powierzchni. Na poprawę ciągłości dowodzenia wpłynęła możliwość dowodzenia wojskami z poruszających się pojazdów dowódczo-sztabowych. Podczas rozmieszczania stanowisk dowodzenia w terenie brane są pod uwagę właściwości terenu, możliwości maskowania, ochrony i obrony. Organizacja systemu dowodzenia powinna zapewniać przejęcie dowodzenia, w razie zniszczenia jednych elementów, przez inne elementy (stanowiska dowodzenia).

Podstawę efektywnego dowodzenia stanowi obecnie polowy zintegrowany system łączności, w ramach którego funkcjonują środki łączności telefonicznej, telegraficznej, radiowej, systemy transmisji danych, systemy łączności satelitarnej itp. Obecnie, jak nigdy dotąd, skuteczność dowodzenia jest zależna od efektywności łączności.

Rozwój systemów walki radioelektronicznej spowodował konieczność organizacji zabezpieczenia systemów dowodzenia, systemów łączności i systemów informatycznych przed działaniem środków walki radioelektronicznej nieprzyjaciela. Ranga tego problemu nadal rośnie *.

Wszystkie przedstawione cechy współczesnych systemów dowodzenia spowodowały także wzrost wymagań w stosunku do dowódców i oficerów sztabowych, przede wszystkim w zakresie umiejętności analizowania sytuacji, optymalizacji podejmowanych decyzji, stanowczości w egzekwowaniu realizacji decyzji, lecz także w zakresie umiejętności wykorzystania nowoczesnych technicznych środków dowodzenia.

Z powyższym wiąże się również konieczność doskonalenia metod dowodzenia, a zwłaszcza kierowania w warunkach ograniczonego i skrajnie ograniczonego czasu przeznaczonego na realizację podstawowych przedsięwzięć. Innym charakterystycznym zjawiskiem jest dalsza unifikacja i formalizacja podstawowych dokumentów bojowych.

Aby osiągnąć wymagany poziom operatywności dowodzenia, nie wystarcza już jedynie ulepszenie metod pracy, doskonalenie wyszkolenia kadry dowódczo-sztabowej lub zwiększenie jej liczebności. Współczesne dowodzenie wymaga zbierania, przechowywania, przesyłania i przetwarzania ogromnych ilości informacji. Aby sprostać tym wymaganiom, należy szeroko wykorzystywać w procesie dowodzenia techniczne środki mechanizacji i automa-

* Por. H. Piekarski: *Walka radioelektroniczna.* Wydawnictwo MON, Warszawa 1980 r.

tyzacji. Zastosowanie ich pozwala bowiem na znaczne skrócenie czasu podstawowych przedsięwzięć analitycznych i planistycznych, co może pozwolić na zwiększenie czasu dowódców i oficerów sztabów przeznaczonego na pracę twórczą. W tym bowiem należy upatrywać zasadniczych efektów automatyzacji dowodzenia. Tym samym pod koniec lat 50-tych pojawia się nowa „generacja" systemów dowodzenia, tzn. zautomatyzowane systemy dowodzenia i kierowania środkami walki.

Podstawowymi cechami obecnego etapu rozwoju systemów dowodzenia są: zwiększenie trafności podejmowanych decyzji i skuteczności planowania walki (operacji), optymalne wykorzystanie bojowych możliwości sił i środków oraz zwiększenie efektywności wykorzystania systemów informatycznych.

Pewne charakterystyczne cechy aktualnego rozwoju systemów dowodzenia można zaobserwować, analizując np. perspektywiczne plany rozwoju systemu dowodzenia siłami lądowymi RFN*. Zachodnioniemieccy specjaliści wojskowi szczególną uwagę zwracają na fakt, że czas rozchodzenia się informacji, rozkazów, zarządzeń itp. na wszystkich szczeblach dowodzenia jest nadmiernie duży i nie odpowiada możliwościom nowoczesnej techniki bojowej oraz zwiększonej manewrowości związków taktycznych, oddziałów i pododdziałów.

W celu usunięcia wymienionych mankamentów opracowano kompleksowy program rozwoju systemu dowodzenia Bundeswehry, a wojsk lądowych w szczególności. Program dotyczy usprawnienia struktury sił zbrojnych, przewidując szerokie wprowadzenie środków automatyzacji i łączności do organów dowodzenia wszystkich szczebli. Uważa się, że realizacja tego programu pozwoli na znaczne skórcenie czasu przetwarzania informacji napływających do sztabów oraz podejmowania odpowiednich decyzji.

W ramach programu** przewiduje się etapowe tworzenie zautomatyzowanych systemów dowodzenia w wojskach lądowych. W początkowym okresie planuje się opracowanie, a następnie wdrażanie zautomatyzowanych systemów dowodzenia w różnych dziedzinach działalności bojowej oraz w różnych rodzajach wojsk. Uzyskane w tym okresie doświadczenia stworzą podstawę do realizacji następnego etapu — kompleksowego rozwoju środków automatyzacji dowodzenia i łączności. Celem prac jest stworzenie

* S. Sergeev: *Perspektivy rozvitija sistemy upravlenija suchoputnymi silami FRG.* Zarubeznoe voennoe obozrenie, nr 8/1979 r., s. 33—37.

** Program ten określany jest jako: „FüGruSysH80" (Führungsgruned — system Heer 80).

jednolitego zautomatyzowanego systemu dowodzenia wojskami w skali rodzaju sił zbrojnych, który będzie obejmować wszystkie szczeble dowodzenia wojsk lądowych i terytorialnych. System ten ma zapewnić dowodzenie w podstawowych rodzajach działań bojowych oraz współdziałanie z odpowiednimi organami połączonych sił zbrojnych NATO.

Głównymi elementami systemu są:

1. System informacyjny sztabu głównego sił lądowych przeznaczony do zaspokojenia potrzeb informacyjnych ogniw najwyższych szczebli dowodzenia wojsk lądowych. Podstawą systemu jest zautomatyzowane centrum informacyjno-obliczeniowe dowodzenia działaniami bojowymi, w którym realizowane będzie zbieranie i wstępne przetwarzanie informacji, ocena i opracowanie wariantów wykonania zadań bojowych. Techniczne wyposażenie perspektywicznego stanowiska dowodzenia sztabu głównego sił lądowych tworzyć będą: zestawy EMC, kilkadziesiąt zautomatyzowanych stanowisk pracy i urządzenia zobrazowania sytuacji (tablice o wymiarach od 3×3 do 4×4 m), pozwalające na uogólnione przedstawienie informacji o położeniu wojsk własnych i nieprzyjaciela na tle map (w różnej skali, w czterech podstawowych kolorach).

2. System dowodzenia działaniami bojowymi wojsk lądowych, przeznaczony do zbierania, przetwarzania i oceny danych o wojskach własnych i nieprzyjaciela, zobrazowania informacji i przekazania decyzji dowódcy do podwładnych. System obejmować będzie stanowiska dowodzenia korpusów armijnych, dywizji i brygad. Koncepcja systemu jest weryfikowana w toku badań eksperymentalnego systemu dowodzenia działaniami bojowymi wojsk lądowych ERWIS.

Głównymi elementami systemu dowodzenia działaniami bojowymi, nad którymi prowadzi się obecnie prace, są:

1. System kierowania ogniem artylerii polowej ArtFüInFelSys (Artillerie — Führungsinformations — und Feherleitsystem) przeznaczony do zbierania i przetwarzania danych o celach, wykonania obliczeń do strzelań, planowania i kierowania ogniem. Obecnie są opracowywane dwa wzajemnie powiązane projekty IFAB i ADLER. Projekt IFAB dotyczy systemu kierowania ogniem baterii artylerii. Opracowano go w celu zwiększenia dokładności strzelania i skórcenia czasu kierowania ogniem. Projekt ADLER przewidziany jest do zabezpieczenia kierowania ogniem początkowo w dywizjonie artylerii, a następnie w pułku.

2. System kierowania obroną przeciwlotniczą przeznaczony do kierowania siłami i środkami OPL na polu walki. Planuje się

współdziałanie tego systemu z systemem powiadamiania sił powietrznych RFN o nisko lecących celach *.

Opracowanie systemu dowodzenia wojskami terytorialnymi RFN rozpoczęto w 1971 roku. Koncepcja przewidywała zautomatyzowanie dowodzenia we wszystkich ogniwach wojsk terytorialnych, do obwodowych i rejonowych sztabów obrony włącznie oraz stworzenie systemu ewidencjonowania, planowania i koordynacji przewozów wojskowych w skali Bundeswehry.

Rozwojowi automatyzacji systemu dowodzenia towarzyszy rozwój systemu łączności. Przykładem perspektywicznego systemu łączności jest zautomatyzowany system AUTOKO (Automatisierte Korpsstammnetz) przeznaczony do przekazywania niezbędnych w procesie dowodzenia informacji o korpusie armijnym. Podstawę tego systemu stanowią rejonowe węzły łączności, wyposażone w środki radioliniowe. Węzły te za pośrednictwem łączności przewodowej i radioliniowej zapewniają połączenia z węzłami łączności stanowisk dowodzenia dywizji, brygad i samodzielnych pododdziałów. Każdy węzeł łączności będzie wyposażony w EMC i elektroniczny komutator z urządzeniami automatycznego wywołania. Uważa się, że zastosowanie tych urządzeń zapewni wysoką operatywność łączności, w tym także dzięki wykorzystaniu okrężnych dróg przepływu informacji. Pełne wdrożenie systemu AUTOKO przewiduje się po roku 1986.

Należy także wspomnieć o systemie automatycznym HEROS, który przewiduje się dostosować do wymagań sieci AUTOKO. Prace nad rozwojem systemu HEROS znajdują się w fazie początkowej. Wprowadzenie systemu do wojsk rozpocznie się w latach 80-tych wyposażaniem sztabów brygad i dywizji w środki informatyki. Stanowić to będzie pierwszy etap rozwoju systemu. Etapy 1—5 obejmować będą wprowadzenie polowych urządzeń informatycznych do:

— sztabów brygad i dywizji;
— sztabów korpusów armijnych;
— sztabu sił lądowych (dowództwa sił lądowych);
— sztabów brygad obrony terytorialnej i dowództwa wojsk dyspozycyjnych;
— sztabów dowództw terytorialnych, okręgów wojskowych i obwodowych dowództw obrony.

W 6 i 7 etapie rozwoju systemu sztaby te mają otrzymać dodatkowo oprogramowanie przeznaczone do wykorzystania w okresach napięcia, mobilizacji i w czasie pokoju.

* Zasadnicze elementy systemu — stacje radiolokacyjne TÜR i LÜR przechodzą obecnie wszechstronne badania.

Głównym zadaniem systemu ma być pomoc w pracy nad mapą roboczą, przez natychmiastowe wrysowanie i graficzne przedstawianie informacji oraz ich przetwarzanie. Informacje te, zgodnie z decyzją użytkownika, wrysowane będą na mapę roboczą, wprowadzane do tabel i schematów, dzięki czemu będą stale aktualne. Informacje będą przedstawione na monitorach ekranowych. Treść sytuacji taktycznej, zobrazowana w kolorze, za pomocą urządzenia zobrazowania, może być przeniesiona na wymienialną, standardową mapę topograficzną. Przy zmianie skali mapy zostanie automatycznie ustawiona właściwa skala topograficzna i dowiązana do współrzędnych obrazowanej sytuacji. Rozkaz bojowy, na polecenie dowódcy, może być przesłany odbiorcom, u których treść jego ukaże się na ekranie monitora, a przy użyciu „graf-plottera" przedrukowany zostanie na papier lub folię.

Zdaniem dowództwa Bundeswehry, wyposażenie sił lądowych RFN w perspektywiczne zautomatyzowane systemy dowodzenia zwiększy elastyczność i niezawodność dowodzenia związkami taktycznymi i oddziałami. Uważa się, że kompleksowa automatyzacja procesów dowodzenia spowoduje 3÷5-krotne skrócenie czasu traconego obecnie na wykrycie zmian w sytuacji bojowej, doprowadzenie informacji do odpowiednich organów, podjęcie decyzji i wydanie rozkazów niezbędnych do organizacji działań bojowych.

Wielu charakterystycznych wniosków, dotyczących bliskich perspektyw rozwoju systemów dowodzenia, dostarcza analiza procesu automatyzacji dowodzenia w wojskach lądowych USA *.

Podstawowymi założeniami amerykańskiego programu automatyzacji systemów dowodzenia wojsk lądowych na lata 80-te są:

— masowe stosowanie środków informatyki we wszystkich organach dowodzenia, a w pierwszej kolejności na szczeblu dywizji;

— kompleksowa automatyzacja kierowania środkami walki (przede wszystkim tworzenie zautomatyzowanych systemów kierowania ogniem artylerii);

— budowa rozwiniętych zintegrowanych systemów łączności.

Ponadto nadal podlegają doskonaleniu, równolegle z systemem dowodzenia wojsk lądowych, zautomatyzowane systemy dowodzenia obroną powietrzną kraju, lotnictwa i marynarki wojennej **.

Uważa się, że realizacja wymienionych powyżej założeń programu automatyzacji powinna zapewnić: spełnienie wymagań wy-

* Zob. rozdział 4 oraz artykuł: V. Vladislavskij: *Novyje ASU dlja armii* SSA. Zarub. voen. obozr., nr 1/1980 r., s. 41—46.

** Por. rozdział 4.

sokiej niezawodności i elastyczności dowodzenia, operatywne zbieranie, gromadzenie, przetwarzanie i dystrybucję dużych ilości informacji o nieprzyjacielu i wojskach własnych, efektywne sprzężenie różnorodnych systemów dowodzenia wojsk lądowych, innych rodzajów sił zbrojnych z systemami wyższego dowództwa, a ponadto spełnienie przez zautomatyzowane systemy dowodzenia wymagań dotyczących wysokiego stopnia maskowania oraz zabezpieczenia przed działaniem środków walki radioelektronicznej nieprzyjaciela. Szczególną wagę, przy opracowywaniu zasad wykorzystania, przywiązuje się do organizacji współdziałania zautomatyzowanych systemów zarówno w ramach jednego szczebla dowodzenia, jak i z systemami wyższych i niższych szczebli.

Przypomnieć także należy, że na początku lat 80-tych zostały przyjęte do realizacji w Stanach Zjednoczonych nowe programy automatyzacji działalności bojowej wojsk lądowych, takie jak: ARTADS, MASSTER i IBCS. Przewidują one dalsze doskonalenie istniejących już systemów informatycznych *.

Rezultatem powyższych programów badawczo-rozwojowych będzie omówiony już system TOS, wprowadzany głównie w dywizjach i przeznaczony do rozwiązywania 29 zadań operacyjno-taktycznych, obejmujących prawie wszystkie najważniejsze rodzaje działalności dowódców i sztabów na polu walki. Zapewnia on wypracowanie propozycji do podjęcia decyzji przez dowódcę w czasie 2,5 — 3 godzin.

Innym systemem jest zautomatyzowany system kierowania ogniem artylerii polowej TACFIRE. Przypomnijmy, że zapewnia on przetwarzanie danych dotyczących 1000 celów w ciągu 7 s (w systemie tradycyjnym czas ten wynosił 8 min), wstępną analizę celów dla dziesięciu pododdziałów ogniowych w ciągu 10 s (dotychczas 15 min), a planowanie ognia do 35 celów — w ciągu 28 s (dotychczas wymagało pracy całego zespołu osobowego ośrodka kierowania ogniem dywizjonu w ciągu 4 godzin).

Ponadto prowadzi się prace nad zbudowaniem zautomatyzowanego systemu kierowania baterią artylerii BCL, który zastąpi eksploatowany dotychczas system FADAK.

Wszystkim rodzajom sił zbrojnych służy opracowywany ruchomy zautomatyzowany system przetwarzania danych z rozpoznania TIPI/MAGIS, przewidziany m.in. do analizy zdjęć lotniczych i przygotowania danych z rozpoznania.

* Na przykład stosowane dotychczas w zautomatyzowanych systemach wojsk lądowych komputery mają być zastąpione przez duże EMC firmy „Honeywell" serii 6000, charakteryzujące się m.in. szybkością obliczeń ok. 1,5 mln operacji na sekundę.

Wiele uwagi poświęca dowództwo wojsk lądowych USA doskonaleniu zautomatyzowanych systemów dowodzenia zabezpieczeniem materiałowo-technicznym. Uważa się, że wzrost efektywności organizacji zabezpieczenia tyłowego wojsk może nastąpić w wyniku uproszczenia funkcjonowania systemu zaopatrzenia wojsk we wszystkich ogniwach i wprowadzenia na szeroką skalę środków automatyzacji. Obecnie w wojskach lądowych zautomatyzowane systemy kierowania zabezpieczeniem materiałowo-technicznym są stosowane we wszystkich ogniwach — od zarządów ministerstwa i baz centralnych na kontynencie do oddziałów i pododdziałów tyłowych.

Trwają także prace nad programem TRI-TAC, zakładającym stworzenie zautomatyzowanego systemu łączności dla szczebla operacyjno-taktycznego. Powstaje jednolity zautomatyzowany taktyczny system dystrybucji informacji, który będzie głównym systemem łączności dla zautomatyzowanych systemów dowodzenia wojskami szczebla taktycznego. Będzie on miał wielokanałowe linie przekazywania danych wyposażone w aparaturę utajniania i urządzenia zapewniające pracę w warunkach zastosowania przez nieprzyjaciela środków walki radioelektronicznej.

Charakterystyka podstawowych programów rozwoju zautomatyzowanych systemów dowodzenia w dwóch najpotężniejszych armiach zachodnich pozwala na stworzenie dość wiarygodnego obrazu aktualnego stanu automatyzacji dowodzenia oraz kierunków rozwoju w latach 80-tych.

Uważa się, że: „Proces automatyzacji zarysował się szczególnie w tych rodzajach sił zbrojnych, które dysponują najnowocześniejszym sprzętem bojowym, np. w wojskach obrony powietrznej sił zbrojnych państw Układu Warszawskiego lub w obronie powietrznej NATO. Mamy tu do czynienia z systemami zintegrowanymi — i to w sensie podwójnym — integracji systemów między poszczególnymi krajami i integracji dowodzenia różnymi środkami walki, jak artyleria przeciwlotnicza, pociski rakietowe, lotnictwo myśliwskie, środki radiotechniczne (systemy wykrywania, powiadamiania i naprowadzania na cele)" *. Należy sądzić, że w związku z powyższym główny wysiłek w dziedzinie automatyzacji w latach 80-tych zostanie skupiony na automatyzacji dowodzenia wojskami lądowymi, w celu usunięcia powstałych dysproporcji w osiągniętym poziomie rozwoju automatyzacji tych systemów i systemów OPK.

* B. Kołodziejczak: *Co będzie jutro?* Wydawnictwo MON, Warszawa 1976 r., s. 86.

5.3. Techniczne determinanty rozwoju

Dokonana analiza aktualnego stanu rozwoju w poszczególnych dziedzinach współczesnych środków informatyki* pozwala na sformułowanie pewnych ogólnych wniosków dotyczących perspektyw ich rozwoju w latach 80-tych i 90-tych**.

Podstawową bazą technologiczną systemów liczących czwartej generacji będą krzemowe elementy bipolarne i unipolarne, ponieważ takie rozwiązania jak: pamięci domenowe, układy o sprzężeniu ładunkowym, wykorzystujące techniki progowe i kriogeniczne, znajdują się nadal w stadium badań laboratoryjnych. Aczkolwiek są one efektywne ze względu na gęstość upakowania, to ich czas przesyłania jest większy od 0,02 ns, tj. od wartości przyjmowanej jako graniczna dla półprzewodników krzemowych. Elementy półprzewodnikowe typu MOS, w porównaniu z bipolarnymi, charakteryzuje prostsza budowa, mniejsza powierzchnia i mniejszy pobór energii, ale opóźnienie prawie 20 razy większe. Jedną z efektywnych technologii będzie rozwiązanie „krzem na szafirze", w połączeniu komplementarnymi układami logicznymi MOS. Należy przewidywać, że układy te, oprócz zalet elementów MOS, będą charakteryzować się opóźnieniami rzędu 0,28—0,11 ns, natomiast ich koszt będzie mniejszy niż elementów bipolarnych. Można także spodziewać się szerokiego wykorzystania elementów optoelektronicznych w układach przełączających procesorów.

Należy spodziewać się, że w jednostkach centralnych komputerów nastąpi:

— rozdział funkcji przetwarzania od funkcji sterowania systemu liczącego;
— substytucja rdzeni ferrytowych przez półprzewodniki;
— wzrost stopnia integracji elementów;
— wzrost szybkości działania elementów;
— zwiększenie niezawodności pamięci operacyjnych;
— zmniejszenie poboru mocy;
— obniżenie kosztów itp.

W dziedzinie pamięci prace badawczo-rozwojowe będą się koncentrowały zapewne na zmniejszeniu dysproporcji między czasem dostępu do pamięci a czasem opóźnień układów logicznych, dzięki stosowaniu różnych rozwiązań strukturalnych, takich jak:

* Por. rozdział II.

** W opracowaniu wykorzystano materiał nie publikowany: A. Stokalski i inni: *Prognoza problemowa rozwoju do 1995 (2005) r. w dziedzinie „Architektura systemów komputerowych i metod ich użytkowania"*. WAT, 1978 r.

— hierarchiczna struktura pamięci z szybkimi przesyłaniami blokowymi;
— systemy pamięci z przeplataniem;
— rozszerzone tory dostępu.

Duże nadzieje w dziedzinie szybkich pamięci o dostępie swobodnym pokłada się przede wszystkim w rozwoju zastosowań pamięci półprzewodnikowych. Jednocześnie uważa się, że pamięci dyskowe, jako pamięci masowe, utrzymają długo jeszcze swoją wysoką pozycję.

W dziedzinie urządzeń we-wy prace zmierzać będą do wzrostu ich przepustowości. Wydaje się jednak, że tradycyjne urządzenia we-wy tylko w niewielkim stopniu mogą zwiększyć swą przepustowość. Wśród urządzeń przygotowania i wprowadzania danych dominować powinny rejestratory na taśmach i dyskach magnetycznych, a po 1985 r. zostanie wdrożona w skali masowej technologia wprowadzania i wstępnego przetwarzania bez wykorzystania tradycyjnych dokumentów źródłowych. Ponadto można oczekiwać szybkiego rozwoju urządzeń do współpracy graficznej i fonicznej w interakcyjnych systemach liczących.

W architekturze systemów jednoprocesowych można oczekiwać postępu dzięki dołączeniu specjalistycznych procesorów, szybkich arytmometrów, szybkich pamięci buforowych i rejestrów o organizacji stosowej.* W rozwiązaniach jednoprocesowych dąży się do rozdzielenia wielu instrukcji na kilka strumieni instrukcji i danych przechodzących przez linie kolejno połączonych jednostek wykonawczych (np. *CDC STAR-100, IBM 360/195).* Procesory o architekturze siatkowej, w których występuje duża liczba identycznych elementów przetwarzających, sterowanych przez ten sam strumień instrukcji (np. ILLIAC IV), mają wielokrotnie większe szybkości.

Do perspektywicznych rozwiązań architektonicznych należy, z pewnością, zaliczyć:
— systemy o strukturze wieloprocesowej;
— asocjacyjne procesory siatkowe.

Oprogramowanie rozwijać się będzie w zależności od poziomu rozwoju architektury systemów liczących, a także wymagań użytkowników. Zanikać powinna dotychczasowa koncepcja „centralnego procesora" na rzecz koncepcji „rozproszonej" architektury jednostki centralnej.

Rozwój oprogramowania systemowego i inżynierii oprogramowania polegać będzie na dalszym:

* Stosem nazywa się uporządkowaną strukturę elementów informacji, w której dostęp do elementów jest według zasady „ostatnie weszło, pierwsze wyszło".

— przejmowaniu przez sprzęt funkcji oprogramowania;
— zwiększeniu niezawodności oprogramowania;
— rozwoju automatycznego programowania.

Głównych efektów tego rozwoju należy upatrywać w:
— wyeliminowaniu mało efektywnego procesu translacji oraz zmniejszeniu niezbędnych obszarów pamięci;
— umożliwieniu rozpoczęcia realizacji programu przed zakończeniem jego translacji;
— odciążeniu urządzeń technicznych od realizacji zadań związanych z organizacją zbiorów i ich allokacją w pamięci.

Wraz z postępującą modularyzacją systemu liczącego będą rozbudowywane mechanizmy zwiększania walorów eksploatacyjnych systemu, a przede wszystkim wzrostu niezawodności, aż do uzyskania automatycznej diagnostyki modułów i automatycznego powrotu do stanu sprawności technicznej systemu.

Efektywnym sposobem działania w tym względzie będzie zastosowanie tzw. struktur nadmiarowych oraz realizacja detekcji i diagnozy uszkodzeń, izolacja uszkodzonych elementów, utworzenie konfiguracji pozbawionej uszkodzonych układów i zdolnej do kontynuowania procesu przetwarzania oraz tzw. restartu, czyli możliwości ponownego podjęcia przetwarzania po przerwaniu awaryjnym.

Z pewnością nadal będą prowadzone prace w dziedzinie automatyzacji programowania, rozwiązanie zaś podstawowych problemów umożliwi prowadzenie dialogu w języku „quasinaturalnym". Automatyczne programowanie można traktować jako próbę wprowadzenia łatwego w praktycznych zastosowaniach języka, umożliwiającego prowadzenie dialogu w systemie informatycznym. Już ostatnie lata przyniosły zjawisko tworzenia coraz większej części oprogramowania systemowego w wyższych językach programowania, zamiast w językach typu asembler. Języki dla programowania systemowego są albo uniwersalne (np. PASCAL, BCPL), albo są wyspecjalizowane dla maksymalnie efektywnego wykorzystania listy rozkazów danego komputera (np. *PL/360* dla IBM *360/370*).

W dziedzinie oprogramowania użytkowego należy oczekiwać, że tryb współpracy „człowiek — komputer" będzie zmierzać coraz bardziej ku „nieproceduralności". Celem powinien być chyba stan, w którym człowiek formułować będzie jedynie model problemu, natomiast program będzie „sam generowany". Dalszą, jeszcze bardziej odległą formą rozwoju staną się automaty wyposażone w receptory i programy interpretujące, pozwalające na coraz samodzielniejszą orientację w swym otoczeniu.

Szczególnie istotne dla wielu zastosowań wojskowych są warun-

ki działania, w których system informatyczny funkcjonuje w otoczeniu tylko częściowo kontrolowanym (np. gdy komputer znajduje się w poruszającym się pojeździe). Systemy takie stawiają specjalne wymagania komputerom, takie jak: wytrzymałość na duże zmiany klimatyczne, wibracje mechaniczne i udary oraz promieniowanie, małe wymiary, mały pobór mocy i bardzo wysoka niezawodność. Komputery funkcjonujące w systemach dowodzenia, kierowania ogniem, nawigacji, rozpoznania itp. można podzielić na naziemne i pokładowe (lotnicze i kosmiczne), gdyż w każdym z tych rodzajów systemów stosowane są różne rozwiązania strukturalne i techniczne. Rozwiązania wieloprocesorowe są szczególnie przydatne w systemach dowodzenia, sterowania i naprowadzania, ponieważ zapewniają tzw. łagodną degradację, tzn. jeśli jeden z procesorów działa wadliwie, wówczas inne mogą podtrzymać działanie systemu, chociaż z niższą efektywnością. Na ogół wymagania stawiane komputerom stosowanym w zautomatyzowanych systemach dowodzenia kolidują z uzyskaniem tych samych parametrów dla komputerów ogólnego przeznaczenia. Jednakże nowe osiągnięcia, głównie w dziedzinie układów elektronicznych (technika LSI i VLSI), pozwalają na znaczne zwiększenie wydajności i niezawodności oraz zmniejszenie wymiarów i masy. Jako charakterystyczny przykład można przytoczyć komputer AADC (All Aplication Digital Computer), opracowany dla marynarki wojennej USA. System ten został zbudowany z modułów o szybkości 2—3 mln operacji/s, upakowanych w objętości mniejszej niż 750 cm^2 i ważących mniej niż 1,5 kg.

Warto także wspomnieć o stworzonej przez Japończyków koncepcji komputera piątej generacji, będącej jeszcze konstrukcją teoretyczną.

Podstawowymi cechami tego komputera będą:

— dostęp do niego za pomocą naturalnej mowy ludzkiej oraz obrazów;
— zdolność uczenia się i kojarzenia;
— zdolność prowadzenia inteligentnego dialogu w trybie pytanie — odpowiedź z człowiekiem;
— dysponowanie zamiast bazą danych tzw. bazą wiedzy (oznacza to zdolność „rozumienia" przez komputer zawartości bazy).

Według raportu Urzędu Nauki i Techniki w Japonii rozwój informatyki będą określały następujące wydarzenia (podane w nawiasach daty oznaczają przewidywany początek i koniec opracowania) *:

* *Science and Technology Developments up to A.D.2000,* Tokio 1972 r.

— produkcja przemysłowa urządzeń odczytujących litery i rękopisy (1982—1989);
— produkcja przemysłowa urządzeń do wprowadzania danych głosem (1983—1990);
— opracowanie technik rozpoznawania obrazów z prędkością, z jaką czyni to człowiek (1987—1999);
— produkcja maszyn do tłumaczenia „na żywo" (1991—2000 i później);
— opracowanie techniki przechowywania danych o wysokiej gotowości na poziomie molekularnym (1990—2000 i później);
— opracowanie wysokotrwałych elementów pamięciowych, odpornych za interferencję elektromagnetyczną, zakłócenia elektryczne, działanie ognia i uniemożliwiające przypadkowe zatarcie informacji (1990—2000 i dalej);
— produkcja przemysłowa wysokoczułych elementów pamięci optycznej odznaczającej się dowolną wielokrotnością zapisów i kasowania (1982—1989);
— produkcja przemysłowa pamięci holograficznej (1981—1988);
— opracowanie komputerów samouczących się (1984—1992);
— opracowanie komputerów adaptacyjnych (1986—1994);
— opracowanie komputerów samoregenerujących się (1986—1995);
— opracowanie języka programowania zbliżonego do języka naturalnego (1987—1995);
— hardware'owa realizacja znacznej części zadań oprogramowania systemów uniwersalnych (1982—1989);
— programowanie za pośrednictwem wejść fonicznych (by voice input) jako ułatwienie użytkowania komputerów (1986—1994).

Powyższe prognozy dobrze oddają sens obserwowanych obecnie tendencji rozwojowych, chociaż wiele z przewidywanych terminów realizacji należy uznać za zbyt optymistyczne. Wszystkie z wymienionych osiągnięć naukowo-technicznych po zrealizowaniu znajdą, z pewnością, zastosowanie w zautomatyzowanych systemach dowodzenia. Jest to jedna z prawidłowości postępu naukowo-technicznego.

Rozwój systemów informatycznych, a w szczególności systemów teleinformatycznych, zależy od stanu postępu naukowo-technicznego w dziedzinie telekomunikacji. Aktualnie w światowej sieci telekomunikacyjnej przesyłanie informacji odbywa się za pomocą analogowego systemu teletransmisji i systemów komputerowych z podziałem przestrzennym. Wprowadzenie cyfrowych systemów teletransmisyjnych i systemów komutacyjnych z podziałem czasowym umożliwi sukcesywną integrację sieci, systemów i usług

telekomunikacyjnych, w miarę rozszerzenia zastosowań systemów teletransmisyjnych i telekomunikacyjnych do realizacji połączeń telefonicznych, telekopiowych, transmisji danych, a nawet do wizjotelefonii. Tak samo zastosowanie techniki cyfrowej w przyszłościowych systmach teletransmisyjnych o dużej krotności, opartych na torach współosiowych, o zwiększonej średnicy, na falowodach, na światłowodach lub na satelitach, ułatwi rozwiązanie podstawowych problemów *.

Ponadto warunkiem poprawnego funkcjonowania sieci teleinformatycznych jest unifikacja stosowanych kodów oraz uniwersalnych zestawów urządzeń transmisji danych w stacjach peryferyjnych, retransmisyjnych, komutacyjnych i centrach komputerowych. Do podstawowych cech przyszłościowych sieci należy zaliczyć:

— elektroniczne węzły komutacyjne, stosujące przede wszystkim komutację wiadomości (obok techniki komutacji łączy);
— utajnianie przesyłanych informacji;
— zabezpieczenie przed wprowadzaniem niewłaściwych informacji do centrów komputerowych i przed niepowołanym dostępem do nich;
— stosowanie różnorodnych metod modulacji z preferencją sygnałów ziarnistych (PCM);
— stosowanie koncentratorów, hierarchizacji dróg transmisyjnych i szybkości transmisji w tych drogach;
— 100-procentowa ochrona informacji przed zniszczeniem.

Obserwowane tempo wdrożeń oraz poziom rozwoju techniki i technologii sprzętu informatycznego i telekomunikacyjnego oraz duże nakłady na prace rozwojowe umożliwiają obecnie budowę zautomatyzowanych systemów dowodzenia spełniających podstawowe wymagania operacyjno-taktyczne i zaspokajających zasadnicze potrzeby oficerów i sztabów.

5.4. Podstawowe kierunki rozwoju

Przypomnijmy, że najczęściej wyróżnia się trzy etapy rozwoju zastosowań informatyki w systemach dowodzenia. Etapy te obejmują proces przechodzenia od zastosowań maszyn cyfrowych, od rozwiązywania autonomicznych zadań operacyjno-taktycznych wykorzystywanych przez niezależnych użytkowników w różnych organach dowodzenia, przez wykorzystywanie w procesie dowodzenia tzw. systemów automatycznego przetwarzania danych

* *Dziś i jutro telekomunikacji.* WKiŁ, Warszawa 1973 r.

(polowych systemów przetwarzania informacji), aż do eksploatacji zautomatyzowanych systemów dowodzenia.

Zwróćmy uwagę na kilka charakterystycznych zjawisk z przeszłości, ekstrapolując niejako zaobserwowane tendencje na najbliższy okres 10—20 lat. W etapie pierwszym rozwoju automatyzacji charakterystyczna była autonomiczność zastosowań informatyki, której towarzyszyło dublowanie prac projektowo-wdrożeniowych, różnorodność sprzętu komputerowego, ponoszono bardzo wysokie koszty automatyzacji, przy czym efekty uzyskane były często mniejsze od efektów oczekiwanych. Narodziło się zatem przekonanie o nadmiernej kapitałochłonności informatyki i ograniczonej opłacalności automatyzacji. Wystąpił także pewien „kryzys zaufania" do matematycznych metod optymalizacji, przeto uwaga koncentrowała się głównie na zadaniach typu ewidencyjno-sprawozdawczego. Ogólnie, na metodologię projektowania systemów informatycznych decydujący wpływ miały ograniczone możliwości komputerów, zwłaszcza ich oprogramowania podstawowego oraz niski poziom rozwoju języków programowania. Wpływ ten wyrażał się m.in. w stosowanym trybie przetwarzania danych, tj. prostych formach użytkowania komputerów.

Dlatego następnym krokiem zmierzającym do wzrostu efektywności automatyzacji były przedsięwzięcia, które doprowadziły do zmiany form użytkowania systemów liczących. Przedsięwzięcia te miały charakter integracyjny i obejmowały: integrację zadań na różnych szczeblach kierowania i centralizację kierowania, pozwalającą na łączenie różnych dziedzin tematycznych. Dążenie do wspólnego wykorzystania zasobów obliczeniowych przez różnych użytkowników danego systemu dowodzenia doprowadziło do zmiany trybu przetwarzania danych. Powstałe w tym okresie programy użytkowe charakteryzuje szerszy niż poprzednio zakres problemowy i wyższy poziom wykorzystywanego języka programowania. Duże możliwości systemów liczących pozwalają na zastosowanie interaktywnych form użytkowania. Wraz z rozwojem zdalnego przetwarzania rośnie rola środków telekomunikacji. Powstaje technologia banku danych, będąca wyrazem zmiany formy wykorzystywania zasobów informacyjnych przez wielu użytkowników danej organizacji. Tym samym została stworzona baza dla wyższego pod względem jakościowym etapu rozwoju automatyzacji. Z etapem tym wiążemy perspektywy dynamicznego wzrostu zastosowania współczesnych środków informatyki w systemach dowodzenia.

Przez większość wypowiedzi specjalistów przewija się pogląd, że perspektywicznym rozwiązaniem jest kompleksowa automatyzacja systemów kierowania. Zakłada ona integrację specjalistycz-

nych dziedzin nowych systemów informatycznych, dzięki zapewnieniu ich współdziałania, wzajemnej wymiany zasobów informacyjnych, programowych i technicznych. Jednym z warunków spełniania tego jest unifikacja oprogramowania oraz sprzętu informatycznego i telekomunikacyjnego. Przyszły rozwój zastosowań będzie niewątpliwie związany z dalszym rozwojem rozproszonego przetwarzania, technologii banków danych i systemów teleinformatycznych. Oznacza to m.in. dalszy wzrost znaczenia telekomunikacyjnego aspektu zautomatyzowanych systemów kierowania, który będzie wyrażał rozwój efektywnych systemów transmisji danych i wykorzystania zintegrowanych systemów łączności oraz zastosowań tzw. inteligentnych końcówek.

Podkreślmy, że postęp telekomunikacji zmierza ku budowie zintegrowanych sieci łączności opartych na mieszanych metodach komutacji, wysokim stopniu zautomatyzowania procesów sterowania siecią oraz wykorzystujących metody modulacji kodowo-impulsowej w kanałach szerokopasmowych, pozwalających na transmisję różnych typów sygnałów: od telegraficznych poprzez teleksowe i telefoniczne do telewizyjnych i danych cyfrowych *.

Zasadnicze cechy systemów łączności, przewidywanych do eksploatacji w latach osiemdziesiątych, są następujące **:

— szeroki zakres możliwości usług związanych z automatyzacją sieci;
— bardzo krótki czas nawiązywania połączenia w systemie (poniżej 1 s);
— wysoki stopień utajnienia wiadomości (utajnienie bezpośrednio w aparatach końcowych);
— wysoki stopień odporności na możliwe oddziaływanie przeciwnika;
— duża mobilność, zapewniona przez podsystem dostępu radiowego abonentów ruchomych;
— elastyczność systemu umożliwiająca budowę sieci o dowolnej, optymalnej w danej sytuacji topologii;
— bardzo wysoki stopień niezawodności;
— łatwość utrzymania i eksploatacji.

Perspektywiczne cyfrowe systemy łączności powinny umożliwić znaczną redukcję bezwzględnych rozmiarów systemu (liczby sprzętu i pojazdów łączności — średnio o 30—40%, personelu — średnio o 40—50%) i związaną z tym obniżkę kosztów w typo-

* J. L. Kulikowski: *Rozważania nad modelem rozwoju informatyki w Polsce.* Nowości Informatyki, nr 2/1979 r.
** F. Witos, J. Lach, Z. Ludwiczak: *Perspektywiczne systemy łączności.* WPT, nr 9/1981 r.

wym okresie eksploatacji (10—15 lat), w porównaniu z dotychczasowymi systemami analogowymi.

Spodziewany wzrost mocy obliczeniowej systemów liczących będzie z pewnością bardziej rezultatem systemowych przemian strukturalnych, niż dalszego postępu technologicznego, zdającego się zbliżać już do granic fizycznych.

Rozwój metodologii użytkowania systemów liczących zmierzać będzie do dalszego uproszczenia trybu komunikowania się człowieka z komputerem. W rezultacie tego naturalnym stanem będzie np. posiadanie umiejętności wykorzystania możliwości systemów informatycznych przez każdego dowódcę i oficera sztabu w procesie dowodzenia. Należy także przewidywać wzrost udziału wśród realizowanych zadań informacyjnych, tzw. zadań aktywnych i „superaktywnych", a więc szerokie stosowanie matematycznych metod optymalizacji decyzji.

Uogólniając podstawowe cechy wyróżnionych etapów rozwoju automatyzacji (systemów informatycznych), można stwierdzić, że postęp w tej dziedzinie polegać będzie na wzroście ogólnej efektywności systemów informatycznych. Jako zasadniczy jakościowy czynnik wzrostu szeroko rozumianej efektywności przyjmuje się charakter integracji rozwiązań. Wyróżnia się przy tym następujące poziomy integracji:

— poziom integracji funkcjonalnej, polegającej na tym, że zadania realizowane przez poszczególne systemy przetwarzania danych wchodzą w skład pewnych zadań kompleksowych, stanowiących istotne elementy procesów kierowania; wynikają stąd pewne postulaty ujednolicenia techniczno-eksploatacyjnych parametrów systemów oraz koordynacji ich współdziałania;
— poziom integracji informacyjnej, polegającej na wzajemnym udostępnianiu lub wspólnym wykorzystaniu baz danych, skąd wynikają warunki ujednolicenia formatu zapisu danych, organizacji ich przechowywania, języków wyszukiwania informacji itp.;
— poziom integracji technicznej, polegającej na współpracy jednostek przetwarzania danych za pośrednictwem transmisji danych, skąd wynikają warunki dopasowania konfiguracji systemów liczących na poziomie sygnałów, kodów maszynowych i formatów danych, instrukcji maszynowych i języków programowania;
— poziom integracji organizacyjnej, polegający na podporządkowaniu poszczególnych systemów przetwarzania danych jednemu centrum sterowania, które określa ich zadania bieżące i perspektywiczne, koordynując ich współdziałanie.

Uzasadnione jest przyjęcie hipotezy, że przejście z jednego poziomu integracji na poziom następny wiąże się z przyrostem efektywności systemów informatycznych, ocenianej oczywiście z punktu widzenia potrzeb i wymagań użytkowników systemów dowodzenia.

Chcąc wreszcie określić perspektywiczne tendencje rozwojowe zautomatyzowanych systemów dowodzenia trzeba z pewnością skoncentrować uwagę na następujących zjawiskach:

1) kompleksowej automatyzacji systemu dowodzenia szczebla centralnego, której wyrazem jest zastosowanie systemów informatycznych w rozwiązywaniu podstawowych problemów rozwoju sił zbrojnych, planowania obronnego i problemów związanych z podejmowaniem decyzji strategicznych;

2) kompleksowej automatyzacji systemów dowodzenia w poszczególnych rodzajach sił zbrojnych i rodzajach wojsk, którą charakteryzuje wysoki poziom integracji poszczególnych systemów informatycznych (zarówno „w pionie", jak i „w poziomie") oraz możliwość ich współdziałania w układach sojuszniczych;

3) integracji taktycznych zautomatyzowanych systemów dowodzenia i kierowania (np. systemów: dowodzenia ogólnowojskowego, kierowania zabezpieczeniem materiałowo-technicznym, kierowania ogniem OPL, rozpoznania itp.);

4) rozwoju systemów teleinformatycznych i zintegrowanych systemów łączności na szczeblu strategicznym, operacyjnym i taktycznym;

5) rozszerzaniu zakresu zastosowań matematycznych metod optymalizacji decyzji w zautomatyzowanych systemach dowodzenia wszystkich szczebli;

6) rozwoju niezawodnych pokładowych systemów liczących, znajdujących się na wyposażeniu samolotów, pocisków rakietowych i statków kosmicznych;

7) rozwoju interakcyjnych form wykorzystania systemów liczących przez dowódców i oficerów sztabów na wszystkich szczeblach;

8) wzroście odporności systemów informatycznych na działania nieprzyjaciela, a w szczególności jego broni jądrowej i środków walki radioelektronicznej;

9) wzroście operatywności, ciągłości, gotowości, żywotności i skrytości dowodzenia na wszystkich szczeblach;

10) możliwości efektywnego działania systemów dowodzenia również w warunkach braku środków informatyki.

W Raporcie dla Klubu Rzymskiego p.t. „Mikroelektronika i społeczeństwo. Na dobre i złe" znajduje się rozdział poświęcony powiązaniom mikroelektroniki z rozwojem techniki wojskowej.

Omówiono w nim cztery rodzaje zastosowań mikroelektroniki: w pociskach strategicznych i manewrujących, systemach wczesnego ostrzegania, samolotach bojowych i automatyzacji działań bojowych. Fragment raportu dotyczący ostatniego z tych zastosowań brzmi: „Przy automatyzacji działań bojowych siły i środki npla byłyby wykrywane przez zdalnie sterowane pojazdy lub czujniki zainstalowane na ziemi. Zebrane w ten sposób dane byłyby przesyłane do komputerów, a te podejmowałyby decyzje co do dalszych działań i skierowania ognia na dany cel. Po przerwaniu ognia czujniki rozmieszczone na obszarze działań i zdalnie sterowane pojazdy dokonałyby oceny zniszczeń i skierowałyby te informacje do komputerów, które podjęłyby decyzję co do dalszego prowadzenia ognia itd."

Mimo że cytat ten wydaje się fantazją, to jednak rozwój w dziedzinie zastosowań wojskowych mikroelektroniki i informatyki zmierza w tym kierunku.

ZAKOŃCZENIE

Doskonalenie dowodzenia jest koniecznością spowodowaną dwoma podstawowymi czynnikami, a mianowicie: zewnętrznymi, bowiem doskonali swój system dowodzenia potencjalny przeciwnik, oraz wewnętrznymi, gdyż zachodzą permanentne zmiany w uzbrojeniu i wyposażeniu wojsk, do których muszą być dostosowywane możliwości systemów dowodzenia i kierowania.

Świadomość istnienia tych dwóch podstawowych determinant wpłynęła na układ i treść prezentowanego w niniejszej książce materiału. Uznano za obiektywną konieczność poznawanie i śledzenie rozwoju automatyzacji dowodzenia w armiach państw NATO, której ranga nie jest niższa od konieczności poznawania systemów uzbrojenia. Dotyczy to przede wszystkim armii Stanów Zjednoczonych ze względu na jej ekonomiczne i naukowo-techniczne możliwości rozwojowe. Zwraca się także uwagę na to, że wiele amerykańskich programów badawczo-rozwojowych nie spełniło wymagań i nie przyniosło oczekiwanych rezultatów, a niektóre z nich należy uznać za przykłady błędów i nieporozumień. Analiza tych zjawisk może pozwolić na wzrost obiektywności ocen podstawowych tendencji w automatyzacji dowodzenia. Z tych to powodów w książce znalazło się omówienie wybranych zachodnich wojskowych systemów informatycznych.

Należy także podkreślić znaczenie faktu, że narzucony przez agresywną politykę państw kapitalistycznych, głównie Stanów Zjednoczonych, wyścig zbrojeń obejmuje swym zasięgiem nie tylko środki niszczenia, ale również systemy łączności, rozpoznania i dowodzenia. Powstają systemy rozpoznawczo-uderzeniowe o bardzo wysokim stopniu automatyzacji. Stosunek efektywności powyższych systemów, należących do stron potencjalnych przeciwników w konflikcie zbrojnym, jest równie istotny jak „trady-

cyjny" stosunek sił *. Jednym z elementów wspomnianej efektywności tych systemów będzie, szeroko rozumiana, efektywność technicznych i programowych środków informatyki. Wybrane, najistotniejsze wiadomości na temat ich możliwości i zasad funkcjonowania oraz ogólnych kierunków rozwoju powinny spełniać taką rolę w procesie szkolenia kadr dowódczo-sztabowych, jak znajomość zasad operacyjno-taktycznych użycia wojsk i możliwości technicznych środków walki.

Wewnętrzne determinanty doskonalenia dowodzenia określają strukturę i przebieg procesu dowodzenia oraz jego podstawowe charakterystyki, następnie wymagania dotyczące operatywności i żywotności, a także te czynności, które mogą być przedmiotem automatyzacji. Jest to bardzo istotne, gdyż brak głębokiej znajomości istniejących barier i ograniczeń prowadzić może do swoistej „euforii informatycznej", która, z kolei, bywa źródłem nieporozumień, niechęci i uprzedzeń, zwłaszcza w przypadku, gdy nie wszystkie optymistyczne oczekiwania zostały spełnione.

W obecnym etapie rozwoju automatyzacji dowodzenia główny wysiłek i ciężar odpowiedzialności za podejmowane decyzje i ich realizację spoczywa na ludziach — dowódcach, szefach i oficerach sztabów. Systemy informatyczne wspomagają ich działalność, wyręczając nierzadko w konieczności analizy ogromnej ilości różnych danych w bardzo ograniczonym czasie oraz wykonywaniu kalkulacji typu: analiza, ocena i prognozowanie strat sił i środków własnych i nieprzyjaciela (zwłaszcza w rejonach uderzeń jądrowych), planowanie przegrupowania wojsk z rejonów wyjściowych własnym transportem, obliczanie stosunku sił, ocena możliwości poszczególnych rodzajów wojsk i służb, analiza wariantów użycia wojsk itp. Wszystko to stanowi formę „informacyjnego zabezpieczenia" procesu podejmowania decyzji. Jak pisze B. Chocha: **
„Podstawą dowodzenia jest decyzja dowódcy, która de facto jest niczym innym, jak tylko określeniem celu walki i sposobów jego osiągnięcia w konkretnej sytuacji bojowej. Decyzja staje się rzeczywistą podstawą dowodzenia dopiero z chwilą, gdy została w odpowiednim czasie doprowadzona do wykonawców i jest dla nich równie jasna i zrozumiała, jak dla dowódcy, który decyzję tę podjął. (...) Z chwilą powzięcia decyzji przez dowódcę lub co najmniej sprecyzowania jego zamiaru następuje planowanie działań bojowych, doprowadzenie zadań do wykonawców, organizacja i przygotowanie wojsk do działań bojowych, kontrola wykonania". Automatyzacja może usprawnić zatem przede wszystkim zbiera-

* P. Sienkiewicz: *Inżynieria systemów*. Wyd. MON, W-wa 1983 r.
** B. Chocha: *Rozważania o taktyce*. Wyd. MON, Warszawa 1983 r.

nie, przechowywanie i przetwarzanie danych, ocenę sytuacji i planowanie operacji (walki).

Pewien, jeden zapewne z wielu punktów widzenia na zagadnienie automatyzacji przedstawiony został w niniejszej książce. Autorzy posiadają tego świadomość i nie uzurpują sobie prawa do wypowiadania kategorycznych, nie podlegających dyskusji, sądów.

Zastosowania informatyki w dowodzeniu są nadal przedmiotem dyskusji i kontrowersji. Istnieje wiele różnych poglądów i koncepcji, nawet wśród specjalistów zajmujących się projektowaniem i wdrażaniem systemów informatycznych i nauczających informatyki. Stanowiska te różnią się, między innymi, siłą koncentracji uwagi na czynnikach automatyzacji. Dla jednych sprawą najważniejszą i, niekiedy jedyną, jest oprogramowanie użytkowe, bądź systemowe lub dokumentacja projektowa, dla innych technika (na różnym zresztą poziomie szczegółowości) lub np. zagadnienie efektywności systemów zautomatyzowanych, a dla jeszcze innych matematyczna teoria systemów liczących i teoria programowania. Nie można tu pomijać sposobu myślenia kogoś, kto z informatyką wiąże swe osobiste cele i nadzieje i dla kogo przejście ze stanu bezkrytycznego entuzjazmu do stanu negacji (automatyzacji w ogóle lub konkretnych rozwiązań w szczególności) nie przedstawia większej trudności. Nie ma potrzeby dowodzić, że dla każdego z przedstawicieli wyróżnionych poglądów nie ma wątpliwości, że jego spojrzenie na informatykę jest „jedynie słuszne". I nie trzeba dodawać, że nie przynosi ono większych korzyści dla postępu w omawianej dziedzinie.

Informatyka wymaga systemowego widzenia i kształtowania, odrzucającego partykularyzm i woluntaryzm środowisk opiniotwórczych i, niekiedy decyzyjnych, które mają to do siebie, że... się zmieniają. Inną natomiast sprawą jest konieczność określenia wyraźnych priorytetów, wynikających z analizy obiektywnych tendencji rozwojowych, aktualnych możliwości ekonomicznych, technologicznych itp.

Wojsko Polskie, połączone braterstwem broni z armiami Układu Warszawskiego, realizuje postulat postępu naukowo-technicznego, unowocześniając systemy dowodzenia i kierowania ogniem. Podejmowane są prace, zmierzające do opracowania najbardziej racjonalnych metod i organizacji działania organów dowodzenia — w warunkach gwałtownie zmieniającej się sytuacji na polu walki, przy wykorzystaniu najnowszych osiągnięć teorii dowodzenia, teorii organizacji i kierowania oraz informatyki. Obejmują one racjonalne zasady zdobywania, gromadzenia, przetwarzania i obiegu informacji operacyjno-taktycznych, sporządzania dokumentów

bojowych, projektowania, wdrażania i eksploatacji zautomatyzowanych systemów dowodzenia. Wdrażane są metody i środki usprawniania prac sztabowych, środki łączności, wozy dowódczo-sztabowe i specjalizowane maszyny cyfrowe, umożliwiające tworzenie efektywnych systemów dowodzenia na współczesnym polu walki.

Realizacja tak złożonych programów badawczo-rozwojowych możliwa jest dzięki wspólnemu wysiłkowi armii państw — sygnatariuszy Układu Warszawskiego. Jest jednym z głównych czynników umacniania siły obronnej wspólnoty socjalistycznej.

BIBLIOGRAFIA

1. Abramson N., Kuo F. (red.): *Sieci telekomunikacyjne komputerów*, Warszawa 1978
2. Afanasjew W. G.: *Rola informacji w procesie sterowania społeczeństwem*, Warszawa 1978.
3. Bąbiński Cz.: *Elementy nauki o projektowaniu*, Warszawa 1969.
4. Balińska K. (red.): *Podstawy elektronicznej techniki obliczeniowej.* Przewodnik do ćwiczeń, Poznań 1978.
5. Bidziński B.: *Istota współczesnego dowodzenia wojskami.* Myśl Wojskowa, nr 6, 1973.
6. Badźmierowski K., Pieńkos J., Piestrzyński W.: *Systemy mikroprocesorowe*, Warszawa 1981
7. Buśko B., Sliwieński J.: *1000 słów o komputerach i informatyce*, Warszawa 1979.
8. Butrimienko A. W.: *Razrabotka i ekspłuatacija sietej EVM*, Moskwa 1981.
9. Chu Y.: *Organizacja i mikroprogramowanie maszyn cyfrowych*, Warszawa 1979.
10. Czujew J.: *Badanie operacji w wojsku*, Warszawa 1972.
11. Daniels A., Yeates D.: *Podstawy analizy systemów*, Warszawa 1974.
12. Date C. J.: *Wprowadzenie do baz danych*, 1981.
13. Dijkstra E.: *Umiejętność programowania*, Warszawa 1978.
14. Drużynin W., Kontorow D.: *Idea, algorytm, decyzja*, Warszawa 1975.
15. Drużynin W., Kontorow D.: *Principy sozdanija i primienienija avtomatizirovannych sistiem upravlenija*, Voennaja Mysl, nr 8, 1976.
16. Dudek Z., Sosnowski J.: *Organizacja przesyłania informacji w systemach cyfrowych*, Warszawa 1981.
17. Eadie D.: *Nowoczesne maszyny i systemy cyfrowe*, Warszawa 1974.

18. Eckhouse R. H.: *Systemy minikomputerowe.* Organizacja i oprogramowanie, Warszawa 1979.
19. Enslow P. (red.): *Systemy cyfrowe wieloprocesorowe,* Warszawa 1978.
20. Evans G. W., Wallace G. F., Sutherland G. L.: *Symulacja na maszynach cyfrowych,* Warszawa 1975.
21. Filar W.: *Badania operacyjne a problemy zaopatrywania,* Warszawa 1973.
22. Gackowski Z.: *Projektowanie systemów informacyjnych zarządzania,* Warszawa 1974.
22a. Głąb R., Stokalski A.: *Projektowanie systemów komputerowych.* Podstawy inżynierii systemów informatycznych, WAT, Warszawa 1980.
23. Głąb K., Gniłka M., Siery J.: *Zautomatyzowane systemy dowodzenia i kierowania środkami walki.* Myśl Wojskowa, nr 8, 1980.
24. Gołąb Z., Kołcz S.: *Współczesne dowodzenie wojskami,* Warszawa 1974.
25. Gołovkin B.: *Parallielnyje vyczislitielnyje sistiemy,* Moskwa 1980.
26. Gołubincev V., Kpajev V., Sinielnikov J.: *Evolucija universalnych EVM,* Moskwa 1980.
27. Gościński J.: *Projektowanie systemów zarządzania,* Warszawa 1967.
28. Greczko A.: *Siły zbrojne państwa radzieckiego,* Warszawa 1975.
29. Grindley K., Humble J.: *Skuteczność wykorzystania komputera,* Warszawa 1976.
30. Hall A. D.: *Podstawy techniki systemów.* Ogólne zasady projektowania, Warszawa 1968.
31. Hellwig Z. (red.): *Automatyczne przetwarzanie informacji,* Warszawa 1971.
32. Ilczuk J., Jerczyńska M.: *Efektywność systemów informatycznych zarządzania,* Warszawa 1979.
33. Iwaniak J.: *Przesłanki powstania i rozwój banków danych.* Wojskowy Przegląd Organizacji i Informatyki, nr 1, 1974.
34. Iwanow D. A., Sawieljew W. P., Szemanski P. W.: *Zasady dowodzenia wojskami,* Warszawa 1973.
35. Jevreinov E., Horoszevskij V.: *Odnorodnyje vyczislitielnyje sistiemy,* Nowosybirsk 1978.
36. Kaufman H.: *Dzieje komputerów,* Warszawa 1980.
37. Kołodziejczak B.: *Co będzie jutro? Rozważania o przyszłym polu walki,* Warszawa 1976.
38. Komorowski W.: *Architektura minikomputerów,* Warszawa 1980.
39. Kucfir J.: *Przesyłanie informacji w zautomatyzowanych systemach kierowania.* Automatyzacja i mechanizacja systemów kierowania w wojsku, z. 6, 1969.
40. Kulikowski J. L.: *Informacja i świat, w którym żyjemy,* Warszawa 1978.

41. Kurnal J.: *Zarys teorii organizacji i zarządzania,* Warszawa 1971.
42. Laver M.: *Komputery, łączność, społeczeństwo,* Warszawa 1978.
43. Łoszczyłov I. N.: *Perspektiva primienienija vyczislitielnoj tiechniki v voennom dielie,* Moskwa 1976.
44. Mano M.: *Architektura komputerów,* Warszawa 1980.
45. Marciniak W.: *Przyrządy półprzewodnikowe i układy scalone,* Warszawa 1979.
46. Marczyński R., Bąkowski P., Sochacki J.: *Mikroprocesory,* Warszawa 1979.
47. Martin J.: *Dialog człowieka z maszyną cyfrową,* Warszawa 1976.
48. Martin J.: *Programowanie maszyn cyfrowych w systemach uwarunkowanych czasowo,* Warszawa 1970.
49. Martin J.: *Przyszłość telekomunikacji,* Warszawa 1975.
50. Martin J.: *Wprowadzenie do transmisji danych,* Warszawa 1975.
51. Meadow C. T.: *Analiza systemów informacyjnych, wyszukiwanie, organizacja i przetwarzanie informacji,* Warszawa 1972.
52. Mężyk S., Owsiany J.: *Bazy danych:* PTC, Warszawa 1977.
53. Mróz W.: *Kierowanie, decydowanie oraz rodzaje i charakterystyka najważniejszych funkcji związku taktycznego.* TWNO, Warszawa 1973.
54. Muzyczenko A. C., Baraniuk W. A., Worobiew V. I.: *Avtomatizacija upravlenija tyłom,* Moskwa 1976.
55. Niedzielska E. (red.): *Projektowanie systemów informatycznych,* Warszawa 1977.
56. Nowak E., Sawicki Z.: *Pamięci maszyn cyfrowych.* Konstrukcja i technologia, Warszawa 1977.
57. Nowicki J.: *Zautomatyzowane systemy dowodzenia i kierowania w armiach zachodnich,* Warszawa 1972.
58. Nożko K.: *Zagadnienia współczesnej sztuki wojennej,* Warszawa 1973.
59. Orzechowski J.: *Dowodzenie i sztaby,* Warszawa 1974.
60. Panfiłov J., Połovko A.: *Vyczislitielnyje sistiemy,* Moskwa 1980.
61. Razimov O. C., Szurakov B. B.: *Osnovynyje principy i metody obrabotki voennoj informacii na EVM,* Moskwa 1975.
62. Sienkiewicz P.: *Model informatycznego systemu dowodzenia.* ASG WP, Warszawa 1978.
63. Sienkiewicz P.: *Warunki informatyzacji systemów kierowania.* Wojskowy Przegląd Organizacji i Kierowania, nr 4, 1976.
64. Sienkiewicz P.: *Perspektywy automatyzacji systemów dowodzenia.* ASG WP, Warszawa 1981.
65. Skibiński J.: *Problemy teorii organizacji i kierowania.* ASG WP, Warszawa 1973.
66. Sokołowski J. S.: *Logika w dowodzeniu i kierowaniu,* Warszawa 1972.

67. Stokalski A.: *Budowa i projektowanie systemów komputerowych.* Architektura systemów komputerowych. WAT, Warszawa 1981.
68. Skorupski A.: *Pamięci maszyn cyfrowych,* Warszawa 1980.
69. Targowski A.: *Informatyka. Modele systemów i rozwoju,* Warszawa 1980.
70. Uszyński Z.: *Proces decyzyjny na tle realizacji zadań służbowych.* Szt. Gen. WP, Warszawa 1976.
71. Weitzman G.: *Systemy minikomputerowe.* Struktura i zastosowania, Warszawa 1979.
72. Węgrzyn S.: *Podstawy informatyki,* Warszawa 1982.
73. Zieleniewski J.: *Organizacja i zarządzanie,* Warszawa 1969.
74. Zbiorowe: *Bank danych w przedsiębiorstwie przemysłowym,* Warszawa 1978.
75. Zbiorowe: *Przechowywanie danych,* Warszawa 1977.
76. Zbiorowe: *Problemy projektowania systemów informatycznych zarządzania.* Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej, nr 110, 1979.
77. Zbiorowe: *Technologia i inżynieria opracowania systemów informatycznych,* Lublin 1979.
78. Zbiorowe: *Metody cybernetyczne w zarządzaniu.* Materiały konferencji, Warszawa 1979.
79. Zbiorowe: *Współczesne problemy zarządzania,* Warszawa 1974.
80. Zbiorowe: *Materiały I i II Szkoły Podstaw Inżynierii Systemów,* Warszawa 1976 — 1979.

BIBLIOTEKA NAUKOWA AGO WP
6097
Dział Zbiorów Ogólnych

ERRATA

do pozycji: *Piotr Sienkiewicz, Marian Szczepaniak, Wojciech Więckowski* pt. „Dowodzenie z komputerem"

Str.	Wiersz od góry	Wiersz od dołu	Jest	Powinno być
138	—	17	... procesu ...	... w procesie ...
143	—	4	... informatycznej ...	... informatycznej." ...
144	11	—	... systemów ...	... i systemów ...
162	rys. 3.8.		w drugim bloku u góry od lewej zmienić wyraz wyprowadzania na wprowadzania	
193	—	3	* Autor dziękuje ...	* Autorzy dziękują ...
199	Podpis pod rys. 4.3.		Praktyczny ...	Taktyczny ...
300	—	6	... cyfrowych, od	... cyfrowych do

Printed in Poland

Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej
Warszawa 1984. Wydanie I

Nakład 2000 + 250 egz. Objętość 19,01 ark. wyd., 19,75 ark. druk. Papier druk. sat. IV kl. 71 g, format 61×86/16 z Fabryki Celulozy i Papieru im. J. Dąbrowskiego w Kluczach. Oddano do składu 1 06 1984 r. Druk zakończono w grudniu 1984 r. w Wojskowej Drukarni w Łodzi. Zam. nr 135

Cena zł 200,— E-17

Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej
P/3877
40-006097-001-0