

Négyesi Imre

A vezetés automatizálásának alapelvei és első eredményei a szovjet fegyveres erőknél

II.

DOI 10.17047/HADTUD.2016.26.E.84

Rezümé:

Ebben a cikkben bemutatásra és elemzésre kerülnek a vezetés automatizálásának első szovjet eredményei és ehhez kapcsolódóan a katonai feladatok automatizált végrehajtásának kezdeti lépései.

Kulcsszavak:

számítástechnika; információ; vezetés; történelem.

Négyesi, Imre

PRINCIPLES AND THE FIRST RESULTS OF THE AUTOMATION OF COMMAND AND CONTROL SOVIET ARMED FORCES

II.

Abstract:

In this article presented and analyzed the results of the first Soviet leadership automation of the initial steps in related military tasks automated implementation.

Key words:

computers; information; management; history.

A jelen írás célja annak bemutatása, hogy miként realizálódtak a létrehozott számítógépekben a csapatvezetés automatizálásának szovjet elvei a kezdetektől, illetve az elért kezdeti eredmények rendszerezése, összegezése. A cikkben két vonalon hajtom végre a bemutatást és az elemzést. Először kitérek arra, hogy milyen kezdeti eredményeket értek el a Szovjetunióban, milyen nagy fejlesztői bázisok alakultak és mely nevekhez köthetők az első eredmények. Ehhez a részhez szervesen kapcsolódóan összefoglalom azokat a számítógép családokat is, amelyeknek első tagjai ekkor készültek és a továbbfejlesztéseik során a későbbiekben meghatározóvá váltak a katonai feladatok végrehajtásának automatizálásában. A következő részben, a hangsúlyt teljes mértékben a hadsereg helyezve, bemutatom, hogyan használták fel az addigi eredményeket a katonai alkalmazások kifejlesztése során.

Az automatizálás megvalósításának első eredményei a Szovjetunóban

1948. december 4. nevezetes nap a szovjet tudósok életében. Ezen a napon adták ki az a hivatalos igazoló dokumentumot, amely az #10475 számú tanúsítvánnyal (1. ábra) igazolta az első automatikus digitális elektronikus számítógép létrehozását a Szovjetunióban és ezzel igazolta, hogy a Szovjetunió belépett egy új korszakba: a számítógépek korszakába. Kézenfekvő ennek megfelelően, hogy ettől a dátumtól

induljon ez a cikk az automatizálás szovjet eredményeinek áttekintésére, de nem elfeledve, hogy ezt az eredményt már sok tudós, sok munkája előzte meg.

A fejlesztés 1947-ben kezdődött az Energy Institute-nál Isaak Brook (Исаак Семенович Брук), Bashir I. Rameev (Рамеев Башир Искандарович) és Nyikolaj Y. Matyuhin (Николай Яковлевич Матюхин) vezetésével. (Isaak Brook a második világháború alatt már sikeresen kidolgozott egy légvédelmi tűzvezető rendszert.) A következő ábrán látható az első hivatalos bejegyzett dokumentum másolata, amely gyakorlatilag igazolta, hogy a Szovjetunió belépett a számítógépek korszakába.



1. ábra
Az #10475 számú bizonyítvány

A következő nevezetes dátumok: 1951. december 15, amikor üzembe helyezték az első automata digitális számítógépet az ATSVM¹ M–1-et és 1951. december 25. és elkészült a MESM–² digitális elektronikus számítógép.³

Nem akarok belemenni túl nagy mélységben a technikai paraméterek taglalásába, hiszen a cikk célja is elsősorban az automatizálás története. A továbbiakban ennek megfelelően csak néhány jellemző tulajdonságot említek meg minden számítógépnél, illetve számítógépes rendszernél. Az M–1 volt az egyik első digitális számítógépen tárolt programú gép.⁴ Általános jellemzői a sokoldalúság és az, hogy képes volt nagyfokú pontossággal számítások végrehajtására.

A fejlett ATSVM M–1 négy fő egységből állt:

1. Aritmetikai egység (AU), amelynek feladata volt az alapvető számtani műveletek elvégzése.
2. A tároló eszköz (memória), amelynek célja volt, hogy tárolja a részeredményeket, a kezdeti használt adatokat a további számításokhoz,

¹ Автоматическая цифровая вычислительная машина (АЦВМ)

² макета электронной счетной машины (МЭСМ)

³ A két fejlesztés szemmel láthatóan párhuzamos futott az M–1 Isaak Brook (Исаак Семенович Брук) vezetésével, a MESM (vagy SECM) pedig Szergej Alekszejevics Lebegyev (Сергей Алексеевич Лебедев) vezetésével.

⁴ Отчет по работе »Автоматическая цифровая вычислительная машина [M1]«. М., АН СССР. Энергетический институт им. Г. М. Кржижановского. Лаборатория электросистем, 1951. (Munkajelentés az automatikus digitális számítógépről [M1], Moszkva, Szovjetunió. Energy Institute, 1951)

valamint a végleges eredményeket. A memóriában tárolták azokat a titkosított útmutatásokat is, amelyek lehetővé tették a teljesítésére vonatkozó szükséges intézkedéseket.

3. Fő szoftverérzékelő (GAP), amely vezérelte a végrehajtást (program) a memóriából kapott utasítások alapján.
4. A készülék be- és kimeneti (ICC) egysége, amelynek feladata volt, hogy betöltse a nyers adatokat a memóriából és ezen egységen keresztül a program kinyomtatja a számítási eredményeket. Ennek megfelelően az ICC egy szabványos közvetlenül nyomtató, táviró berendezés volt.

Mint látható, az M–1 számítógép már megfelelt a Neumann-elveknek. Neumann *First Draft of a Report on the Edvac* címmel 1945-ben megjelentetett egy művet, melyben leírta azokat az alapelveket, melyeket ma a tudományos világ *Neumann-elvekként* tart számon.⁵

A párhuzamosan folyó fejlesztés miatt az irodalmak egy másik számítógépet is első digitális elektronikus számítógépként említene. (A különböző dokumentumokban a SECM és MECM rövidítésekkel jelzett gépek azonos számítógépeket takarnak, de ez a „hiba” inkább csak a fordításból eredhet.) Ismét nem részletezve a műszaki adatokat, összefoglalásként kimondható, hogy az 1951 decemberében szinte egy időben és egymástól függetlenül üzembe helyezett két elektronikus digitális gép megnyitotta az utat a Szovjetunióban a digitális számítógépek létrehozásának gyakorlati megvalósítása előtt. Ezek a számítógépek jelentették a kezdetet és alapot szolgáltattak a későbbiekben létrehozott számítógép-családok különböző egyedeinek is. A teljességre törekvés ez esetben szinte lehetetlen lenne, ezért nézzünk egy szubjektív listát kiegészítve az adott családba tartozó típusok fejlesztésének kezdeti és befejező dátumával, valamint a gyártott darabszámokkal. (Néhány speciális gép (például katonai fejlesztés) esetén nem áll minden adat rendelkezésre, ezeknél a gépeknél „na.” „nincs adat” jelzést alkalmaztam.)

Családnév	Típus	Tervezés és gyártás	
		Ideje	Gyártott darab
URAL	1	1955–61	183
	2	1959–64	139
	3	1961–64	22
	4	1961–64	30
	11	1965–75	123
	14	1965–74	201
	16	1968–69	1
MINSZK	1	1960–63	230
	2	1963–65	118
	11	1961–62	11

⁵ Röviden és leegyszerűsítve ez azt jelenti, hogy a számítógépnek a következőknek kell megfelelnie: legyen soros működésű, teljesen elektronikus, használjon belső memóriát, a tárolt program elve, és legyen univerzális a gép. Neumann híres műve az elektronikus számítógépekkel szembeni követelményeket három pontban foglalta össze. Az első pont a számítógép fő részeit, az azokkal szembeni kívánalmakat fogalmazta meg, a második pont a tárolt program elvet, a harmadik pedig az automatikus, emberi beavatkozás nélküli működési követelményt rögzítette.

	12	1961–62	5
	14	1961–62	36
	16	1961–62	1
	22	1965–70	953
	23	1966–69	28
	26	1965–70	na.
	27	1965–70	na.
	32	1968–75	2889
ARGON	1	1969–80	2000
	10M	1969–82	20
	12C	1968	0
	12A	1968–73	15
	15	1972–82	<500
	16	1973–74	380
	17	1976–91	na.
BESM	1	1953	1
	2	1957–62	20-30
	4	1961–66	30
	6	1967–87	355
BÉTA	2	1972–75	12
	3M	1979–90	50
	40	1956-	na.
	50	1959	na.
	220	1968–74	200

2. ábra
Számítógép-családok a Szovjetunióban⁶
(Saját szerkesztés. Forrás: <http://www.computer-museum.ru/histussr/>)

Először csak néhány szó a számítógép családokról, majd a következő fejezetben részletesebben a családok azon tagjairól, amelyeket speciálisan katonai feladatok végrehajtására fejlesztettek.

Az URAL számítógép-család vezetőtervezője Bashir Iskanderovich Rameev (Башир Искандарович Рамеев) volt és a fejlesztésért a Penza Tudományos Kutató Intézet felelt. Az URAL-számítógépek fő alkalmazási területei voltak: matematikai problémák megoldása számítástechnikai központokban, tudományos kutatóintézetekben, tervezőirodákban és ipari vállalatoknál. A MINSZK számítógép család főtervezője George P. Lopatov (Георгий Павлович Лопато). A fejlesztés Fehéroroszországban volt a fehérorosz gazdasági tanács felügyelete alatt. Alkalmazási területei a legszélesebb alkalmazás sokféle mérnöki és tudományos feladatok megoldására, és használható volt tudományos és oktatási intézményekben, adatközpontokban, tervező irodákban és gyárakban is. Az ARGON számítógép család vezetőtervezői S. L. Sobolev (Соболев), S. N. Tsaplin (Цаплин) és A. A. Pereshivkin (Перешивкин) voltak. A fejlesztés az Elektronikus gépek

⁶ A különböző eszközcsaládokat jelentősen eltérő darabszámban hozták létre. Ennek megfelelően például a MINSZK–22 típusból ezért is (valamint természetesen politikai megfontolásokból is) kerülhettek Magyarországra számítógépek. A magyarországi eszközökről, kiemelten kezelve a katonai felhasználást, egy külön cikkben írok.

kutatóintézetében folyt, amely 1986-ban felvette az „ARGON” nevet. Az alkalmazási terület a hadsereg volt, ezért is nevezték a különböző típusokat fedélzeti számítógépeknek. A különböző típusok között megtalálhatóak a földi, légi és rakétairányító automatizált rendszerek egyaránt. A BESM általános célú elektronikus számítógép család vezetőtervezője S. S. Lebegyev volt és a fejlesztést a Tudományos Akadémia felügyelte. Általános feladatok, első sorban nagy pontosságú számítások, de alacsonyabb sebességű számítások elvégzésére hozták létre. BÉTA család szintén a fedélzeti komplex számítógép összefoglaló nevet kapta. A fő tervezők A. M. Larionov (Александр Максимович Ларионов) és V. I. Steinberg (Виталий Иосифович Штейнберг) voltak az Elektronikus gépek kutatóintézetében. A rendszer katonai alkalmazásként mobil parancsnoki és ellenőrző rendszerként funkcionált, ezért nem csak számítástechnikai, hanem kommunikációs berendezéseket is tartalmazott.

A katonai feladatok automatizálásának kezdeti lépései és eredményei

Már az előző fejezetben is megjelentek a katonai alkalmazásra létrehozott számítógépes rendszerek, de úgy gondolom, hogy ez a terület mindenképpen kiemelt figyelmet érdemel. Ebben a fejezetben ennek megfelelően kitérek a speciálisan katonai feladatok végrehajtására létrehozott számítógépek történetére és bemutatok néhány olyan számítógépet, amely szorosabban köthető a katonai alkalmazáshoz.

A katonai célú számítástechnikai eszközök fejlesztését már a kezdetektől nagymértékben meghatározták a szükségletek és a katonai kiadások csökkentésének igénye. Ugyancsak meghatározó volt az a felismerés is, hogy a számítógépek hamarosan lehetővé tehetik a feladatok elvégzési sebességének növelését és jelentősen javíthatják a pontosságot és a megbízhatóságot. A második világháború előtti években már létrehoztak például nyomkövető-rendszereket, tűzvezető eszközöket és torpedó-vezérlő eszközöket is. A technikai fejlődés lehetővé tette ezek továbbfejlesztését és új rendszerek kifejlesztését.

A körülmények lehetővé tették az áttérést a digitális számítástechnikára, amelynek a fő előnye a számítógépek önálló feladat-megoldási lehetőségben rejlett, bármilyen komplex logikai vagy számítási feladat tekintetében. Megkezdődött a katonai célú számítógépek fejlesztése, amelyen belül négy fő csoportot különítettek el: a szárazföldi szállító eszközre és a légi járműre telepített eszközök csoportját, a tengerészeti eszközök csoportját, valamint a külön csoportot képező tűzérségi-, illetve rakéta-eszközöket irányító számítógépek csoportját. Egy másik csoportosítás az alábbiak szerint különítette el a katonai területen működő számítógépeket:

1. Állandó elhelyezésben (katonai objektum, katonai kórház) elhelyezett.
2. Utánfutóval vagy konténerekben szállítható (légi, vasúti, közúti) eszközök.
3. Telepített mobil objektumok és eszközeik.

Látható, hogy ez a korai felosztás lényegében megfelel a mai csoportosításnak.⁷

⁷ Dr. Munk Sándor: Katonai informatika a XXI. század elején. Zrínyi Kiadó, Budapest, 2007. 242–243. oldal, ISBN: 978 936 327 419 4

1. állandó elhelyezési feltételek között alkalmazott,
2. tábori (telepített/áttelepülő) vezetési pontokon alkalmazott;
3. harceszközökben, harcjárműveken alkalmazott,
4. az egyes katonákat közvetlenül támogató személyi eszközök.

A korabeli politikai viszonyok folyamatosan ösztönözték a védelmi iparágakat és a védelmi minisztériumot, hogy oldják meg a hadseregnek azt a problémáját, amelyet a hatalmas mennyiségű információ valós idejű feldolgozása jelentett. Külön problémaként jelentkezett, hogy a fejlesztések sok esetben egymástól függetlenül, nem egyeztetett módon folytak (tárcaközi akadályok, titoktartás stb.) és ezért megnövekedtek az előállítás költségei is. Ennek eredménye volt az is, hogy jelentősen növekedett a számítógéppark (új számítógépcsaládok stb.), de sokszor ugyanarra a feladatra több helyen, több típusú gépet fejlesztettek ki. (A hadseregnek gyártott speciális mobil eszközökből mintegy 300 különböző típus készült a 70-es évekig.) Digitális számítástechnikai erőforrások fejlesztése a repülőgép-iparban jelent meg a legerőteljesebben a 60-as években, és viszonylag rövid idő alatt a digitális gépek szinte teljesen felváltották a korábbi analóg számológépeket, mert ezek biztosították a nagyobb pontosságot, a problémák megoldását, továbbá nagyobb rugalmasságot a használat során és ezek a gépek rendelkeztek széles logikai lehetőséggel.

Ebben az időszakban kifejlesztettek egy sor beépített számítástechnikai eszközt (BTSVU–201, BTSVU–301, BTSVU–305–10, BTSVU–305–12, BTSVU–350, BTSVU–400), és egy sor beágyazott digitális számítógépet (Dawn–30, Zarya–32, Dawn–32M, Zarya–35, Dawn–37M, Zarya–38, Dawn–32MK), valamint "stand-alone digitális számítógépeket" (Zarya–40, Zarya–41). (A repülőgép-iparban folyó fejlesztések a későbbiekben is meghatározóak voltak.)

Az általánosságok ismertetése után nézzünk néhány konkrét számítógép családot részletesebben, és nézzünk meg néhány egyedi fejlesztést is.⁸ Az ARGON számítógép-család fejlesztése az 1960-s évek elején vette kezdetét a Научно-исследовательский институт электронных машин (НИЭМ) kutatóintézetben. (A vezető tervezők S. P. Soloviev, S. N. Tsaplin és A. A. Pereshivkin voltak.)

Az Argon család létrehozása három szakaszban történt és már az első szakaszban (1964 és a 70-es évek közepe között) 11 számítógép- terveztek és gyártottak a légi és a földi automatizált irányítási rendszerekhez. A tervezésnél figyelembe vett alapkövetelmények voltak a mobilitás, a méret- és súlykorlátok, a kis energiafogyasztás, a megbízható működés és a környezeti hatások (mechanikai, időjárás, sugárzás stb.) elleni védelem egyaránt.

Az első szakaszban az egységes design és az egységes technológia mellett döntés született arról is, hogy a létrehozott mobil számítógépek mindegyikét integrált áramkörök (IC) felhasználásával építsék meg. (A maximális IC sűrűség eléréséhez többretegű nyomtatott áramköri lapokat használtak.) A felhasznált alkatrészek alapján az első szakaszban készült számítógépeket két csoportra osztották. Az első csoportba az Argon–1, Argon–10, ARGON–11, ARGON–12 és azok módosításai (ARGON–10M, ARGON–11A és –11C, ARGON–12A és –12C) tartoztak. Ezeknél a gépeknél soros hibrid IC-eket alkalmaztak. A második csoportban, amelybe az

⁸ A válogatás itt is szubjektív, de figyelembe vettem a rendelkezésre álló szovjet irodalmakban megjelent fontossági besorolásokat.

ARGON-14, ARGON-15, ARGON-16 és ARGON-17 számítógépek tartoztak solid-state (szabványos szilárdtest) IC-eket használtak.

Ezek után nézzünk néhány konkrét adatot a számítógép-család egyedeiről. Az ARGON-1 számítógép gyártása 1969-től 1980-ig folyt és 2000 darabot hoztak létre. Katonai alkalmazását lehetővé tette az is, hogy -40°C és $+50^{\circ}\text{C}$ között, magas páratartalomban, 200 Hgmm légköri nyomáson is megfelelően működött. Az alapvető feladatát általánosságban automatizált irányítási és vezérlési rendszerekben határozták meg. Továbbfejlesztett változata az ARGON-11C nem került kereskedelmi forgalomba, mert az 1969-től gyártott 21 darab mindegyikét az űrkutatásban használták fel.

Szélesebb körben, de szintén speciális helyeken kerültek használatba az ARGON-10M számítógépek is. Ezek gyártása 1975-ben kezdődött, 1982-ig tartott, és ez volt az első automatizált légiforgalmi irányítási rendszer a Szovjetunióban. A legyártott mintegy 20 darab számítógépet a Szovjetunió több városának repülőterén telepítették. (Egy ARGON-10M számítógép ára 50 000 rubel volt!)

Az ARGON-12A számítógépet (gyártás 1969 és 1973 között, 15 darab) szintén az űrkutatásban kívánták hasznosítani és sikerét jelzi, hogy a tömeg szerinti dimenziós jellemzői valamint az energiafogyasztása alapján (fogyasztás 160 watt, készenléti állapotban 25 watt) az akkori időkben a világ egyik legjobb fedélzeti számítógépének tekintették.

Az ARGON-15 (gyártás 1974 és 1982 között, több mint 500 darab) mozgó légi és földi védelmi rendszerekben, az ARGON-16 az űrkutatásban, az ARGON-7 pedig rakéta-komplexumokban került rendszeresítésre.⁹

A következő számítógépcsalád az „M”, amelynek néhány tagját szintén katonai feladatok végrehajtásához konfigurálták. Az M-4 elektronikus számítógép létrehozásának célja az volt, hogy a valós időben kezelje a komplex radarok adatait. A számítógép fejlesztése a Radio Engineering Institute-ban történt 1958–59-ben M. A. Kartcev (Михаил Александрович Карцев) vezetésével. Az M-4 számítógép 1966-ig működött a különböző radarállomásokon.

Az M-40 speciális elektronikus számítógépet 1956 végén fejlesztették ki S. A. Lebegyev akadémikus vezetésével. A fejlesztés fő iránya a műveletvégzés felgyorsítása volt (40 000 művelet/mp). A felhasználás területei szintén a radarkomplexumok voltak és segítségével megvalósították a nagy hatótávolságú precíziós irányítású követést és az ellenséges ballisztikus rakéták felderítését és követését. (Továbbfejlesztett változata az 1959-ben létrehozott M-50 volt.)

Végezetül röviden néhány egyedi fejlesztésű számítógépről. A „Harp” (hárf) speciális vezérlő számítógépet 1979-ben kezdték gyártani a haditengerészet különböző hajóinak valós idejű vezérlőrendszereként. J. S. Musatov, majd később V. Maliszewski főtervezők vezetésével összesen 168 darabot gyártottak. Stabilitására jellemző, hogy az átlagos meghibásodási ideje 3000 óra volt.

Az „Ataka” (támadás, VMM-012) speciális számítógép gyártása 1976 és 1990 között folyt és 255 darabot készítettek belőle. A főtervezője szintén V. Maliszewski volt és bár az átlagos meghibásodási idejét 700 órában határozták meg, az élettartamát mégis 10 évre becsülték.

⁹ Lásd: Константин Колпаков: История развития авиационных бортовых цифровых вычислительных машин в России (http://www.computer-museum.ru/histussr/spec_rev.htm)

Az „Акация” digitális tűzvezető rendszer fő tervezője J. F. Popov volt és 1983-tól 26 darabot gyártottak. A felhasználását a tengeralattjárók stratégiai rakétáinak irányítására tervezték.¹⁰

A „Бета-2” (Béta-2) fedélzeti számítógép-komplexum, amely 1972 és 1975 került gyártásra (12 darab) és nevének megfelelően mobil parancsnoki és ellenőrző rendszerként funkcionált. Komplexitásából adódóan magában foglalta nem csak a számítógépeket, hanem a parancsnoki döntéshozatalhoz szükséges egyéb kommunikációs berendezéseket, rádiókat és egyéb mobil hálózati eszközöket is. Továbbfejlesztett változata volt a „Бета-3М” (Béta-3M) automatizált irányítási és vezetési rendszer, amelyből 1980 és 1990 között 50 darabot állítottak elő.

A „Гранит” (Gránit) speciális számítógépes rendszert a tűzérési tűz hatékonyságának javítására készítették a honvédelmi minisztérium felkérésére.¹¹

Mindezek mellett számos fejlesztés történt a hadsereg számára. Ezek közül csak felsorolás szinten említhetjük még a radar mérőállomások hatékonyságát elősegítő М4 (ЭВМ М-4) (1959, 2 darab, a Диана-1” (Diana-1), „Диана-2” (Diana-2) elektronikus számítógépeket. A tengeralattjárók információs rendszereként működött a „ТУЧА” (felhő) számítógép, vagy a Ряд возимых (РВ) ЭВМ (РВ számítógépek), amelyet logisztikai (hadtáp) feladatok elvégzésére, konkrétan lőszerkapacitás kiszámítására konfiguráltak.¹²

Összefoglalás, következtetések

Ennek a cikknek az elsődleges célja az volt, hogy bemutassam azokat az első eredményeket, amelyeket a Szovjetunióban értek el a csapatvezetés automatizálásának területén. A cikkben a két vonalon végrehajtott bemutatás és az elemzés során kitértem a kezdeti eredményekre, megemlítettem nagy fejlesztői bázisokat és nagy tudósok neveit is, akikhez köthetők az első eredmények. A számítógép-családok ismertetésével, amelyeknek első tagjai ekkor készültek, kiemelten kezeltem azokat a speciális számítógépeket, amelyek a későbbiekben meghatározó szerepet töltöttek be a katonai feladatok az automatizálásában. A következő részben áthelyeztem a hangsúlyt a hadseregére és bemutattam néhány, a katonai alkalmazások kifejlesztése során elért eredményt.

Következtetésként ki kell mondanunk azt is, hogy az automatizálás területén elért szovjet eredmények semmivel sem maradtak el a fejlett Nyugat eredményei mögött. Összefoglalva azt is kimondhatjuk, hogy a kezdeti szovjet automatizálási törekvések megalapozták a jövő kutatási irányait, ráadásul úgy, hogy már érvényesültek egyes mai elvek. Ezek közül kiemelhető a legfőbb elv, amely William James Perry nevéhez köthető, aki az Egyesült Államok védelmi minisztereként

¹⁰ Lásd: Я. А. Хетагуров: Из истории развития специализированных бортовых вычислительных машин (http://www.computer-museum.ru/histussr/spec_rev.htm)

¹¹ Lásd: Владимир Липаев: Из истории развития вычислительной техники для военных систем управления в реальном времени (http://www.computer-museum.ru/histussr/spec_rev.htm)

¹² Lásd: Владимир Липаев История: развития комплексов программ реального времени для территориально-распределенных информационных систем (http://www.computer-museum.ru/histussr/spec_rev.htm)

(1994–1997) általános elvként elfogadtatta a Commercial off-the-shelf (COTS)¹³ beszerzési elvet, amelyet jelenleg is alkalmaznak a haditechnikai fejlesztések során.

FELHASZNÁLT IRODALOM

Отчет по работе »Автоматическая цифровая вычислительная машина [М1]«. М., АН СССР. Энергетический институт им. Г. М. Кржижановского. Лаборатория электросистем, 1951. (Munkajelentés az automatikus digitális számítógépről [M1], Moszkva, Szovjetunió. Energy Institute, 1951.)

Dr. Munk Sándor: Katonai informatika a XXI. század elején. Zrínyi Kiadó, Budapest, 2007. ISBN: 978 936 327 419 4)

Я. А. Хетагуров: Из истории развития специализированных бортовых вычислительных машин (http://www.computer-museum.ru/histussr/spec_rev.htm)

Владимир Липаев: Из истории развития вычислительной техники для военных систем управления в реальном времени (http://www.computer-museum.ru/histussr/spec_rev.htm)

Константин Колпаков: История развития авиационных бортовых цифровых вычислительных машин в России (http://www.computer-museum.ru/histussr/spec_rev.htm)

Владимир Липаев История: развития комплексов программ реального времени для территориально-распределенных информационных систем (http://www.computer-museum.ru/histussr/spec_rev.htm)

¹³ Polcról levehető eszközök