**Первые бортовые ЭВМ ракетно-космических комплексов и их создатели**

**Предисловие**

Работы по созданию автоматизированных систем для ракет и ракетных комплексов в Институте кибернетики НАН Украины начались еще в середине 60-х годов. В институт обратились сотрудники лаборатории измерений, цеха испытаний ракетных двигателей Днепропетровского южного машиностроительного завода (ЮМЗ) Министерства общего машиностроения СССР с просьбой помочь автоматизировать процесс съема и обработки данных при испытании ракетных двигателей. Испытания производились на специальном стенде. Ракетный двигатель прочно закреплялся на мощном фундаменте. После пуска многочисленные датчики, установленные на двигателе, подавали сигналы на многие десятки стрелочных измерительных приборов, занимающих целую стену в лаборатории. Чтобы зафиксировать показания производилось фотографирование этой стены через определенные интервалы времени. Потом сотрудники лаборатории по фотоснимкам определяли показания приборов и определяли величины сигналов, поступающих с датчиков во время испытаний. Последующая обработка результатов измерений - еще несколько недель работы.

Отдел Б.Н.Малиновского Института кибернетики, которому была поручена эта работа, годом ранее разработал и сдал в эксплуатацию автоматизированную систему испытаний головки ракеты на термоустойчивость в одной из организаций космического центра в подмосковных Подлипках. Для этого была использована разработанная в отделе и выпускаемая в Киеве на Заводе вычислительных и управляющих машин ЭВМ "Днепр", имеющая устройство связи с объектом. Оно позволяло автоматически опрашивать и вводить в машину показания датчиков, а ЭВМ осуществляла обработку результатов измерений, показывающих термоустойчивость испытуемой головки ракеты.

Перед началом работы пришлось познакомиться с испытательным стендом. Это был невысокий и не очень большой по диаметру железобетонный бункер, в который помещалась головка ракеты. Мощные вентиляторы создавали в нем плотный поток воздуха, имитирующий вхождение головки в земную атмосферу. Бункер имел смотровое окно, через которое можно было наблюдать раскаленную до красноты головку ракеты. Зрелище, а особенно рев воздушного потока, оставляли сильное впечатление.

Задача автоматизации измерений для этого случая оказалась достаточно простой, поскольку датчики были однотипны, их было не много, а алгоритм обработки подготовили сами испытатели.

В новой задаче (на ЮМЗ) всё было значительно сложнее. Очень много датчиков с различными сигналами на выходе - пневматическими, электрическими, частотными и другими. Алгоритм обработки из двух частей: экспресс анализ и окончательная обработка. Да и сам испытательный стенд был значительно более впечатляющим. Он размещался в огромном железобетонном здании без окон, напоминающем по форме гигантский опрокинутый стакан. Когда на стенде, помещенном внутри запускался двигатель, его мощный гул был хорошо слышен несмотря на толщину стен.

Два года отдел Б.Н.Малиновского (В.М.Египко, В.Б.Реутов, Н.С.Сташкова и др.) и сотрудники измерительной лаборатории завода разрабатывали и отлаживали систему автоматизации измерений и обработки данных испытуемых ракетных двигателей и она в конце концов заработала. Для завода это имело большое значение - существенно ускорялся и упрощался процесс проверки двигателей.

В начале 70-х годов началась новая работа. Отдел вместе с СКБ Института кибернетики развернул исследования по созданию системы, имитирующей космос с целью создания стенда для проверки космического корабля "Буран" и других космических объектов. На этот раз система оказалась еще более сложной - помимо измерений надо было осуществлять управление искусственным "солнцем", положением испытуемого объекта на стенде и другими устройствами, имитирующими условия, существующие в космосе. Как всегда работа началась с ознакомления с "объектом автоматизации". Стенд размещался в железобетонном корпусе высотой примерно в 10 этажей на территории предприятия, расположенном в подмосковном лесу. Внутри корпуса перекрытий не было, имелись лишь подобия балконов, на которые ставилось оборудование, необходимое для имитации космоса и проведения испытаний. Создание системы, состоящей на этот раз из многих ЭВМ, потребовало нескольких лет напряженного труда СКБ Института кибернетики НАН Украины, которому была передана эта работа (она заканчивалась под руководством к.т.н. А.А.Тимашова).

Первое что поражало при знакомстве с предприятиями, выпускающими ракетную технику - это их производственная мощь. Точно такое же впечатление сложилось и при первом посещении ЮМЗ. Об истории создания и развития ЮМЗ рассказано в книге "Днепровский ракетно-космический центр" (авторы В.Паппо-Корыстин, В.Платонов, В.Пащенко. Изд. ПО "Южный машиностроительный завод". КБ "Южное" имени М.К.Янгеля, 1994).

Оказывается, завод вначале создавался как автомобильный - для выпуска грузовых машин. Строительство началось вскоре после освобождения Днепропетровска от немецко-фашистских захватчиков. Война еще не закончилась, автомобильный гигант рождался в невероятно трудных условиях. Через пять лет он уже выпустил опытную партию мощных грузовиков марки ДАЗ, показавших прекрасные эксплуатационные качества.

Начавшаяся "холодная война" круто изменила судьбу завода - его перепрофилировали на выпуск ракет. Всего через год (!) изготовленные заводом первые серийные ракеты были отправлены для испытания на полигон Капустин Яр. За этими немногими словами стоит беспрецедентно огромный и напряженный труд коллектива завода и его руководителей. Но именно так работали в первые десятилетия после Великой Отечественной войны и именно тогда создавались стиль и традиции работы огромного коллектива, позволявшие ему стать создателем четырех поколений ракетных комплексов, ставших основой могущества бывшего Советского Союза, обеспечивших стратегический паритет с США.

Ракетный комплекс З-36М2 (15А18М, в зарубежной классификации СС-18 "Сатана"), составляющий главную мощь Ракетных войск стратегического назначения бывшего Советского Союза, по своим характеристикам не имеющий аналогов в практике мирового боевого ракетостроения, поставил последнюю точку в истории "холодной войны", подтолкнул противостоящие стороны к подписанию договора об ограничении стратегических вооружений.

Вместе с ЮМЗ работали над созданием ракетных комплексов многие другие предприятия Украины: Харьковское Научно-производственное объединение "Хартрон", производственное объединение "Киевский радиозавод" и харьковские предприятия "Монолит", "Коммунар", "Электроаппаратура". В "Хартроне" разрабатывались системы управления ракетными комплексами, включая бортовые ЭВМ, на заводах осуществлялся их серийный выпуск. Эти организации, начиная с конца 60-х г., по существу были единым производственным комплексом. Они четко, с максимальной ответственностью взаимодействовали между собой, что также определило высокие темпы работ.

В первых ракетных комплексах использовались средства аналоговой вычислительной техники, затем простейшие цифровые счетно-решающие устройства. Однако создание более совершенных ракетных средств потребовало достаточно мощных бортовых ЭВМ.

**Вычислительная техника для ракет и космических систем**

Одной из трех организаций в бывшем СССР (и единственной в Украине) создававших системы управления для ракет и космических аппаратов, включая бортовые ЭВМ, было и остаётся Харьковское научно-производственное объединение "Хартрон" (раннее "Электроприбор"), созданное в 1959 году.

Около 40 лет оно является ведущим разработчиком систем управления, бортовых и наземных вычислительных комплексов, сложного электронного оборудования для различных типов ракет и космических аппаратов. За эти годы созданы системы управления межконтинентальных баллистических ракет СС-7, СС-8, СС-9, СС-15, СС-18, СС-19, самой мощной в мире ракеты носителя "Энергия", ракеты носителя "Циклон", орбитальных модулей "Квант", "Квант-2", "Кристалл", "Природа", "Спектр", 152 спутников серии "Космос" и др. объектов.

Первые системы управления строились с аналоговыми приборами систем стабилизации и электро-механическими, а с 1964 г. электронными счётно-решающими приборами.

На этапе создания и последующего выпуска электронных счетно-решающих приборов в Научно-производственном объединении "Хартрон" было организовано современное и мощное производство модулей, многослойных печатных плат, запоминающих устройств на ферритовых сердечниках, решены сложные научно-технические проблемы обеспечения помехозащищенности, высокой надежности, стабильности параметров бортовой вычислительной техники в течение 10-летнего (и более) срока эксплуатации. Выросла целая плеяда талантливых учёных и инженеров (В.П.Леонов, Г.С.Бестань, Д.Н.Мерзляков, Д.М.Смурный и др.). Первым руководителем созданного в 1962 г. комплекса по разработке бортовой аппаратуры был А.Н.Шестопал. С 1966 г. по 1992 г. это подразделение возглавлял А.И.Кривоносов.

Генеральным директором и Главным конструктором систем управления для ракетных комплексов в научно-производственном объединении "Хартрон" с 1960 по 1986 год был Владимир Григорьевич Сергеев.

Своими воспоминаниями о работах выполненных в НПО "Хартрон" делится главный конструктор бортовых вычислительных комплексов "Хартрона" лауреат Ленинской и Государственной премии Украины доктор технических наук Анатолий Иванович Кривоносов.

"К середине 60-х годов стало ясно, что принцип построения систем управления на основе аналоговых и дискретных счётно-решающих устройств не имеет перспективы. Дальнейшее совершенствование управления межконтинентальными баллистическими ракетами требовало резкого увеличения объёмов информации, обрабатываемой на борту ракеты в реальном масштабе времени. Требовалось также принципиально изменить идеологию регламентных проверок систем ракеты, которая базировалась на использовании сложной, дорогой и неудобной в эксплуатации передвижной испытательной аппаратуры, размещаемой в кузовах нескольких автомобилей.

Революционным шагом на этом этапе явилось использование в системах управления ракет бортовых электронных вычислительных машин, обеспечивающих функционирование ракетного комплекса при наземных проверках и в условиях полёта ракеты. При этом резко упрощалась наземная аппаратура, её можно было разместить в "оголовках" ракетных шахт, отказавшись от автопоездов. Возможность решения более сложных алгоритмов позволяла существенно повысить точность стрельбы.

В теоретическом комплексе, возглавляемом доктором технических наук, лауреатом Ленинской премии Я.Е.Айзенбергом, было создано подразделение (Б.М.Конорев) по определению требований к архитектуре и вычислительным характеристикам бортовых ЭВМ и разработке программного обеспечения. Потребовалось создать не только новую методологию разработки всех алгоритмов и программ полёта наземных испытаний, но и создавать новую технологию проектирования технических средств, включая моделирующие стенды, систему автоматизированного производства программ и т.д.

Вначале создание систем управления с бортовыми ЭВМ в "Хартроне" шло по двум направлениям:

- применение бортовой ЭВМ, разработанной головным предприятием по вычислительной технике Министерства радиопромышленности СССР - Научно исследовательским центром вычислительной техники,

- использование бортовой ЭВМ собственной разработки.

На одном из совещаний высшего руководства "Хартрона" в апреле 1967 года Генеральный директор и Главный конструктор Владимир Григорьевич Сергеев предложил обсудить и решить вопрос о концентрации сил на одном из этих направлений. Все руководители ведущих подразделений: Я.Е.Айзенберг, А.И.Кривоносов, Б.М.Конорев, А.С.Гончар и др. высказались за использование бортовой ЭВМ собственной разработки, поскольку в "нужную" машину было практически невозможно вносить необходимые изменения в программное обеспечение, что резко замедлило бы разработку новых систем управления. Единогласно принятое решение начало быстро исполняться. Уже в 1968 году был испытан первый экспериментальный образец бортовой ЭВМ на гибридных модулях. Через 6 месяцев появилась её трёхканальная модификация на монолитных интегральных схемах. В 1971 году, впервые в СССР, был произведен запуск новой ракеты 15А14 с системой управления, включающей бортовую ЭВМ.

Удачно выбранный и успешно реализованный комплекс вычислительных характеристик (разрядность 16, объём ОЗУ 512-1024 слов, объём ПЗУ 16 К слов, быстродействие 100 тыс. опер/сек.), надёжная элементная база обеспечил и этой бортовой ЭВМ уникальный срок жизни - около 25 лет, а её несколько модернизированный вариант находится в эксплуатации на боевом дежурстве и в настоящее время.

В целях обеспечения малых габаритно-массовых характеристик ЭВМ впервые в отрасли были созданы гибридные микросборки схем управления оперативным запоминающим устройством, плоские микромодули согласующих устройств с гальванической развязкой, многослойные печатные платы, изготовленные методом открытых контактных площадок и др.

В 1979 году были приняты на вооружение ракеты 15А18 и 15А35 с унифицированным бортовым вычислительным комплексом. Для систем управления этих "суперизделий", впервые в СССР была разработана новая технология отработки программно-математического обеспечения, включающая так называемый "электронный пуск", при котором на специальном комплексе, включающем ЭВМ БЭСМ-6 и изготовленные блоки системы управления ракетой моделировался полёт ракеты и реакция системы управления на воздействие основных возмущающих факторов. Эта технология обеспечила также эффективный и полный контроль полётных заданий. Коллектив разработчиков "электронного пуска" (Я.Е.Айзенберг, Б.М.Конорев, С.С.Корума, И.В.Вельбицкий и др.) был удостоен Государственной премии УССР.

В последующие годы были созданы ещё 4 поколения бортовых ЭВМ имеющих одни из лучших в бывшем Советском Союзе вычислительные и эксплуатационные характеристики и эффективную технологию разработки программного обеспечения, не уступающую зарубежным аналогам.

Одной из наших "изюминок" была оригинальная система динамической коррекции программ (Б.М.Конорев, В.П.Каменев, А.В.Бек, Ю.М.Златкин, А.И.Бондарев). Именно она обеспечила возможность (при наличии ПЗУ с жёсткой "прошивкой" программ с помощью "косичек", вставляемых в П-образные ферритовые сердечники) оперативного внесения необходимых изменений в программное обеспечение на всех этапах работ от предстартовых испытаний до работы на орбите.

Опыт эксплуатации первых бортовых ЭВМ показал настоятельную необходимость совершенствования структурных методов повышения надёжности. Учёными и инженерами предприятия (А.И.Кривоносов, В.И.Спиридонов, Ю.Г.Нестеренко, И.И.Корниенко, В.В.Шеин, А.В.Сычёв, Н.Ф.Меховской и др.) были разработаны теоретические основы синтеза высоконадёжных вычислительных структур с многоярусным мажоритированием и адаптацией. Они легли в основу последующих поколений бортовых ЭВМ.

В 1984-1988 гг. была создана и отработана система управления для уникальной супермощной ракеты СС18, известной по зарубежной классификации как "Сатана". В этой разработке были успешно внедрены все лучшие технические решения, наработанные на предшествующих заказах, а также целый ряд принципиально новых идей:

- обеспечение работоспособности после воздействия ядерного взрыва в полёте;

- высокоточное индивидуальное разведение боевых блоков;

- "прямой" метод наведения не требующий ранее подготовленного полётного задания;

- обеспечение дистанционного нацеливания и т.д.

Решение этих задач обеспечивалось новым мощным бортовым вычислительным комплексом с использованием полупроводниковых "пережигаемых" постоянных и электронных оперативных запоминающих устройств.

Основная элементная база разрабатывалась и изготавливалась в Минском производственном объединении "Интеграл" и обеспечивала необходимый уровень радиационной стойкости. Кроме стандартных блоков в состав бортового комплекса входил, впервые реализованный в СССР, блок специализированного запоминающего устройства на ферритовых сердечниках с внутренним диаметром 0,4 мм, через который прошивались 3 провода тоньше человеческого волоса. Для одного из видов боевых блоков было разработано и впервые в Советском Союзе прошло лётные испытания запоминающее устройство на цилиндрических магнитных доменах.

Одной из самых сложных задач было создание бортового многомашинного вычислительного комплекса для ракеты-носителя "Энергия", решающего сложнейшие задачи стабилизации, выведения (с учётом нештатных ситуаций управления многочисленными двигательными установками), аварийной защиты двигателей, мягкой посадки спускаемых разгонных ступеней ("боковушек"). Высокие требования по надёжности и безотказности усугублялись использованием в ракете-носителе кислородных и водородных компонентов, что потребовало реализации в системе управления комплекса мер по обеспечению пожаро- и взрывобезопасности.

В 1984-1988 гг. в "Хартроне" одновременно выполнялось два самых объёмных и ответственных заказа - разработка систем управления для СС-18 и ракеты-носителя "Энергия". Это потребовало от руководства и всех специалистов максимального напряжения сил. Работы шли круглосуточно, без выходных, зачастую люди ночевали на рабочих местах. Самой главной наградой за труд были два успешных запуска ракеты-носителя "Энергия" (22.02.1986 г. и 15.11.1988 г.) и успешное проведение натурных испытаний и сдача на вооружение ракеты СС-18.

Большой объём работ был проведен по созданию бортового вычислительного комплекса для систем управления космических аппаратов. Для летавших со станцией "Мир" модулей "Квант", "Квант-2", "Кристалл", "Природа", "Спектр" был создан комплекс с многоярусным мажоритированием, сохраняющий работоспособность при наличии 10-20 неисправностей. Опыт его безотказной эксплуатации на орбите в течении более 10 лет подтвердил правильность принятых технических решений.

В конце 80-х годов для нового поколения систем управления космических аппаратов были созданы два новых бортовых вычислительных комплекса, имеющих, в отличие от предыдущих, существенно более низкое энергопотребление. Успешные запуски объектов использующих эти комплексы показали способность "Хартрона" и в настоящее время обеспечивать космическую технику надёжными бортовыми ЭВМ".

За создание уникального радиационностойкого бортового вычислительного комплекса его главному конструктору Кривоносову А.И. была присуждена Ленинская премия.

Характеристики бортовых компьютеров, созданных в "Хартроне"

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Быстродействие, тыс.оп/сек | Разрядность | ОЗУ | ПЗУ | Тип плат | Вес, кг | Габариты, мм | Мощн., вт |
| ЦО1М | 2000 | 16,32 | 4К | 272К | Многослойные печатные платы | 50 | 670x415x355 | 280 |
| ЦО1 | 1000 | 16,32 | 4К | 16К | "-" | 49 | 803x490x266 | 250 |
| Ц18 | 200 | 16 | 4К | 32К | "-" | 30 | 770x272x240 | 250 |
| Ц18М | 400 | 16 | 12К | 10К | "-" | 26 | 770x272x240 |  |
| ЗА02 | 500 | 16,32 | 8К | 32К | "-" | 33 | 500x398x338 | 178 |
| Л01 | 500 | 16,32 | 2К | 32К | "-" | 22 | 767x266x238 | 102 |
| У01 | 500 | 16,32 | 8К | 32К | "-" | 25 | 767x266x238 | 81 |
| 15Л579 | 200 | 16 | 8К | 32К | "-" | 21 |  |  |
| 15Н 1838-02 | 500 | 16,32 | 8К | 32К | "-" | 65 | 852x638x258 | 81 |
| СЦЕМ | 400 | 16 | 4К | 28К | "-" | 6 | 378x203x145 | 25 |
| 405201 | 200 | 8 | IK | 1К | "-" | 20 | 461x311x370 | 95 |
| 4А80 | 2000 | 16,32 | 8К | 272К | "-" | 50 |  | 300 |
| 4А160 | 2000 | 16,32 | 4К | 272К | "-" | 25 |  | 150 |

**Первая серийная бортовая ЭВМ**

В 1971 г. в бывшем СССР впервые была испытана созданная на ЮМЗ ракета-носитель с использованием бортовой ЭВМ, разработанной в "Хартроне". Успешный запуск устранил существующее недоверие к цифровой вычислительной технике. Появилась необходимость в серийном выпуске бортовых ЭВМ. Для этой цели был привлечен "Киевский радиозавод". Это не было случайностью.

"Приобщение Производственного объединения "Киевский радиозавод" к разработкам и выпуску средств цифровой вычислительной техники еще в далекие пятидесятые годы в большой степени предопределило последующее развитие объединения и интерес к его потенциалу у многих главных конструкторов специальной техники", - рассказывает бывший главный инженер, первый заместитель генерального директора завода лауреат Государственной премии СССР Борис Емельянович Василенко.

"В середине пятидесятых годов на нашем заводе, созданном в 1953 г. из железнодорожных мастерских, появилась группа молодых специалистов, страстных энтузиастов вычислительной техники. В то время на предприятии шло освоение радиолокационной системы обнаружения места нахождения минометов по траекторным измерениям, составной частью которой являлся перевозимый (на танковом ходу) аналоговый счетно- решающий прибор весом более тонны. В перспективе предполагалось осуществить переход на цифровую систему обработки результатов траекторных измерений. Для решения этой задачи нужны были специалисты и на предприятие были направлены выпускники различных ВУЗов Киева и других городов, в том числе Таганрогского радиотехнического института, начавшего с 1956 года выпуск инженеров по специальности "математические счетно-решающие приборы и устройства". В 1957 году прошла практику первая группа студентов этого института, а в следующем году, после защиты дипломных проектов, она была направлена на постоянную работу. Среди молодых специалистов был и автор этих строк. Тогда и родилась идея создания малой цифровой вычислительной машины.

Освоение вычислительной техники на предприятии проходило в увязке с теми изделиями и комплексами, которые осваивало предприятие и поэтому нельзя разорвать эти две темы на самостоятельные разделы. В основном это касалось систем управления боевых ракетных комплексов, космических станций и аппаратов. Большой вклад в освоение и развитие этой техники сделали руководители предприятия в разные годы: директора - Виктор Федорович Славгородский, Борис Павлович Ястребов, Дмитрий Гаврилович Топчий, главные инженеры - Николай Андреевич Лукавенко, Эдгар Филиппович Костоломов, Борис Емельянович Василенко, главные конструктора - Игорь Васильевич Бортовой, Анатолий Иванович Гудименко, Петр Иванович Подоплелов. Особенно большой и плодотворный период (более 20 лет) пришелся на время 70-80 годов, когда во главе предприятия стояли Д.Г.Топчий, Б.Е.Василенко, А.И.Гудименко.

Д.Г.Топчий обладал исключительным даром в любом сложном вопросе или проблеме увидеть главное, сформулировать его, организовать и подчинить выполнению все силы коллектива", - продолжает рассказ Б.Е.Василенко. "Мы многократно убеждались в правильности его решений. При этом спектр его интересов и решаемых вопросов простирался от конкретных технических решений по тому или иному изделию до стратегических вопросов развития объединения, включая строительство жилья, развитие сельскохозяйственного производства и другие не менее важные вопросы. Немногословный по натуре, он точно формулировал вопрос и предлагал его решение. В чем-то он напоминал мне С.П.Королева. Сергей Александрович Афанасьев, возглавлявший Министерство общего машиностроения СССР, всегда говорил: "Топчий - это капитально, основательно".

В семидесятые годы началось освоение новой элементной базы - интегральных микросхем. Дмитрий Гаврилович договорился с Киевским университетом (он был тогда членом ученого совета университета) об организации на предприятии специальной лаборатории по элементной базе. Набор специалистов в нее осуществлялся только по рекомендации университета. За короткий период времени он помог лаборатории получить современное испытательное оборудование и она стала участвовать в многочисленных исследованиях и испытаниях вместе с поставщиками элементов, разработала и внедрила серию методик неразрушающего контроля, была признана в Министерстве электронной промышленности. В конечном итоге мы получили мощный инструмент повышения качества и надежности элементной базы, имели возможность воздействовать на поставщиков, что незамедлило сказаться на надежности ракетных комплексов. И сегодня это подразделение, реформированное в самостоятельную хозяйствующую структуру, продолжает работать для обеспечения высоконадежными элементами космических систем, изготавливаемых в Украине.

В состав производственного объединения "Киевский радиозавод" входило конструкторское бюро - достаточно мощный инженерный коллектив, способный решать самые сложные научные и производственные задачи. Его помощь позволила многим организациям-разработчикам сложных систем успешно и в сжатые сроки вести освоение и производство новых образцов ракетно- космической техники.

Долгое время (с 1967 по 1988 г.) конструкторское бюро возглавлял талантливый инженер, лауреат Ленинской премии, кандидат технических наук Анатолий Иванович Гудименко.

Известно, что основным профилем ракетно-космической отрасли Украины в годы существования СССР были боевые ракетные комплексы стратегического назначения всех классов: шахтного, железнодорожного и морского базирований. На долю производственного объединения "Киевский радиозавод" пришлось освоение и серийное производство систем управления целого ряда этих комплексов, начиная от знаменитого "первого изделия" ракеты Р-12 и кончая самой совершенной стратегической ракетой Р-36М2 - в зарубежной классификации SS-18, которую на западе назвали "Сатаной". Как правило, системы управления разрабатывались в Научно-производственном объединении "Хартрон", а поставлялись Производственному объединению "Южный машиностроительный завод". Творческое содружество этих объединений с конструкторским бюро "Южное" привело к созданию мощного производственно-технического комплекса, успешно решавшего все поставленные задачи. Длительное время эти предприятия возглавляли выдающиеся руководители - Михаил Кузмич Янгель, а затем Владимир Федорович Уткин, Александр Максимович Макаров и Владимир Григорьевич Сергеев. Все четверо - дважды Герои Социалистического Труда, лауреаты Ленинской и Государственных премий СССР и Украины. На них лежала огромная ответственность за порученное дело и, конечно, за судьбы людей - почти стотысячного коллектива и огромной армии смежников из различных отраслей промышленности.

Первые счетно-решающие приборы рождались в атмосфере высоких темпов работ и жестких технических требований. Элементной базой счетно-решающих приборов были феррит-транзисторные ячейки, на которых исполнялись: автомат выведения ракеты на заданную траекторию, приборы регулирования кажущейся скорости, управления по тангажу, устройство программно-временного управления, обеспечивающих управление двигателями и вывод ракеты в нужную точку пространства. Во всех этих системах стабилизация ракеты осуществлялась специальным прибором - автоматом стабилизации аналогово типа. Только с переходом на бортовые ЭВМ все алгоритмы управления были реализованы в цифровой форме.

Конструкторское бюро Киевского радиозавода работало по созданию цифровой регламентной аппаратуры для системы управления ракеты-носителя 8К67 (1963-64 гг.), ставшей технической основой для последующей разработки системы управления третьей ступени ракеты-носителя "Циклон". Особенность этой разработки - использование двоично-пятеричного кода (с целью автоматического обнаружения ошибок), двухканальное резервирование аппаратуры вместо традиционного аппаратного троирования, обеспечение непрерывной работы в условиях полета ракеты в течение 2,5 часов без создания специальных комфортных условий. В то время (1968 год) бортовых вычислительных машин, функционирующих непрерывно в течение такого времени и таких тяжелых условиях не существовало, а проектировавшиеся бортовые ЭВМ были рассчитаны на длительность полета 10-15 мин. (это были машины для боевых ракетных комплексов). Бортовая аппаратура созданная на Киевском радиозаводе, обеспечила появление наземного комплекса с высокой степенью автоматизации проверок, предстартовой подготовки и пуска ракеты. Только за период 1986-1996 годов было осуществлено более 100 пусков ракеты "Циклон". За разработку этого высоконадежного комплекса в 1980 году группа днепропетровских, киевских и харьковских специалистов была удостоена звания лауреатов Государственной премии СССР, в том числе Б.Е.Василенко и заместитель главного конструктора производственного объединения "Киевский радиозавод" А.Н.Пулеметов.

31 августа 1995 года ракетой-носителем "Циклон" был осуществлен запуск украинского космического аппарата "Сич-1" для наблюдения Земли. Запуск этого аппарата ознаменовал официальное вступление Украины в содружество космических государств мира.

Развивая производство в направлении выпуска средств исследования космического пространства Производственное объединение "Киевский радиозавод" в 1966 году приступило к выпуску уникального комплекса бортовой аппаратуры "Игла", предназначенной для поиска, взаимной ориентации, сближения и стыковки космических объектов. Эта аппаратура обеспечила первую в мире автоматическую стыковку беспилотных и пилотируемых космических кораблей между собой и орбитальными станциями. Всего было выпущено 150 ее комплектов.

В 1985 году на смену аппаратуре "Игла" пришла более совершенная высоконадежная аппаратура "Курс", которая успешно работала в комплексе "Мир-Союз-Прогресс".

В орбитальных пилотируемых станциях, работавших на орбите под названием "Салют-2", "Салют-3", "Салют-5", а также беспилотных "Космос-1870" и "Алмаз-1" успешно использовались системы управления, изготовленные на Киевском радиозаводе.

Через 10-12 лет после освоения первых счетно-решающих приборов на смену им в ракетную технику пришли бортовые ЭВМ на интегральных схемах. Первая серийная бортовая машина на интегральных микросхемах для ракетного комплекса 15А14 вышла с ПО "Киевский радиозавод" в 1973 году. Это было время, когда страна осваивала новую элементную базу - интегральные схемы. Освоение интегральных схем в Министерстве электронной промышленности СССР было крайне сложным и болезненным, не хватало мощностей на заводах в Воронеже и Запорожье, надежность схем первоначально была низкой, имелась масса трудностей (например, проблема статического электричества).

Освоение машины, разработанной в "Хартроне" и организация ее серийного производства (до ста комплексов в год) потребовали беспрецедентных усилий от участников работы. Название первой машины 15Л579 (индекс заказчика) осталось в памяти навсегда."

Борис Емельянович умолчал о своей роли в своевременной организации серийного выпуска бортовых ЭВМ. В то время он был руководителем лаборатории конструкторского бюро завода, на которую легла вся тяжесть подготовки к серийному выпуску машины, а с 1973 г. стал заместителем руководителя конструкторского бюро, отвечающим за это направление работ.

**Об этом знали немногие**

В 80-е годы в Научно-производственном объединение "Хартрон" была выполнена одна из самых масштабных разработок - система управления сверхтяжелой ракеты-носителя "Энергия", а на Производственном объединении "Киевский радиозавод" была создана мощная производственная база и изготовлены экспериментальные и штатные комплекты этой аппаратуры. Самоотверженный труд специалистов двух предприятий и высокая надежность системы управления обеспечили успешный запуск ракеты-носителя "Энергия" с космическим кораблем "Скиф" (15.05.87 г.) и с космическим кораблем "Буран" (15.07.88 г.).

К началу 80-х годов производственные возможности и научно-технический потенциал объединения были уже такими, что позволяло вести параллельно освоение нескольких новых, совершенно уникальных комплексов: системы управления ракеты СС-18, аппаратуры стыковки "Курс" и бортового вычислительного комплекса "Салют 5Б" для станции "Мир", ряда блоков системы управления ракеты-носителя "Энергия", системы управления ракетного комплекса морского базирования, навигационной системы для железнодорожного ракетного комплекса.

О том, как выполнялись эти работы рассказывает Б.Е.Василенко.

"Иногда можно услышать, что в прошлые годы было легко и просто работать. Это не так - была возможность работать, но сложности и трудности были огромные, хотя о них мало знали и писали в силу закрытости информации.

Это были годы напряженного труда, поисков, побед и неудач, реализации смелых технических проектов. Так, создание ракетного комплекса с ракетой 15А18М ("Сатана") проходило в очень сжатые сроки. ...Для системы управления это была модернизация системы с предыдущей ракеты, но она вылилась в проектирование ряда принципиально новых приборов, в том числе и бортовой цифровой вычислительной машины.

В хронологии событий по ракете 15А18М есть такие записи: март 1986 года - начало летных испытаний, март 1988 года - завершение этих испытаний, август 1988 года - принятие комплекса на вооружение. Но не все знают, что к началу 1987 года возникла необходимость существенной переделки системы управления в связи с необходимостью перехода на элементную базу более высокого качества. А ракеты уже начали летать.

Серия весенне-летних совещаний с участием министров, командования Ракетных войск стратегического назначения, руководителей разрабатывающих организаций и промышленности завершились принятием решения о форсировании выпуска новой системы управления с изготовлением и отработкой их сразу на двух предприятиях: опытном заводе Научно-производственного объединения "Хартрон" и Производственном объединении "Киевский радиозавод".

Для координации была создана специальная оперативно-техническая группа. Необычным в создании этой группы было подчинение на этот период руководителей двух военных представительств и разработчиков главному инженеру серийного предприятия.

В конце сентября 1987 года группа приступила к работе. Работали без выходных. В 18-00 каждого дня, включая субботу и воскресенье, шел разбор состояния производства и отработки аппаратуры, заслушивались исполнители - разработчики, начальники цехов, снабженцы, военпреды и другие, принимались решения. Протоколы не велись, каждый записывал себе поручения и отчитывался в установленный срок. Такому ритму были подчинены и разработчики на опытном заводе "Хартрона".

Это была коллективная "мозговая атака". Опыт такой работы себя полностью оправдал: формализм был сведен до минимума, качество работ не пострадало, документация для серийного производства была готова во время. Уже в конце 1987 года на "Южмаш " пришли комплекты новой аппаратуры. Все зачетные испытания прошли в установленные сроки.

Следующим шагом в освоении новых технологий, создании производственных мощностей с учетом вакуумной гигиены (т.н. цеха в гермозоне) явилось освоение и организация серийного производства системы управления ракетного комплекса морского базирования 3М37. В основе этой системы лежала бортовая ЭВМ (ЦВМ-7 или С-4010) в микроэлектронном исполнении (бескорпусная элементная база, микросборки на их основе и многослойные платы - толстые пленки, оперативная память на цилиндрических магнитных доменах - ЦМД и другие сложные компоненты). Эта машина входила как в состав собственно ракеты, так и в состав корабельной аппаратуры, осуществляющей регламентные проверки систем ракет, находящихся на борту подводной лодки, подготовку к пуску и пуск ракет по заданной программе (одиночный пуск, последовательный пуск нескольких ракет). Шел 1975-76 год. Это был период освоения новых мощностей, нового оборудования...

Не менее напряженными были работы по другим комплексам, в том числе для станции "Мир". Особенностью создания этой станции стало использование всех новейших достижений отечественной науки и машиностроения и, в первую очередь, приборостроения. И сейчас, уже по прошествии десяти лет ее эксплуатации, комплекс поражает своим совершенством и новизной. Недаром американские специалисты одним из условий создания новой международной станции "Альфа" поставили требование использования уже проверенных в эксплуатации на станции "Мир" элементов, систем и агрегатов.

Аппаратура сближения и стыковки "Курс", бортовой вычислительный комплекс "Салют-5Б" , оптико-электронная система точной ориентации С-3 киевского завода "Арсенал", приборы и системы харьковских заводов "Монолит", "Коммунар", "Электроаппаратура" и других украинских предприятий относились к таким новым изделиям.

Не просто складывалась судьба бортовой ЭВМ "Салют-5". Станция "Мир" в феврале 1986 года была выведена на орбиту с бортовой машиной "Аргон-12С" производства московского предприятия. Она решала минимальные задачи по управлению станцией и была не готова для наращивания комплекса функциональными модулями. А машина "Салют-5" проходила наземную отработку у главного конструктора и на серийном заводе. Был момент, когда судьба машины решалась на коллегии Министерства общего машиностроения. Группа специалистов Научно-производственного объединения "Энергия" и министерства стояли за продолжение использования машины "Аргон", ведь она тоже была новым словом на космической станции. Машина же "Салют-5" превосходила по техническим характеристикам все известные отечественные бортовые вычислительные средства и могла обеспечить любые конфигурации станции и решение задач в будущем.

На ту коллегию был приглашен и выступал директор - главный конструктор института "Элас" (Министерство электронной промышленности) Гуськов Геннадий Яковлевич со своими специалистами-разработчиками бортовой машины "Салют-5". Министр Афанасьев Сергей Александрович поднял на трибуну коллегии и автора этих строк и задал вопрос прямо: есть ли уверенность, что машина будет работать. Ответ был положительным. Поддержка со стороны генерального конструктора Научно-производственного объединения "Энергия" Семенова Юрия Павловича и его "управленцев" во главе с Бранцем Владимиром Николаевичем обеспечили в конечном итоге успех.

Машина "Аргон-12С" была заменена космонавтами на машину "Салют-5", доставленную на борт станции грузовым кораблем "Прогресс". Двести сорок тонн - таков общий вес объекта который удерживала в космическом пространстве маленькая бортовая вычислительная машина весом в двадцать один киллограмм.

Бортовая ЭВМ "Салют-5" нашла применение и в других космических аппаратах. Интересно, что за это долгое время так и не было создано более мощной и надежной бортовой вычислительной машины, которая серийно выпускалась бы для космических аппаратов.

Не менее напряженно и драматически развивались события вокруг аппаратуры сближения и стыковки "Курс". Решение министра С.А.Афанасьева было кратким: "Курс" будем делать в Киеве". Решающим очевидно был имевшийся на заводе предыдущий опыт освоения и производства аппаратуры.

В последние годы работа Производственного объединения "Киевский радиозавод" по космической тематике определялась заделами, созданными в предыдущие годы. Главное - на предприятии сохранен соответствующий научно-технический и производственный потенциал и, несмотря на сокращение объемов производства по этой тематике, достигнутый уровень технологии нашел свое применение в целой серии новых работ, в которых нуждается народное хозяйство Украины. Ведется освоение и налажен выпуск технических средств для топливно-энергетического комплекса нашей страны, аппаратуры связи различного класса, в том числе и абонентских станций космической связи (совместно и по документации института "Элас"). Это направление получит дальнейшее развитие с созданием украинской инфраструктуры космической связи. Развивается спутниковое телевидение (наземный сегмент).

Сегодня в объединение пришли молодые руководители, - заканчивает Б.Е.Василенко. - Им предстоит огромная работа по налаживанию производства в новых экономических условиях. Мы убеждены, что существующие традиции объединения, технологическое оснащение производства и его мощности, заделы по конверсионным и другим программам при создании условий для национального производителя обеспечат возрождение предприятия в интересах всей экономики и народа Украины."