

ПЕРШІ БОРТОВІ ЕОМ РАКЕТНО-КОСМІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

http://www.icfcst.kiev.ua/MUSEUM/TXT/Malinovsky_Essay_mis_ukr.pdf

http://www.icfcst.kiev.ua/MUSEUM/chBooks_u.html

http://ukrainiancomputing.org/chBooks_u.html

© Б.М.Малиновський, 2001

© Б.М.Малиновський, 2004

© Видавництво "Інтерлінк".

Глава з книги Б.М.Малиновського "Відоме і невідоме в історії інформаційних технологій в Україні", "Інтерлінк", 2004

Обчислювальна техніка для ракет і космічних систем

У середині 60-х років* у Інститут кібернетики (ІК) АН України приїхала група співробітників лабораторії вимірювань цеху випробувань ракетних двигунів Дніпропетровського південного машинобудівного заводу (ПМЗ) Міністерства загального машинобудування СРСР. Вони звернулися з проханням допомогти автоматизувати процес знімання та обробки даних при випробуваннях ракетних двигунів. З'ясувалося, що випробування здійснюються на спеціальному стенді. Ракетний двигун міцно закріплюється на потужному фундаменті. Після пуску численні датчики, встановлені на двигуні, подають сигнали на десятки стрілкових вимірювальних приладів, що займають цілу стіну в лабораторії. Щоб зафіксувати дані, цю стіну фотографують через певні інтервали часу. Потім співробітники лабораторії за фотознімками з'ясовують показання приладів і визначають розміри сигналів, що надходять з датчиків під час випробувань. Дальша обробка результатів вимірювань — це ще кілька тижнів роботи.

За рік до цих подій відділ, яким я керував в Інституті кібернетики, розробив і здав в експлуатацію автоматизовану систему випробувань головки ракети на термостійкість в одній з організацій космічного центру в підмосковних Підлипках. Для цього ми використовували розроблену в нашому інституті ЕОМ "Днепр", яка випускалася у Києві, на Заводі обчислювальних і керуючих машин, і мала пристрій зв'язку з об'єктом. Цей пристрій давав змогу автоматично опитувати і вводити в машину показання датчиків і одразу ж здійснювати обробку результатів вимірювань для визначення термостійкості головки ракети.

Перед початком роботи нас ознайомили з випробувальним стендом. Це був невисокий і не дуже великий у діаметрі залізобетонний бункер, в якому містилася головка ракети. Потужні вентилятори створювали в ньому щільний потік повітря, що імітує входження головки у земну атмосферу. Бункер мав оглядове вікно, через яке можна було спостерігати розпечену до червоного жару головку ракети. Видовище, а особливо гул повітряного потоку справляли сильне враження. Завдання автоматизації вимірювань може бути досить простим, якщо датчики використовуються однотипні і їх небагато, а алгоритм обробки готують самі випробувачі.

У новому завданні все виявилось значно складнішим. Тут було дуже багато датчиків з різними сигналами на виході - пневматичними, електричними, частотними тощо. Алгоритм обробки складався з двох частин: експрес-аналіз та остаточна обробка. Та й сам випробувальний стенд був справді вражаючим. Він містився у величезному залізобетонному будинку без вікон, що нагадував за формою гігантську перевернуту склянку. Коли на стенді, розміщеному всередині, запускався двигун, його потужний гул долинав навіть крізь товсті стіни.

Два роки наш відділ ІК (В.М. Єгипко, В.Б. Реутов, Н.С. Сташкова та ін.) і

* Події відбуваються в ХХ столітті

співробітники вимірювальної лабораторії заводу розробляли та налагоджували систему автоматизації вимірювань і обробки даних випробовуваних ракетних двигунів, і вона, зрештою, запрацювала.

Для заводу це мало велике значення - істотно прискорювався і спрощувався процес перевірки двигунів. Керівництво заводу вирішило захопити активних учасників роботи. Так автор цих рядків став лауреатом Державної премії України.

На початку 70-х років наш відділ разом з СКБ інституту розгорнув роботу, спрямовану на розробку системи, яка мала імітувати космос, з метою створення стенда для перевірки космічного корабля "Буран" та інших космічних об'єктів. Цього разу система виявилася ще складнішою — крім вимірювань, треба було здійснювати керування штучним "сонцем", положенням випробовуваного об'єкта на стенді та іншими пристроями, що імітували умови космосу. Як завжди, робота почалася з ознайомлення з "об'єктом автоматизації". Стенд розміщався у залізобетонному корпусі висотою приблизно з десятиповерховий будинок на території підприємства, розташованого в підмосковному лісі. Всередині корпусу перекриттів не було, були лише подоби балконів, на які ставилося устаткування, необхідне для імітації космосу і проведення випробувань. Створення системи, що складалася цього разу з багатьох ЕОМ, потребувало кількох років напруженої праці СКБ Інституту кібернетики, якому була передана ця робота (вона закінчувалася під керівництвом кандидата технічних наук О.О. Тимашова).

Перше, що вражає при знайомстві з підприємством, яке випускає ракетну техніку, |- це його виробнича потужність. Південний машинобудівний завод спочатку створювався як автомобільний - для випуску вантажних машин. Будівництво почалося незабаром після звільнення Дніпропетровська від німецько-фашистських загарбників. Війна ще не скінчилася, автомобільний гігант народжувався у неймовірно важких умовах. Та через п'ять років він уже випустив дослідну партію потужних вантажівок марки ДАЗ, які показали чудові експлуатаційні якості.

Невдовзі почалася "холодна війна", і це різко змінило долю заводу - його перепрофілювали на випуск ракет. Усього через рік (!) виготовлені заводом перші серійні ракети були відправлені для випробування на полігон Капустин Яр. Це стало результатом величезної напруженої праці колективу заводу та його керівників. Так працювали у перші десятиліття після Великої Вітчизняної війни, і саме тоді формувалися стиль і традиції роботи величезного колективу, який став творцем чотирьох поколінь ракетних комплексів.

Ракетний комплекс 15А18М (у закордонній класифікації - СС-18 "Сатана"), який був основою потужності Ракетних військ стратегічного призначення, за своїми характеристиками не мав аналогів у практиці світового бойового ракетобудування. Саме він поставив останню крапку в історії "холодної війни", підштовхнув супротивників до підписання Договору про обмеження стратегічних озброєнь.

Головним конструктором систем керування ракетних комплексів у 1960-1986 рр. був Володимир Григорович Сергєєв. Головний інженер виробничого об'єднання "Київський радіозавод" Борис Омелянович Василенко, який усі ці роки співробітничав з ним, писав:

"Це незвичайна, дивовижна людина. Усього себе він віддав створенню систем керування ракет і космічних комплексів. Між собою ми ніжно називали його "В.Г." або "дід". Якщо давати характеристику одним словом, то це — цільна, вольова натура. Не для всіх він був зручною людиною. З принципових питань на компроміси він не йшов.

"Я покликаний робити зброю, а вона повинна бути надійною", — так визначав він мету своєї роботи, оцінюючи її за кінцевим результатом — надійністю експлуатації ракетних комплексів у військах. Тому він завжди розглядав принципові питання, пов'язуючи їх з тими підприємствами, що працювали за його документацією. Він з готовністю розглядав будь-які питання, що ставилися виконавцями на етапі освоєння нового виробу. Володимир Григорович брав особисту участь у розробці спеціальних заходів щодо постановки того чи іншого виробу на

серійне виробництво. Діапазон таких питань був дуже широким і стосувався будь-яких проблем, пов'язаних з виробництвом та експлуатацією апаратури і систем: елементна база, схемні рішення і конструкція, освоєння нових технологій, програмне забезпечення, підготовка кадрів, експлуатація тощо. Спочатку такі заходи іноді включали по кілька сотень питань, але у процесі освоєння виробу кількість їх швидко скорочувалася. Таке наше партнерство сприяло забезпеченню високої якості виготовленої апаратури, налагодженню ділових відносин між колективами організації-розробника та підприємства-виготовлювача.

В.Г. Сергєєв любив приїздити на наше підприємство. Він був депутатом Верховної Ради УРСР, академіком Академії наук України, тому часто бував у Києві. Працюючи в галузі електронних систем керування, Володимир Григорович, проте, був закоханий у механіку і часто відвідував наше механічне виробництво. У будь-яку погоду він йшов у цех у піджаку з двома зірками Героя. Робітники знали його, і він із задоволенням вів з ними розмови про виконання його замовлень. Якщо були питання стосовно документації, то він завжди казав: "Напишіть і покладіть у кишеню". І ми завжди отримували швидко відповідь на наше запитання.

Для нас усіх, хто працював з В.Г. Сергєєвим і знав його близько, він залишається Головним конструктором з великої літери, і ми бажаємо йому щасливого довіголіття".

В.Г. Сергєєв — двічі Герой Соціалістичної Праці, нагороджений п'ятьма орденами Леніна, орденами Жовтневої Революції, Трудового Червоного Прапора, Червоної зірки, Вітчизняної війни I ступеня, трьома орденами Вітчизняної війни II ступеня. Він лауреат Ленінської премії, Державної премії СРСР, Державної премії УРСР, академічної премії ім. М.К. Янгеля.

Разом з ПМЗ над створенням ракет працювало багато інших організацій Міністерства загального машинобудування СРСР: Харківське науково-виробниче об'єднання "Хартрон", виробниче об'єднання "Київський радіозавод" і харківські підприємства "Моноліт", "Комунар", "Електроапаратура". У "Хартроні" розроблялися системи керування ракетними комплексами, включаючи бортові ЕОМ, на заводах здійснювався їхній серійний випуск. Ці організації, починаючи з кінця 60-х років, власне кажучи, були єдиним виробничим комплексом. Вони чітко, з максимальною відповідальністю взаємодіяли між собою, що також визначило високі темпи робіт.

У перших ракетних комплексах використовувалися засоби аналогової обчислювальної техніки, потім — найпростіші цифрові лічильно-розв'язувальні пристрої. Однак створення досконалих ракетних засобів потребувало потужних бортових ЕОМ.

Однією з трьох організацій у колишньому СРСР (і єдиною в Україні), які створювали системи керування для ракет і космічних апаратів, включаючи бортові ЕОМ, було і залишається Харківське науково-виробниче об'єднання "Хартрон" (раніше "Електроприлад"), засноване в 1959 р.

Понад 40 років воно є провідним розробником систем керування, бортових і наземних обчислювальних комплексів, складного електронного устаткування для різних типів ракет і космічних апаратів. За ці роки створені системи керування міжконтинентальних балістичних ракет СС-7, СС-8, СС-9, СС-15, СС-18, СС-19, найпотужнішої у світі ракети-носія "Енергія", ракети-носія "Циклон", орбітальних модулів "Квант", "Квант-2", "Кристал", "Природа", "Спектр", 152 супутників серії "Космос" та інших об'єктів. Перші системи керування будувалися з аналоговими та електромеханічними приладами систем стабілізації, а з 1964 р. — з електронними лічильно-розв'язувальними приладами.

Про підсумки цієї роботи розповідає головний конструктор бортових обчислювальних комплексів "Хартрона", лауреат Ленінської премії та Державної премії УРСР доктор технічних наук Анатолій Іванович Кривоносов:

"До середини 60-х років стало ясно, що принцип побудови систем керування на основі аналогових і дискретних лічильно-розв'язувальних пристроїв не має

перспективи. Подальше вдосконалення керування міжконтинентальними балістичними ракетами потребувало різкого збільшення обсягів інформації, оброблюваної на борту ракети в реальному масштабі часу. Необхідно було також принципово змінити ідеологію регламентних перевірок систем ракети, що базувалася на використанні складної, дорогої і незручної в експлуатації пересувної випробувальної апаратури, яка розміщувалася у кузовах кількох автомобілів.

Револьюційним кроком на цьому етапі стало використання у системах керування ракетами бортових електронних обчислювальних машин, що забезпечували функціонування ракетного комплексу при наземних перевірках і в умовах польоту ракети. При цьому різко спрощувалася наземна апаратура, її можна було розмістити в "оголовках" ракетних шахт, відмовившись від автопоїздів. Можливість розв'язання складніших алгоритмів давала змогу істотно підвищити точність стрільби. У теоретичному комплексі, очолюваному доктором технічних наук, лауреатом Ленінської премії Я.Є. Айзенбергом, був створений підрозділ (Б.М. Конорєв) з визначення вимог до архітектури та обчислювальних характеристик бортових ЕОМ і розробки програмного забезпечення. Треба було створити не тільки нову методологію розробки всіх алгоритмів, програм польоту і наземних випробувань, а й нову технологію проектування технічних засобів, включаючи моделюючі стенди, систему автоматизованого виробництва програм та ін.

Спочатку у створенні систем керування з бортовими ЕОМ у "Хартроні" визначились два напрями:

- застосування бортової ЕОМ, розробленої головним підприємством з обчислювальної техніки Міністерства радіопромисловості СРСР - Науково-дослідним центром обчислювальної техніки;
- використання бортової ЕОМ власної розробки.

На одній з нарад вищого керівництва "Хартрона" у квітні 1967 р. генеральний директор і головний конструктор Володимир Григорович Сергєєв запропонував обговорити і вирішити питання про концентрацію сил на одному з цих напрямів. Усі керівники провідних підрозділів: Я.Є. Айзенберг, А.І. Кривонос, Б.М. Конорєв, А.С. Гончар та інші висловилися за використання бортової ЕОМ власної розробки, оскільки у "чужу" машину було практично неможливо вносити необхідні зміни у програмне забезпечення, оскільки це різко сповільнило б розробку нових систем керування. Одноголосно ухвалене рішення почали швидко виконувати. Уже в 1968 р. був випробуваний перший експериментальний зразок бортової ЕОМ на гібридних модулях. Через шість місяців з'явилася її триканальна модифікація на монолітних інтегральних схемах. У 1971 р. вперше в СРСР здійснено запуск нової ракети 15А14 із системою керування, яка включає бортову ЕОМ.

Вдало обраний і успішно реалізований комплекс обчислювальних характеристик (розрядність — 16, обсяг ОЗП – 512-1024 слів, обсяг ПЗП — 16 К слів, швидкодія — 100 тис.оп./сек.), надійна елементна база забезпечили і цій бортовій ЕОМ унікальний термін життя — майже 25 років, а її децю модернізований варіант експлуатується на бойовому чергуванні і сьогодні.

З метою забезпечення малих габаритно-масових характеристик ЕОМ уперше в галузі були створені гібридні мікроборки схем керування оперативним запам'ятовуючим пристроєм, плоскі мікромодулі узгоджувачів пристроїв з гальванічною розв'язкою, багатошарові друкарські плати тощо.

У 1979 р. було прийнято на озброєння ракети 15А18 і 15А35 з уніфікованим бортовим обчислювальним комплексом. Для систем керування цих "супервиробів" уперше в СРСР розробили нову технологію відпрацьовування програмно-математичного забезпечення з так званим "електронним пуском". На спеціальному комплексі, що включав ЕОМ "Б9СМ-6" і виготовлені блоки системи керування

ракетою, моделювався політ ракети і реакція системи керування на вплив основних збурюючих чинників. Ця технологія забезпечила також ефективний і повний контроль політних завдань. Колектив розробників "електронного пуску" (Я.Є. Айзенберг, Б.М. Конорєв, С.С. Корума, І.В. Вельбицький та інші) був удостоєний Державної премії УРСР.

У наступні роки були створені ще чотири покоління бортових ЕОМ, які мали одні з найкращих в СРСР обчислювальні та експлуатаційні характеристики і ефективну технологію розробки програмного забезпечення, що не поступалася закордонним аналогам.

У 1984-1988 рр. була створена і відпрацьована система керування для унікальної суперпотужної ракети СС-18, відомої за зарубіжною класифікацією як "Сатана". У цій розробці були успішно впроваджені всі найкращі технічні рішення, напрацьовані на попередніх замовленнях, а також цілий ряд принципово нових ідей:

- забезпечення працездатності після впливу ядерного вибуху в польоті;
- високоточне індивідуальне розведення бойових блоків;
- "прямий" метод наведення, який не потребує заздалегідь підготовленого політного завдання;

- дистанційне націлювання та ін.

Виконання цих завдань забезпечувалося новим потужним бортовим обчислювальним комплексом з використанням напівпровідникових "перепалюваних" постійних та електронних оперативних запам'ятовуючих пристроїв.

Основна елементна база розроблялася і виготовлялася у Мінському виробничому об'єднанні "Інтеграл". Вона забезпечувала необхідний рівень радіаційної стійкості. Крім стандартних блоків, до складу бортового комплексу входив уперше реалізований в СРСР блок спеціалізованого запам'ятовуючого пристрою на феритових сердечниках з внутрішнім діаметром 0,4 мм, через який прошивалися три проводи, тонші за людську волосину. Для одного з видів бойових блоків був розроблений і вперше у Союзі пройшов льотні випробування запам'ятовуючий пристрій на циліндричних магнітних доменах.

Одним з найскладніших завдань було створення бортового багатомашинного обчислювального комплексу для ракети-носія "Енергія", що вирішував найскладніші завдання стабілізації, виведення (з урахуванням позаштатних ситуацій керування численними установками), аварійного захисту двигунів, м'якої посадки розгінних східців ("боковушок"). Високі вимоги до надійності і безвідмовності зростали у зв'язку з використанням у ракеті-носії кисневих і водневих компонентів, що потребувало реалізації у системі керування комплексу заходів для забезпечення пожежо- і вибухобезпеки. У 1984-1988 рр. у "Хартроні" одночасно виконувалися два наймасштабніші та найвідповідальніші замовлення: розробка систем керування для СС-18 і ракети-носія "Енергія". Це потребувало від керівництва і всіх фахівців максимального напруження сил. Працювали цілодобово, без вихідних, часто люди ночували на робочих місцях. Найціннішою нагородою за працю були два успішні запуски ракети-носія "Енергія" (22 лютого 1986 р. і 15 листопада 1988 р.), успішне проведення натурних випробувань та здача на озброєння ракети СС-18.

Наприкінці 80-х років для нового покоління систем керування космічних апаратів створено два нові бортові обчислювальні комплекси, які, на відміну від попередніх, споживали значно менше енергії. Успішні запуски об'єктів, які використовують ці комплекси, показали спроможність "Хартрона" і в наш час забезпечувати космічну техніку надійними бортовими ЕОМ".

За створення унікального радіаційностійкого бортового обчислювального комплексу його головному конструктору А.І. Кривоносову була присуджена Ленінська премія.

Трохи історії

У 1971 р. в СРСР вперше була випробувана ракета, створена на ПМЗ з використанням бортової ЕОМ, розробленої у "Хартроні". Успішний запуск поклав край недовірі до цифрової обчислювальної техніки. Стало ясно, що потрібен серійний випуск бортових ЕОМ. Для цієї справи було залучено Київський радіозавод.

Освоєння ракетної техніки з'явилося у тематиці цього підприємства ще в 1958 р. Відтоді протягом кількох десятиліть виробниче об'єднання "Київський радіозавод" розвивалося як найбільший виробничо-технічний комплекс зі створення і виготовлення складних систем керування для ракетно-космічної техніки з використанням високих технологій, обчислювальної техніки, мікроелектроніки, точної механіки.

Освоєння обчислювальної техніки відбувалося тут у безпосередньому взаємозв'язку з випуском традиційних для підприємства виробів та комплексів, і тому не можна розірвати ці дві теми. Великий внесок в освоєння і розвиток систем керування бойових ракетних комплексів, космічних станцій і апаратів зробили керівники підприємства в різні роки: директори Віктор Федорович Славгородський, Борис Павлович Ястребов, Дмитро Гаврилович Топчій; головні інженери Микола Андрійович Лукавенко, Едгар Пилипович Костоломов, Борис Омелянович Василенко; головні конструктори Ігор Васильович Бортовий, Анатолій Іванович Гудименко, Петро Іванович Подоппелов. Особливо великий і плідний період (понад 20 років) припав на 70—80-і роки, коли на чолі підприємства стояли Д.Г. Топчій, Б.О. Василенко і А.І. Гудименко.

До складу виробничого об'єднання "Київський радіозавод" входило конструкторське бюро — досить потужний інженерний колектив, здатний вирішувати найскладніші наукові та виробничі завдання. Його допомога дала змогу багатьом організаціям-розробникам складних систем успішно і в стислі строки освоювати та налагоджувати виробництво нових зразків ракетно-космічної техніки. Серед цих партнерів-розробників - Конструкторське бюро "Південне" (м. Дніпропетровськ), Науково-виробниче об'єднання "Хартрон" (м. Харків), НДІ автоматики (м. Свердловськ), НДІ точних приладів, ЦКБ машинобудування, Науково-виробниче об'єднання "Елас" (Москва).

Відомо, що основним профілем ракетно-космічної галузі України за часів СРСР були бойові ракетні комплекси стратегічного призначення всіх класів: шахтового, залізничного і морського базування. На долю виробничого об'єднання "Київський радіозавод" випало освоєння і серійне виробництво систем керування ряду цих комплексів, починаючи від знаменитого "першого виробу" ракети Р-12 і закінчуючи найдосконалішою стратегічною ракетою Р-36М2 (за закордонною класифікацією - СС-18 "Сатана"). Як правило, системи керування розроблялися у Науково-виробничому об'єднанні "Хартрон" і поставлялися Виробничому об'єднанню "Південний машинобудівний завод". Творча співдружність цих об'єднань з конструкторським бюро "Південне" увінчалася створенням потужного виробничо-технічного комплексу, який успішно вирішував усі поставлені завдання. Тривалий час ці підприємства очолювали видатні керівники — Михайло Кузьмич Янгель, а потім — Володимир Федорович Уткін, Олександр Максимович Макаров і Володимир Григорович Сергєєв. Усі четверо — двічі Герої Соціалістичної Праці, лауреати Ленінської і Державних премій СРСР і України. На них лежала величезна відповідальність за доручену справу і, звичайно, за долі людей — майже стотисячного колективу та величезної армії суміжників з різних галузей промисловості.

Перша серійна бортова ЕОМ

Про події, пов'язані з організацією на виробничому об'єднанні "Київський радіозавод" серійного випуску бортових ЕОМ, розповідає колишній головний інженер, перший заступник генерального директора заводу, лауреат Державної премії СРСР Б.О. Василенко:

"Через 10-12 років після освоєння перших лічильно-роз-в'язу вальних приладів на зміну їм у ракетну техніку прийшли бортові ЕОМ на інтегральних схемах. Перша серійна бортова машина на інтегральних мікросхемах для ракетного комплексу 15А14 вийшла з ВО "Київський радіозавод" у 1973 р. То був час, коли країна освоювала нову елементну базу — інтегральні схеми. Цей процес у Міністерстві електронної промисловості СРСР розгортався дуже болісно, не вистачало потужностей на заводах у Воронежі та Запоріжжі, надійність схем спочатку була низькою, виникало безліч труднощів (наприклад проблема статичної електрики).

Освоєння машини, розробленої у "Хартроні", та організація її серійного виробництва (до ста комплексів на рік) потребували безпрецедентних зусиль від учасників роботи. На наш завод прийшло нове велике поповнення молодих фахівців. Це було випробуванням і для них, і для співробітників заводу, які всіляко прагнули оволодіти та організувати серійне виробництво першої цифрової системи керування ракетою на основі бортової ЕОМ, домогтися її надійності, спочатку на стендах, а потім і в натурі, при бойовому чергуванні ракетного комплексу протягом гарантійного терміну. Треба було підготувати і перепідготувати кадри робітників та інженерів, подолати песимізм, а іноді й зневіру багатьох фахівців і керівників. Назва першої машини залишилася у пам'яті назавжди — 15Л1579 (індекс замовника).

Саме в цей період на підприємстві проявили себе такі фахівці, як майбутній міністр оборони України Валерій Миколайович Шмаров, директор київського заводу "Артем" Олександр Степанович Качура, перший заступник міністра Мінмашипрому Микола Миколайович Портной, начальник цеху бортових обчислювальних машин на "Хартроні" Борис Григорович Баєв і багато інших. Неможливо перелічити всіх учасників тієї героїчної епопеї, багато з яких були нагороджені орденами й медалями. Музей "Київського радіозаводу" дбайливо береже імена цих людей.

Потім освоювали чимало інших машин цього класу для модернізованих ракетних комплексів не тільки на "Київському радіозаводі", а й у харківських "Моноліті", "Комунарі", "Електроапаратурі". В їх основі лежали ті ж конструктивно-технологічні рішення, що й в основі першої машини.

Заради справедливості треба зазначити, що освоєння і виробництво цієї ж бортової обчислювальної машини (15Л1579) і системи керування "Хартрона" для ракети 15А30, розробки московського ЦКБ машинобудування (генеральний конструктор — В.М. Челомей), велися і на харківському підприємстві ВО "Моноліт", де тривалий час головним інженером, а потім генеральним директором працював Олег Дмитрович Бакланов. Негласне змагання між двома підприємствами, виробнича кооперація і взаємна підтримка сприяли успішному освоєнню нової техніки.

Бортові обчислювальні машини для ракетної техніки та космічних систем освоювалися і вироблялися також на харківських підприємствах "Комунар" та "Електроапаратура" за документацією московського інституту, очолюваного Олексієм Миколайовичем Пилюгіним.

Систему керування для ракети-носія "Зеніт" виготовляє сьогодні виробниче об'єднання "Комунар". Відомо, що ця ракета стала основою міжнародного комерційного проекту "Морський старт", в якому, крім України, беруть участь США, Росія і Норвегія".

Борис Омелянович не розповів про свою роль у своєчасній організації серійного випуску бортових ЕОМ. У той час він очолював лабораторію конструкторського бюро заводу, на яку лягли всі клопоти, пов'язані з підготовкою до серійного випуску машини, а з 1973 р. був заступником керівника конструкторського бюро, відповідальним за цей напрям робіт. У своїй лаконічній розповіді він спинився тільки на конкретних розробках. Але ж за ними — ціла епопея самовідданої праці його самого та керованого ним колективу. Це два

роки роботи без вихідних днів, з "мозковими штурмами" для розв'язання невідкладних проблем, з багатоденною "ненормованою" працею на заводі, коли і спати доводилося у випробувальній камері. В результаті співробітники лабораторії зуміли підготувати машину до серійного виробництва, а складений ними опис принципів побудови і роботи бортової ЕОМ став настільним посібником для молодих фахівців, що приходили на завод.

Причому, як підкреслював Борис Омелянович, повна самовіддача в роботі була традицією колективу конструкторського бюро й заводу в цілому. Задоволення, яке вони переживали, коли досягали якогось значного результату, сповна компенсувало важку працю.

Це було відомо небагатьом

У 80-і роки Науково-виробниче об'єднання "Хартрон" виконало одну з наймасштабніших розробок — створило систему керування суперважкої ракети-носія "Енергія", а Виробниче об'єднання "Київський радіозавод" підготувало потужну виробничу базу і виготовило експериментальні та штатні комплекти цієї апаратури. Самовіддана праця фахівців двох підприємств, висока надійність системи керування забезпечили успішний запуск ракети-носія "Енергія" з космічним кораблем "Скіф" (15 травня 1987 р.) і з космічним кораблем "Буран" (15 липня 1988 р.).

До початку 80-х років виробничі можливості і науково-технічний потенціал об'єднання вже давали змогу вести паралельно освоєння кількох нових, унікальних комплексів: системи керування ракети СС-18, апаратури стикування "Курс" і бортового обчислювального комплексу "Салют 5Б" для станції "Мир", ряду блоків системи керування ракетного комплексу морського базування, навігаційної системи для залізничного ракетного комплексу.

Про те, як виконувалися ці роботи, розповідає Б.О. Василенко:

"Іноді можна почути, що раніше було легко і просто працювати. Це не так. Існувала можливість працювати, але на заводі часто ставали величезні труднощі, хоча про них мало знали і писали, через закритість інформації.

Це були роки напруженої праці, пошуків, перемог і невдач, реалізації сміливих технічних проєктів. Так, ракетний комплекс з ракетою 15А18М ("Сатана") створювався у дуже стислі строки. Генеральним директором ВО "Південний машинобудівний завод" у цей час (1986 р.) став Леонід Данилович Кучма. Йому безпосередньо довелося займатися створенням цього комплексу. То був період, коли вже почали з'являтися ознаки майбутньої кризи: знизилася дисципліна постачань, погіршилась якість комплектуючих. Незважаючи на це, всі зустрічі з Леонідом Даниловичем завжди проходили спокійно, а наші проблеми сприймалися з розумінням. Ми працювали над модернізацією системи керування з попередньої ракети, але вона вилілася у проектування ряду принципово нових приладів, у тому числі і бортової цифрової обчислювальної машини.

У хронології подій, які стосуються ракети 15А18М, є такі записи: березень 1986 р. — початок льотних випробувань, березень 1988 р. — завершення цих випробувань, серпень 1988 р. — прийняття комплексу на озброєння. Але не всі знають, що до початку 1987 р. виникла необхідність в істотній переробці системи керування у зв'язку з переходом на елементну базу вищої якості. А ракети вже почали літати.

Серія весняно-літніх нарад за участю міністрів, командування ракетних військ стратегічного призначення, керівників організації-розробників і промислових підприємств завершилася ухваленням рішення про форсування випуску нової системи керування з виготовленням і відпрацюванням їх одразу на двох підприємствах: дослідному заводі науково-виробничого об'єднання "Хартрон" і виробничому об'єднанні "Київський радіозавод".

Для координації було створено спеціальну оперативно-технічну групу. Незвичайним тут було підпорядкування на цей період керівників двох військових

представництв і розробників головному інженеру серійного підприємства.

Наприкінці вересня 1987 р. група розпочала роботу. Працювали без вихідних. У 18⁰⁰ щодня, включаючи суботу і неділю, обговорювався стан виробництва і відпрацьовування апаратури, заслуховувалися виконавці - розробники, начальники цехів, постачальники, військпреди та інші, приймалися рішення. Протоколи не велися, кожен записував собі доручення і звітував у встановлений термін. Такий ритм праці був і у розробників на дослідному заводі "Хартрон".

Це була колективна "мозкова атака". Досвід такої роботи себе цілком виправдав: формалізм звели до мінімуму, велику увагу приділяли якості робіт. Документація для серійного виробництва була готова вчасно. Леонід Данилович попросив прискорити постачання апаратури для перших систем керування. Уже наприкінці 1987 р. на "Південмаш" надійшли комплекти нової апаратури. Усі залікові випробування пройшли у встановлені терміни.

Наступним кроком в освоєнні нових технологій, створенні виробничих потужностей з урахуванням так званої вакуумної гігієни була організація серійного виробництва системи керування ракетного комплексу морського базування ЗМЗ7. В основі цієї системи лежала бортова ЕОМ (ЦОМ-7 або С-4010) у мікроелектронному виконанні (безкорпусна елементна база, мікроборки і багатошарові плати — товсті плівки, оперативна пам'ять на циліндричних магнітних доменах та інші складні компоненти). Ця машина входила до складу власне ракети, а також корабельної апаратури, що здійснювала регламентні перевірки систем ракет, розміщених на борту підводного човна підготовку до пуску і пуск ракет за заданою програмою (одиначний пуск, послідовний пуск кількох ракет).

1975-1976 рр. — період освоєння нових потужностей і нового обладнання, чергового набору молодих фахівців, підготовки і перепідготовки кадрів. Серед фахівців, які саме в ті роки пройшли відмінну професійну школу, були Валерій Георгійович Комаров (перший заступник генерального директора Національного космічного агентства України), Володимир Кузьмич Валяєв (тривалий час він працював заступником головного інженера і заступником генерального директора виробничого об'єднання "Київський радіозавод", тепер - віце-президент асоціації "Укравіапром"), Петро Іванович Подоплєлов (директор науково-виробничого комплексу "Курс"), Сергій Дмитрович Черюканов (головний інженер державного підприємства "Київський радіозавод").

Не менш напруженими були роботи над іншими комплексами, в тому числі і для станції "Мир". Особливістю створення цієї станції стало використання всіх новітніх досягнень вітчизняної науки і машинобудування, передусім приладобудування. Навіть після багаторічної експлуатації комплекс вражав своєю досконалістю і новизною. Недарма американські фахівці однією з умов створення нової міжнародної станції "Альфа" поставили вимогу використання вже перевірених в експлуатації на станції "Мир" елементів, систем та агрегатів. Апаратура зближення і стикування "Курс", бортовий обчислювальний комплекс "Салют-Б", оптико-електронна система точної орієнтації С-3 київського заводу "Арсенал", прилади і системи харківських заводів "Моноліт", "Комунар", "Електроапаратура" та інших українських підприємств і були такими елементами.

Не просто складалася доля бортової ЕОМ "Салюта-5". Станцію "Мир" у лютому 1986 р. було виведено на орбіту з бортовою машиною "Аргон-12С" виробництва московського підприємства. Вона вирішувала мінімальні завдання з керування станцією і була не готова для нарощування комплексу функціональними модулями. А машина "Салют-5" проходила наземне відпрацьовування у головного конструктора та на серійному заводі. Був момент, коли доля машини вирішувалася на колегії Міністерства загального

машинобудування. Група фахівців науково-виробничого об'єднання "Енергія" і міністерства стояла за продовження використання машини "Аргон", адже вона теж була новим словом у космічній техніці. Машина ж "Салют-5" перевершувала за технічними характеристиками всі відомі вітчизняні бортові обчислювальні засоби і могла забезпечити будь-які конфігурації станції і розв'язання задач у майбутньому.

На тій колегії виступав директор — головний конструктор інституту "Елас" (Міністерство електронної промисловості) Геннадій Якович Гуськов зі своїми фахівцями-розробниками бортової машини "Салют-5". Міністр С.О. Афанасьєв поставив запитання прямо: чи є впевненість, що машина працюватиме? Відповідь була ствердною. Підтримка з боку генерального конструктора науково-виробничого об'єднання "Енергія" Юрія Павловича Семенова та його "управлінців" на чолі з Володимиром Миколайовичем Бранцем забезпечила в кінцевому підсумку успіх.

Відтоді сплило чимало часу, машину "Аргон-12С" космонавти замінили на машину "Салют-5", доставлену на борт станції вантажним кораблем "Прогрес". Потім була створена п'ята версія програмного забезпечення машини "Салют-5", яка гарантувала стійку роботу складної конфігурації космічного комплексу, набраного зі станції "Мир" і стикованих з нею функціональних модулів, а також американського "човника". Бортова ЕОМ "Салют-5" знайшла застосування і в інших космічних апаратах. За час, що минув, так і не було створено потужнішої і надійнішої бортової обчислювальної машини, яка серійно випускалася б для космічних апаратів.

В останні роки робота виробничого об'єднання "Київський радіозавод" з космічної тематики базувалась на попередніх здобутках. Головне - на підприємстві збережено науково-технічний і виробничий потенціал. І, незважаючи на скорочення обсягів виробництва з цієї тематики, досягнутий рівень технології дав змогу започаткувати цілу серію нових робіт, необхідних народному господарству України. Ведеться освоєння і налагоджено випуск технічних засобів для паливно-енергетичного комплексу країни, апаратури зв'язку різного класу, в тому числі абонентських станцій космічного зв'язку (спільно і за документацією інституту "Елас"). Цей напрям отримує подальший розвиток зі створенням української інфраструктури космічного зв'язку. Розвивається супутникове телебачення (наземний сегмент)".

Дещо про "батьків"

З великого колективу людей, які створювали бортові ЕОМ і забезпечують їхній серійний випуск, варто виділити двох лідерів — Анатолія Івановича Кривоносова ("Хартрон", Харків) і Бориса Омеляновича Василенка ("Київський радіозавод"). Перший відповідав за розробку ЕОМ, другий — за роботи, пов'язані з переходом від дослідного зразка до серійного випуску машини. І те, й інше було дуже важкою справою, і треба віддати належне обом: своїм ставленням до роботи, глибокими знаннями, чіткою організацією праці вони стали прикладом для тих, хто працював разом з ними, і зуміли досягти видатних результатів. Б.О. Василенко розповідає про А.І. Кривоносова:

"Моє знайомство з Анатолієм Івановичем Кривоносовим відбулося у 60-і роки. На той час у нас у виробничому об'єднанні "Київський радіозавод" уже був досвід роботи з ферит-транзисторними комірками, і ми розпочали створювати власну апаратуру для ракетних систем. Одночасно освоювали бортову апаратуру для систем керування, розроблених у науково-виробничому об'єднанні "Хартрон". Проблеми, що виникали в ході освоєння цієї техніки, були добре зрозумілі нам, тому ми швидко знайшли взаєморозуміння з колективом розробників. Хоча спочатку не все було просто: ми як представники серійного підприємства з багатьох питань виступили опонентами розробників, і це викликало певне роздратування. Але, коли обидві сторони переконалися у вигідності такої взаємодії, прийшло взаєморозуміння, а якість апаратури від цього виграла.

А.І. Кривонос чудово розбирався в обчислювальній техніці і намагався використовувати все нове, що з'являлося у цій галузі. Чергову бортову ЕОМ тільки починали освоювати на нашому підприємстві, а він уже готував наступну. Як головний конструктор обчислювальних засобів він відповідав за вибір елементної бази, схемних і конструктивних рішень, джерела живлення, пам'яті, технології виготовлення і багатьох інших компонентів апаратури. При розробці та освоєнні бортової обчислювальної машини, коли вся інша апаратура, розташована на борту і на землі, має бути поєднана з нею як конструктивним, так і програмним способом, — це не просте завдання. На плечі молодого начальника комплексу, а згодом — заступника головного конструктора науково-виробничого об'єднання "Хартрон" лягла дуже велика відповідальність. Багато робіт, виконуваних з Міністерством електронної промисловості і пов'язаних із створенням, вдосконаленням і доведенням до необхідного рівня надійності елементної бази (інтегральних мікросхем, транзисторів, спеціальних мікрозборок тощо), були ініційовані і виконувалися Анатолієм Івановичем та його колективом.

Однією з характерних рис Анатолія Івановича була висока вимогливість до себе і до інших. Ті, хто з ним працював, повинні були відмінно знати особливості розроблюваної техніки і проблеми, що виникали при цьому. З тими, хто не знав технічної суті питання, він не витрачав часу на розмови. У цьому плані Анатолій Іванович був жорсткою людиною і однаково твердо вимагав чітких рішень як у себе в організації, так і на колегії міністерства, у суміжників, споживачів апаратури і замовника. Поява Анатолія Івановича на нашому підприємстві давала змогу швидко вирішувати багато питань, він з великою увагою ставився до наших пропозицій щодо вдосконалення апаратури, забезпечення її серійності, зниження трудомісткості, підвищення якості. Але він був безжалісним до порушень технологічної дисципліни на виробництві і тиснув на нас доти, поки те чи інше питання не "закривалося" капітально.

Виробничі справи, технічні проблеми не розвели мости між нами особисто, навпаки, ми здружилися, стали більше довіряти один одному, разом шукати вирішення складних питань. Такі стосунки ми підтримуємо й зараз".

Анатолій Іванович народився в 1936 р. у Харкові. Закінчив Харківський політехнічний інститут за фахом "електричні машини та апарати" і почав працювати в "Хартроні". Пройшов шлях від інженера до головного конструктора. А.І. Кривонос — доктор технічних наук, лауреат Ленінської премії, Державної премії УРСР, нагороджений орденом Трудового Червоного Прапора. Тепер він - генеральний директор і головний конструктор науково-виробничого підприємства "Хартрон-Дельта" ЛТД.

Творча та виробнича діяльність другого "батька" бортових ЕОМ - Бориса Омеляновича Василенка тісно пов'язана з виробничим об'єднанням "Київський радіозавод", якому він віддав майже сорок років життя.

Він народився у 1935 р. в м. Артем (Донбас). Закінчив Таганрозький радіотехнічний інститут. Працював інженером на "Київському радіозаводі". З 1976 по 1995 р. був головним інженером — першим заступником генерального директора (Д.Г. Топчія). З перших днів його робота пов'язана з цифровою обчислювальною технікою. Він був ініціатором створення перших на заводі ЕОМ на ферито-транзисторних елементах, потім розробляв лічильно-розв'язувальні пристрої для перших ракетних комплексів і "доводив" до серійного випуску бортові ЕОМ, спроектовані в "Хартроні" (і в інших організаціях). У своїх спогадах про цю роботу він розповідає лише про частину величезної праці, вкладеної ним у створення ракетних комплексів. Про нього як про людину дуже точно сказав Є.І. Брюхович, який працював у його лабораторії: "Він рідкісної душевної краси людина, розумний і талановитий інженер". Це сказано про молодого Василенка. А з роками прийшли досвід, нові знання, організаційні навички. Двадцять років спільної праці генерального

директора Д.Г. Топчія та його заступника і головного інженера заводу Б.О. Василенка були найпліднішими в історії розвитку підприємства, яке стало одним з головних у ракетній промисловості.

Борис Омелянович — людина виняткової скромності. Водночас він один з тих, чия праця сприяла процесу роззброєння. Якось в розмові він сказав: "За кілька днів до переговорів Горбачова з Рейганом у Рейк'явіку наша ракета ("Сатана"), випустивши десять боєголовок, що розділилися, пролетіла над Гавайськими островами, щоб американці знали, з ким мають справу!"

Найкраща оцінка діяльності головного інженера — це довіра і повага головних конструкторів ракетних комплексів і бортових ЕОМ, які передавали своє дітище серійному заводу. Усі вони: В.Г. Сергєєв, А.І. Кривоносов, Я.Є. Айзенберг, Г.І. Лящев, А.С. Гончар (Харків), В.Ф. Уткін, С.Н. Конюхов, С.І. Ус (Дніпропетровськ), А.І. Гудименко, І.В. Бортовий, П.І. Подоплєлов (Київ), Ю.П. Семенов, В.П. Легостаєв, Н.І. Зеленщиков, В.Н. Бранц, А.Н. Семихатов, Г.Я. Гуськов, С.А. Моргульов (Росія) та багато інших головних конструкторів, з якими плідно співробітничав Борис Омелянович Василенко при відпрацьовуванні ракетних і космічних систем, вдячні цій людині за її трудовий подвиг.

Б.О. Василенко - лауреат Державної премії СРСР, нагороджений орденами Жовтневої Революції і Трудового Червоного Прапора, заслужений машинобудівник України. Нині працює головним фахівцем Національного космічного агентства України.