ПЕРВЫЕ БОРТОВЫЕ ЭВМ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

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

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

http://ukrainiancomputing.org/chBooks_r.html

© Б.М.Малиновський, 1998

Глава из книги Б.Н.Малиновского "Очерки по истории вычислительной техники в Украине", "Феникс", 1998.

Знакомство автора с ракетной техникой, точнее с ракетами, произошло на войне. Это случилось в грозном октябре 1941 г., когда наша воинская часть находилась под Калинином (теперь Тверью). Тогда, хорошо известные сейчас ракетные установки "Катюша", назывались "мясорубками". Их появление подняло настроение фронтовиков - есть еще у нас кое-что получше, чем у фашистов. Потом, года через два, появились "Ванюши" - мощные ракеты, оставляющие при взрыве воронку, как от 500-килограммовой авиационной бомбы. Запомнилось, как под залпы "Катюш" мы встречали новый, 1943 г. на Северо-западном фронте. Только что завершился разгром гитлеровцев под Сталинградом. Ровно в полночь "заиграли" наши "Катюши". До сих пор не могу забыть ночное небо, расчерченное огненными трассами ракет. Немецкая передовая, охваченная взрывами, молчала. Годом раньше я сам попал под залп "Катюш", так что мне было понятно, что чувствовали в ту новогоднюю ночь гитлеровцы.

Вторичное знакомство произошло двадцать лет спустя. В середине 60-х годов в Институт кибернетики НАН Украины приехала группа сотрудников лаборатории измерений цеха испытаний ракетных двигателей Днепропетровского южного машиностроительного завода (ЮМЗ) Министерства общего машиностроения СССР. Они обратились с просьбой помочь автоматизировать процесс съема и обработки данных при испытании ракетных двигателей. Выяснилось, что испытания производятся на специальном стенде. Ракетный двигатель прочно закрепляется на мощном фундаменте. После пуска многочисленные датчики, установленные на двигателе, подают сигналы на десятки стрелочных измерительных приборов, занимающих целую стену в лаборатории. Чтобы зафиксировать показания, производится фотографирование этой стены через определенные интервалы времени. Потом сотрудники лаборатории по фотоснимкам определяют показания приборов и определяют величины сигналов, поступающих с датчиков во время испытаний. Последующая обработка результатов измерений - еще несколько недель работы.

Отдел, которым я руководил, год назад разработал и сдал в эксплуатацию автоматизированную систему испытаний головки ракеты на термоустойчивость в одной из организаций космического центра в подмосковных Подлипках. Для этого мы использовали разработанную в

отделе и выпускаемую в Киеве на Заводе вычислительных и управляющих машин ЭВМ "Днепр", имеющую устройство связи с объектом. Оно позволяло автоматически опрашивать и вводить в машину показания датчиков, а это давало возможность сразу же осуществлять обработку результатов измерений, показывающих термоустойчивость испытуемой головки ракеты.

Перед началом работы нас познакомили с испытательным стендом. Это был невысокий и не очень большой по диаметру железобетонный бункер, где 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 докрасна 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 всё обстояло 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 впечатляющий. Он размещался в огромном железобетонном здании, без окон, напоминающем по форме гигантский опрокинутый стакан. Когда на стенде, запускался двигатель, его мощный гул был хорошо слышен, несмотря на толщину стен.

Два года наш отдел (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 ускорился и упрощался процесс проверки двигателей. Заводчане решили поощрить активных участников работы. Так автор стал лауреатом Государственной премии Украины.

На этом мое знакомство с ракетной областью не закончилось. В начале 70-х годов отдел вместе с СКБ института развернул работу 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 космоса. Как всегда работа началась с ознакомления с "объектом автоматизации". Стенд размещался в железобетонном корпусе, высотой, примерно, в 10-ти этажный дом, на территории предприятия, расположенном в подмосковном лесу. Внутри корпуса перекрытий не было, имелись лишь подбоя балконов, на которые

ставилось оборудование, необходимое для имитации космоса и проведения испытаний. Создание системы, состоящей на этот раз из многих ЭВМ, потребовало несколько 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. В свое время, когда мне пришлось быть на студенческой производственной практике на автомобильном заводе в Нижнем Новгороде (тогда Горьком) автогигант произвел на меня впечатление города, застроенного огромными зданиями - цехами, разделенными широкими проездами - настоящими улицами.

Точно такое же впечатление сложилось и при первом посещении ЮМЗ. И, как я узнал позднее, не случайно. Об этом и 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" резко 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, именно тогда создавались стиль и традиции работы огромного коллектива, позволившие ему стать создателем четырех поколений ракетных комплексов, ставших основой могущества Советского Союза, обеспечивших стратегический паритет с США.

Ракетный комплекс З-36М2 (15А18М, известный на западе как СС-18 "Сатана"), составляющий главную мощь Ракетных войск стратегического назначения СССР, и 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.

Главным конструктором систем управления ракетных комплексов в 1960 - 1986 годах был Владимир Григорьевич Сергеев. "Это необычный, удивительный человек, - написал мне о нем главный инженер

производственного объединения "Киевский радиозавод" Борис Емельянович Василенко, все эти годы сотрудничавший с ним. Всего себя он отдал созданию систем управления ракет и космических комплексов. Между собой мы называли его, любя, В.Г. или "дед". Если давать характеристику одним словом, то это - сильная, цельная натура. Не для всех он был удобным человеком. По принципиальным вопросам на компромиссы он не шел.

"Я призван делать оружие, а оно должно быть надежным" - так определял он цель своей работы, оценивая ее по конечному результату - надежности эксплуатации ракетных комплексов в войсках. Поэтому - всегда рассматривал принципиальные вопросы в увязке с теми предприятиями, которые призваны были работать по его документации. Для него в порядке вещей было рассмотрение любых вопросов, которые ставились исполнителями в периоды освоения нового изделия. Владимир Григорьевич принимал личное участие в разработке специальных мероприятий по постановке того или иного изделия на серийное производство. Диапазон таких вопросов был широким и относился к любым проблемам, связанным с производством и эксплуатацией аппаратуры и систем: элементная база, схемные решения и конструкция, освоение новых технологий, программное обеспечение, подготовка кадров, эксплуатация и другие. Вначале такие мероприятия иногда включали несколько сотен вопросов, но по мере освоения изделия количество их быстро сокращалось. Такое наше партнерство способствовало в конечном итоге обеспечению высокого качества выпускаемой аппаратуры, установлению деловых отношений между коллективами организации-разработчика и предприятия-изготовителя.

Такой стиль работы мы потом перенесли на многие другие организации, и на других главных конструкторов с которыми осваивали новые изделия (Алексей Николаевич Семихатов - системы управления ракетных комплексов стратегического назначения морского базирования, Александр Сергеевич Моргулев - аппаратура стыковки "Игла" и "Курс" для пилотируемых и беспилотных космических кораблей и станций, Геннадий Яковлевич Гуськов - бортовой вычислительный комплекс станции "Мир" и ряда космических аппаратов специального назначения, Борис Григорьевич Михайлов - системы боевого управления и другие).

В.Г. Сергеев любил приезжать на наше предприятие. Он был депутатом Верховного Совета УССР, академиком Национальной академии наук Украины, поэтому часто бывал в Киеве. Работая в области электронных систем управления, Владимир Григорьевич, тем не менее, был влюблен в механику и часто посещал наше механическое производство. В любую погоду он шел в цех в пиджаке с двумя звездами Героя. Рабочие знали его, и он с удовольствием вел с ними разговор о выполнении его заказов. Если были вопросы по документации, он всегда говорил: "Напишите и положите в карман". И всегда мы получали быстрый ответ по затронутому вопросу.

Вспоминается одна коллегия Министерства общего машиностроения. Вел ее министр С.А. Афанасьев. Рассматривались сложные вопросы освоения системы управления ракеты 15А18. Было много доработок, особенно по спецвычислителю, специальному прибору стартовой аппаратуры. Обстановка была осложнена еще тем, что этот прибор применялся в трех ракетных комплексах, а мы были его единственными изготовителями и задерживались с выпуском. На коллегия были вызваны и разработчики и производители. Мы сидели с В.Г. рядом и оба волновались, так как и начало коллегии обещало грозу и фамилии наши стояли в списке докладчиков о состоянии дел. Владимир Григорьевич вышел на трибуну и обращаясь к министру начал рассказывать, что он недавно был в Киеве, знакомился с внедрением новых технологий в механике (знал слабое место министра!), высказал свое видение по развитию станков с числовым программным управлением и еще затронул несколько таких же тем. И ушел с трибуны. Проходя мимо министра, он остановился и сказал: "А доработки я, Сергей Александрович, делал и буду делать". Все засмеялись - наступила разрядка. Через некоторое время отработка спецвычислителя была закончена, и приборы начали поступать на заводы, где собирались ракеты.

Не все знают, что разработка системы управления для ракетного комплекса "Энергия" первоначально была поручена другому главному конструктору, был уже сделан эскизный проект, и подключение организации В.Г. Сергеева произошло позже, когда появились признаки, что может произойти провал. Владимир Григорьевич брался за работу в большом раздумии. Он, очевидно, понимал или чувствовал, что это последняя его большая работа. Но потом дела пошли быстро. Как только появился скелет системы управления, В.Г. приехал к нам, и было подписано решение о подключении производственного объединения "Киевский радиозавод" к производству аппаратуры.

Уходил Владимир Григорьевич с должности главного конструктора и руководителя научно-производственного объединения "Хартрон" в разгар окончания отработки этой системы управления. Практически вся материальная часть, в том числе и нашим предприятием, была сделана; шла шлифовка матобеспечения на комплексных стендах, созданных у разработчика в сжатые сроки. В августе 1986 года в Харькове состоялось совещание с участием секретаря ЦК КПСС О.Д. Бакланова. Рассматривался ход работ по этой системе, устанавливались новые жесткие сроки. Совещание закончилось, и мы начали выходить, но Владимир Григорьевич попросил меня и своих сотрудников остаться. Вторую часть совещания он открыл сам. Сказал, что принял решение и уходит со своей должности. А уже в мае следующего года стартовала первая "Энергия". Жаль, что этот успех Владимир Григорьевич встречал в другой должности.

Для нас всех, кто работал с В.Г. Сергеевым и знал его близко, он остается Главным конструктором с большой буквы, и мы желаем ему счастливого долголетия".

В. Г. Сергеев - дважды Герой Социалистического Труда, награжден пятью орденами Ленина, орденами Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, Красной Звезды, Отечественной войны I степени, тремя орденами Отечественной войны II степени, лауреат Ленинской премии, Государственных премий СССР и УССР, премии М.К. Янгеля.

Вместе с ЮМЗ трудились над созданием ракет многие организации Министерства общего машиностроения СССР: 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 гг., 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", более 150 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.

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.

По просьбе автора об итогах этой работы рассказывает главный конструктор бортовых вычислительных комплексов "Хартрона" лауреат Ленинской и Государственной премии УССР 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 и 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 г. генеральный директор и Главный конструктор В.Г. 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 "чужую" 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 г. был испытан первый экспериментальный образец бортовой ЭВМ на гибридных модулях. Через шесть месяцев появилась её трёхканальная модификация на монолитных интегральных схемах. В 1971 г., 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. оп./сек), надёжная элементная база обеспечили 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 г. 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, с так называемым "электронным пуском", 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 созданы ещё четыре поколения бортовых ЭВМ, имеющих одни из лучших в СССР вычислительные и эксплуатационные характеристики и эффективную технологию разработки программного обеспечения, не уступающие зарубежным аналогам".

Автору придется прервать А.И. Кривоносова, чтобы дополнить его рассказ. Для определения функций, возлагаемых на систему управления ракетой со встроенной в нее бортовой ЭВМ, необходимо знать законы

движения ракеты, чтобы создать на их основе алгоритмы управления. Этой ответственной работой при создании всех поколений ракет руководил Яков Ейнович Айзенберг. Его вклад в создание моделирующей системы "Электронный пуск" был решающим.

Доктор технических наук, профессор, академик он родился в Харькове в 1934 г. Окончил Харьковский политехнический институт по специальности радиотехника. Начав свою деятельность инженером, он вырос в крупного ученого-теоретика и в настоящее время является генеральным директором и генеральным конструктором Научно-производственного объединения "Хартрон". Я.Е. Айзенберг - лауреат Ленинской премии, Государственных премий УССР и СССР, заслуженный деятель науки и техники Украины награжден орденом Октябрьской Революции.

Продолжим рассказ А.И. Кривоносова.

"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. Сычѳв, Н.Ф. Меховской и др.) были разработаны теоретические основы синтеза высоконадѳжных вычислительных структур с многоярусным мажоритированием и адаптацией. Они легли в основу последующих поколений бортовых ЭВМ.

В 1984-1988 г.г. 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 полѳте;
- высокоточное индивидуальное разведение боевых блоков;
- реализован "прямой " метод наведения, не требующий ранее подготовленного полѳтного задания;
- обеспечено дистанционное нацеливание 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 три провода толщиной тоньше человеческого волоса. Для одного из видов боевых блоков было разработано и впервые в 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 требовало 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.), успешное проведение натурных испытаний и сдача на вооружение ракеты СС-18.

Большой объём работ проведен по созданию бортового вычислительного комплекса для систем управления космических аппаратов. Для летающих в настоящее время 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 течение более 10 лет подтвердил правильность принятых технических решений.

В конце 80-х годов для нового поколения систем управления космических аппаратов 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 А.И. Кривоносову была присуждена Ленинская премия.

Система управления, включая бортовые ЭВМ, изготавливалась вначале на опытном заводе "Хартрона" - "Электроприборе", а затем - на серийных предприятиях: производственном объединении "Киевский радиозавод" (директор Д.Г. Топчий, гл. инженер Б.Е. Василенко) и харьковском заводе им. Т. Шевченко (директор Ю.И. Загоровский, гл. инженер А.П. Шпейер).

А.И. Кривонос более четверти века отвечал за создание бортовых ЭВМ в "Хартроне". Что было сделано за это время, он кратко и емко описал на приведенных выше нескольких страницах, почти ни слова не сказав о своих заслугах, о том напряженном ритме, в котором работал сам и руководимый им коллектив.

В связи с этим хотелось бы сделать небольшое отступление. Помню, когда я вернулся с Великой Отечественной, то не мог читать первые появившиеся книги о войне. Описываемые в них боевые эпизоды превращались в моей голове в яркие картины, близкие к увиденным на фронте, вызвали тяжелые переживания. Бывшие фронтовики, надеюсь, подтвердят, что и у них было что-то подобное, их память добавляла многое к прочитанному в книге.

Я думаю, что ветераны вычислительной техники, представляющие, что значит разработать безотказно работающую, причем в очень жестких условиях, ЭВМ, прочитав страницы, написанные Анатолием Ивановичем, тоже сумеют представить грандиозную эпопею неустанного труда, успехов, неудач, радостей и переживаний, какими были двадцать пять лет, незабываемых для него и руководимого им коллектива.

В материале А.И. Кривоносова упоминается, что за создание стенда, моделирующего "электронный запуск", ракеты коллектив основных участников работы получил Государственную премию Украины за 1979 г.. Эта работа была выдающимся достижением "Хартрона" и означала новый этап в развитии ракетостроения. Благодаря стенду "Электронный пуск", созданному на базе ЭВМ БЭСМ-6, других ЭВМ и ряда реальных блоков и устройств ракеты, на нем осуществлялось моделирование всех процессов, которые происходят при реальном запуске ракеты. Такая проверка позволяла исключить возможные недоработки в аппаратуре, обеспечивала возможность обойтись без пробных запусков весьма дорогостоящих ракет.

При составлении необходимых "электронных" моделей и для отработки самого процесса моделирования потребовалось подготовить программы, содержащие сотни тысяч команд. Если учесть, что в те годы опытный программист за день мог подготовить десять-двадцать команд, то можно понять, перед какой проблемой оказался "Хартрон" при разработке "электронного пуска".

На помощь в этой работе пришел Институт кибернетики НАН Украины. В 1971 г. по инициативе доктора технических наук Игоря Вячеславовича Вельбицкого была организована совместная проблемная лаборатория института и "Хартрона" для создания автоматизированной системы производства программ для бортовых ЭВМ. Под руководством

И.В. Вельбицкого такая система производства программ реального времени для ракетно-космических комплексов была создана и получила название СИНТЕРМ. Ее отличительной особенностью является введение в программирование понятие чертежа и четкого порядка его сопровождения в течение всего цикла подготовки программ для бортовой системы управления - от проектирования алгоритмов до изготовления и модификации программ для предполетных испытаний на аппаратно-программных моделях ракетно-космических систем. На всех этапах производства программ разработчикам предоставлялась возможность использовать свои стандартизованные элементы языков, т.н. СТЭЛЗы, обеспечивающие автоматическую специализацию, эволюцию и высочайший уровень естественного языка программирования. Автоматизированный комплекс производства программ находится в промышленной эксплуатации с 1972 г. по настоящее время и используется практически для всех разрабатываемых в Украине ракетно-космических систем управления.

В 1979 г. И.В. Вельбицкий получил звание лауреата Государственной премии Украины как участник создания системы "Электронный пуск". В настоящее время он - генеральный директор Международного научного центра технологии программирования ТЕХНОСОФТ Национальной академии наук Украины и Национального агентства по вопросам информатизации при Президенте Украины.

Немного истории

В 1971 г. в СССР впервые была испытана созданная на ЮМЗ ракетно-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 пришли 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.

Для исполнения этого замысла выбрали феррит-транзисторные ячейки, а руководителем работы стал молодой инженер Евгений Иванович Брюхович, выпускник Ленинградского института авиационного приборостроения. Он и сплотил вокруг себя молодых энтузиастов. Шел 1958 год. И хотя эта первая машина не состоялась, опыт работы над ней оказался крайне полезным при стремительном развертывании последующих проектов.

В 1958 г. тематика предприятия резко изменилась, началось освоение ракетной техники. С этого времени, в течение нескольких десятилетий, производственное объединение "Киевский радиозавод" развивалось как крупнейший производственно-технический комплекс по созданию и изготовлению сложных систем управления для ракетно-космической техники с использованием высоких технологий, вычислительной техники, микроэлектроники, точной механики".

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 Подоппелов. 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 и 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 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 шестидесятых годах остро встал вопрос набора и удержания кадров. С жильем было плохо. Дмитрий Гаврилович предложил строительство жилья хозяйственным способом. Через невероятные трудности в 1968 г. "родился" первый дом. За прошедшие годы много тысяч квадратных метров заводского жилья сдано в эксплуатацию, и Дарница, где расположен "Киевский радиозавод", с благодарностью вспоминает Дмитрия Гавриловича.

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, возможность воздействовать на поставщиков, что незамедлило сказаться на надежности ракетных комплексов. И сегодня это подразделение, реформированное в самостоятельную хозяйственную структуру, продолжает работать для обеспечения высоконадежными элементами космических систем, изготавливаемых в Украине. Это лишь два из очень многих примеров активной деятельности Д.Г. Топчия.

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. Среди этих партнеров-разработчиков, в первую очередь, необходимо отметить Конструкторское бюро "Южное" (Днепропетровск), Научно-производственное объединение "Хартрон" (Харьков), НИИ автоматики (Екатеринбург), НИИ точных приборов, ЦКБ машиностроения, Научно-производственное объединение "Элас" (Москва).

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. Как правило, системы управления разрабатывались в Научно-производственном объединении "Хартрон" и 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 Кузьмич Янгель, Владимир Федорович Уткин, Александр Максимович Макаров, 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. У некоторых жизнь оказалась не очень долгая - время нахождения ракет на боевом дежурстве. Им на смену приходили более совершенные ракетные комплексы с новыми счетно-решающими приборами. Другие просуществовали долгие годы вместе с ракетами, некоторые из которых находились в эксплуатации иногда десятки лет.

Элементной базой первых 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 аналогового типа. Только с переходом на бортовые ЭВМ все алгоритмы управления были реализованы в цифровой форме.

Дополним рассказ Бориса Емельяновича воспоминаниями доктора технических наук Е.И. Брюховича о первых работах в области цифровой вычислительной техники на Киевском радиозаводе.

"В 1953 г. я закончил Ленинградский институт авиационного приборостроения по специальности "радиооборудование самолетов" и был

направлен на работу на Радиозавод в Киев. И первым моим творческим успехом стала разработка проекта электронной системы автоматического измерения дальности до цели, вместо той громоздкой полуавтоматической электромеханической системы, которая входила в состав изделия, выпускаемого заводом. Никто мне задачу разработки такой системы не ставил и никто, в сущности, не знал, что я ее разрабатывал. Я написал статью в закрытый журнал, в которой описал свой проект. Спустя примерно год на завод приехал специалист по той системе, которую завод выпускал. Он нашел меня и заявил, что моя система весьма интересна и должна работать. Это было начало 1955 г. Но именно в это время на завод приехал лектор, который рассказал о том, что в Феофании есть Малая электронная счетная машина МЭСМ. Что это такое - я тогда не знал, но понял, что это как раз то, что мне нужно.

Дальше были письма от завода, которые я готовил в Институт математики, мой маленький доклад по проблеме экстраполяции в Институте математики, встреча с Ю.В. Благовещенским и, наконец, "свидание" с МЭСМ. Первыми моими учителями по вычислительной технике были Лев Наумович Дашевский и Екатерина Алексеевна Шкабара, признательность к которым за все, что я от них получил в научном и человеческом планах, слишком велика, чтобы можно было здесь выразить.

Практическим следствием всего этого стала разработка мною двоичной ЭВМ на феррит-транзисторных элементах. И тут судьба свела меня с Борисом Емельяновичем Василенко. На него, редкой душевной красоты человека, большого умницу и талантливого инженера, легла вся работа по созданию образца машины. И именно ему машина обязана тем, что стала работать. С этой машиной у меня связано несколько воспоминаний. Чтобы сделать элементы, нужны ферритовые сердечники с прямоугольной петлей гистерезиса. Были известны два типа таких сердечников в СССР: серии "К" и серии "ВТ". Последнюю серию делали в Институте точной механики и вычислительной техники АН СССР. Я поехал в Москву и пошел прямо к директору института Сергею Алексеевичу Лебедеву. Он выслушал меня, что-то расспросил и дал указание выдать мне эти ферриты. Но оказалось, что кладовщик находится в запое. Поехал к нему домой и объяснил его жене, что без ферритов вся оборона страны рухнет. Она взяла мужа подмышки, притащила на кухню и стала поливать его голову холодной водой. После нескольких кувшинов воды он пришел в себя настолько, что был способен что-то соображать. И я получил литровую банку ферритов ВТ-5 (с внешним диаметром, кажется, 3 мм) и еще какое-то количество (и тоже громадное) ферритов ВТ-2. Это было целое богатство, которое позволило нам с Василенко развернуть все работы по машине.

Двоичная машина была отлажена, и для начала мы могли демонстрировать желающим, как она выполняет арифметические операции и вычисляет значения синуса. Шел 1958 г. Тогда в вычислительной

технике все было еще в диковинку, и желающих посмотреть работу машины было достаточно.

В один из дней нам сказали, что ожидаются высокие гости. Не успели мы убрать помещение, как открылась дверь и вошел Л.И. Брежнев. Вся наша группа застыла в том положении, в каком он нас застал. Поскольку, однако, в комнате старшим был я, то я пригласил Леонида Ильича пройти в комнату. Проходить он не стал, а остался стоять в дверях. За ним виднелась толпа руководителей завода. Он спросил, как у нас обстоят дела. Я ответил, что мы создаем ЭВМ для таких-то целей, и добавил, что мы могли бы сделать больше, если бы для этого у нас были более благоприятные условия. Пожелав нам успехов, он удалился.

После визита меня вызвали в кабинет директора. Им был тогда Виктор Федорович Славгородский. Нужно сказать, что для меня он остался в моей памяти легендарным директором: ни до него, ни после него я не встречал более талантливого руководителя. Мудрый Виктор Федорович из моих объяснений понял наши проблемы. Вскоре я был назначен начальником новой лаборатории для разработки ЭВМ.

Пока развивались эти события вокруг нашей двоичной ЭВМ, у меня вызревала мысль о новой машине. Поводом к этому послужила одна публикация в "Экспресс-информации" по вычислительной технике. Там шла речь о релейной машине фирмы Bell. Мне запала в голову мысль, которая содержалась в сообщении: машина скорее остановится, чем выдаст неправильный результат. Достигался этот принцип применением для представления машинной информации двоично-пятеричного кода. Я отыскал затем более подробные сведения об этой машине и был поражен остроумием, с каким ее создатели строили систему автоматического контроля.

Но применить "напрямую" это решение было невозможно, поскольку для контроля использовалась часть контактной группы многоконтактных реле, а в электронный вариант перенести такое решение было нельзя. Нужно было искать нечто такое, что по нестандартности решения оказалось бы на уровне принципа релейной машины, но отличалось бы воплощением в чисто электронный вариант машины. И мне удалось найти такое решение применительно к феррит-транзисторным элементам".

Семена, посеянные Е.И. Брюховичем, - его любимые двоично-пятеричные коды, - проросли позднее в ракете "Циклон".

Я привел воспоминания Е.И. Брюховича, чтобы рассказать о разработке конструкторского бюро Киевского радиозавода по созданию цифровой регламентной аппаратуры для системы управления ракеты-носителя 8К67 (1963-64 гг.), ставшей технической основой 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 г.) бортовых вычислительных машин, функционирующих непрерывно в течение такого времени и в 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 1986-1996 годы осуществлено более 100 пусков ракеты "Циклон". За разработку этого высоконадежного комплекса в 1980 г. 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 г. 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 г. 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 г. на смену аппаратуре "Игла" пришла более совершенная высоконадежная аппаратура "Курс", которая и в настоящее время успешно работает в комплексе "Мир-Союз-Прогресс".

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

Первая серийная бортовая ЭВМ

"Через 10-12 лет после освоения первых счетно-решающих приборов на смену им в ракетную технику пришли бортовые ЭВМ на интегральных схемах, - продолжает свой рассказ Б.Е. Василенко. - Первая серийная бортовая машина на интегральных микросхемах для ракетного комплекса 15А14 вышла с ПО "Киевский радиозавод" в 1973 г.. Это было время, когда страна осваивала новую элементную базу - интегральные схемы. Освоение интегральных схем в Министерстве электронной промышленности СССР проходило крайне сложно и болезненно, 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. На "Радиозавод" пришло новое большое пополнение молодых специалистов. Это было испытание и для них и для сотрудников завода, горячо желающих освоить и организовать серийное производство первой цифровой системы управления ракетой на основе бортовой ЭВМ, добиться её надежности, сначала на стендах, а потом и в натуре, при боевом дежурстве ракетного комплекса в течение гарантийного срока. Надо было подготовить и переподготовить кадры рабочих и инженеров, преодолеть пессимизм, а иногда и неверие многих специалистов и руководителей. Название первой машины - 15Л579 (индекс заказчика) осталось в памяти навсегда.

Именно в этот период проявили себя многие специалисты предприятия, в том числе будущие министр обороны Украины Валерий Николаевич Шмаров, директор киевского завода "Артема" Александр Степанович Качура, первый заместитель министра Минмашпрома Николай Николаевич Портной, начальник цеха бортовых вычислительных машин на "Хартроне" Борис Григорьевич Баев и многие другие. Невозможно перечислить всех участников той героической эпопеи, многие из которых были награждены орденами и медалями. Музей "Киевского радиозавода" бережно хранит имена этих людей.

Потом было освоение многих других машин этого класса для модернизированных ракетных комплексов не только на "Киевском радиозаводе", но и в харьковских "Монолите", "Коммунаре", "Электроаппаратуре": в основе их лежали те же конструктивно-технологические решения, что и в первой машине.

Справедливости ради необходимо отметить, что освоение и производство бортовой вычислительной машины 15Л579 и системы управления "Хартрона" для ракеты 15А30, разработки московского ЦКБ Машиностроения (генеральный конструктор В.М. Челомей), велось и на харьковском предприятии ПО "Монолит", где долгое время в качестве главного инженера, а затем генерального директора работал Олег Дмитриевич Бакланов. Негласное соревнование между двумя предприятиями, производственная кооперация и взаимная поддержка способствовали успешному освоению новой техники.

Освоение и производство бортовых вычислительных машин для ракетной техники и космических систем на Украине велось также на харьковских предприятиях "Коммунар" и "Электроаппаратура" по документации московского института, руководимого Алексеем Николаевичем Пилюгиным. В 1973 г. мне пришлось участвовать в совещании в ЦК КПСС по вопросу качества и надежности интегральных микросхем, на котором А.Н. Пилюгин сформулировал практические задачи по доведению элементной базы до высокого уровня надежности.

Его институт лидировал в этом плане, и мы все прислушивались и учились у авторитетной организации.

Институтом Пилюгина была разработана серия систем управления для ракетных и космических комплексов с использованием бортовой ЭВМ, в том числе и для космического ракетного комплекса "Зенит" (разработка конструкторского бюро "Южное" и производственного объединения "Южный машиностроительный завод"). Систему управления для ракеты-носителя "Зенит" изготавливает сейчас производственное объединение "Коммунар". Известно, что эта ракета стала основой международного коммерческого проекта "Морской старт", в котором, кроме Украины, участвуют США, Россия и Норвегия".

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.

За его немногословными ответами на мои вопросы встала целая эпопея упорнейшего и самоотверженного труда его самого и руководимого им коллектива. Она растянулась на два года работы без выходных дней, с "мозговыми штурмами" для решения возникающих проблем, с многодневным круглосуточным трудом на заводе, когда и спать приходилось в испытательной камере. В результате, сотрудники лаборатории сумели подготовить машину к серийному производству, а составленное ими описание принципов построения и работы бортовой ЭВМ стало настольной книгой для поступающих на завод молодых специалистов.

Я не удержался и спросил Бориса Емельяновича (хотя по собственному опыту предполагал, что он мне скажет), - что заставляло его и коллектив лаборатории работать так энергично и самоотверженно.

- Никакого принуждения не было, - ответил он. - Это было в традициях коллектива конструкторского бюро и завода в целом. И самое важное: когда становился виден результат, возникало чувство огромного удовлетворения, что компенсировало с лихвой тяжелый труд. Так было у меня и у тех молодых специалистов, которые быстро становились надежными помощниками. Думаю, что играло роль воспитание, которое мы получали дома, в школе, институте.

Об этом знали немногие

В 80-е годы в Научно-производственном объединении "Хартрон" была выполнена одна из самых масштабных разработок - система управления сверхтяжелой ракеты-носителя "Энергия", а на объединении "Киевский радиозавод" 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" (15.05.1987 г.) и с космическим кораблем "Буран" (15.07.1988 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. Генеральным директором ПО "Южный машиностроительный завод" в это время (с 1986 г.) стал Леонид Данилович Кучма. Ему непосредственно пришлось заниматься рождением этого комплекса. Это было уже непростое время, начала сказываться "перестройка": упала дисциплина поставок, снизилось качество комплектующих. Несмотря на это все встречи с Леонидом Даниловичем всегда были спокойными, а наши проблемы воспринимались с пониманием. 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 г. - начало летных испытаний, март 1988 г. - завершение этих испытаний, август 1988 г. - принятие комплекса на вооружение. Но не все знают, что к началу 1987 г. 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 "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 г. группа приступила к работе. Трудились 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 к минимуму, качество работ не пострадало, документация для серийного производства была готова во время. Леонид Данилович попросил ускорить поставки аппаратуры для первых систем управления. Уже в конце 1987 г. 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) стало освоение и организация серийного производства системы управления ракетного комплекса морского базирования ЗМЗ7. 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 в состав собственно ракеты и 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 1975-1976 год. Это был период освоения новых мощностей, нового оборудования и очередной набор молодых специалистов, подготовка и переподготовка кадров. Среди специалистов, которые в те годы прошли хорошую школу, были Валерий Георгиевич Комаров - первый заместитель генерального директора Национального космического агентства Украины, Владимир Кузьмич Валяев, проработавший долгое время заместителем главного инженера, заместителем генерального директора производственного объединения "Киевский радиозавод", в настоящее время - вице-президент ассоциации "Укрaviaпром", Петр Иванович Подоплелов - директор Научно-производственного комплекса "Курс", Сергей Дмитриевич Черюканов - главный инженер государственного предприятия "Киевский радиозавод".

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 г. была выведена на орбиту с бортовой машиной "Аргон-12С" производства московского предприятия. Она решала минимальные задачи по управлению станцией и не была 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 стояла 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) Геннадий Яковлевич Гуськов со своими специалистами-разработчиками бортовой машины "Салют-5". Министр С.А. Афанасьев 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" Юрия Павловича Семенова и его "управленцев" во главе с Владимиром Николаевичем Бранцем обеспечили в конечном итоге успех.

С тех пор прошло много времени, машина "Аргон-12С" была заменена космонавтами на машину "Салют-5", доставленную на борт станции грузовым кораблем "Прогресс". Сегодня работает уже пятая версия программного обеспечения машины "Салют-5", обеспечивая устойчивую работу сложной конфигурации космического комплекса, набранного из станции "Мир" и состыкованных с ней функциональных модулей и прилетающего американского челнока. Двести сорок тонн - такой общий вес удерживаемого в космическом пространстве объекта маленькой бортовой вычислительной машиной весом в двадцать один килограмм.

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 в интересах космических аппаратов.

Не менее напряженно и драматически развивались события вокруг аппаратуры сближения и стыковки "Курс". Еще до передачи документации на серийное предприятие в министерстве произошло разделение приборного главка на два главных управления: систем управления и радиотехнических систем. Разработчик аппаратуры "Курс", как радиотехнического комплекса, оказался в главке радиотехнических систем. "Киевский радиозавод" - в главке систем управления. На имя министра из главка ушла докладная с просьбой освободить завод от освоения аппаратуры "Курс", приводились доводы предстоящей серьезной загрузки системами управления. 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 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).

Продолжаются работы по станции "Мир" уже в рамках межгосударственной космической программы с Россией, ведется изготовление аппаратуры стыковки космических объектов "Курс" в интересах Государственного космического научно-производственного Центра им. М.В. Хруничева (Москва) по проекту "Международная космическая станция".

"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".

Немного о "родителях"

Из большого коллектива людей, создававших бортовые ЭВМ и обеспечивающих их серийный выпуск, следует выделить двух - Анатолия Ивановича Кривоносова ("Хартрон") и Бориса Емельяновича Василенко ("Киевский радиозавод"). Первый отвечал за разработку ЭВМ, второй за

работы, связанные с переходом от опытного образца к серийно выпускаемой машине. И то и другое было труднейшим делом, и надо отдать должное обоим - своим примером в работе, глубокими знаниями, четкой организацией работ они увлекли работающие с ними коллективы и сумели получить выдающиеся результаты.

Чтобы дополнить рассказ Анатолия Ивановича Кривоносова, автор попросил Бориса Емельяновича Василенко коротко высказаться о самом Анатолии Ивановиче. Вот что он сообщил.

"Мое знакомство с Анатолием Ивановичем Кривоносовым произошло в 60-х годах. К этому времени у нас в производственном объединении "Киевский радиозавод" уже был опыт работы с феррит-транзисторными ячейками, и мы приступили к созданию своей собственной аппаратуры для ракетных систем. Одновременно осваивали бортовую аппаратуру для систем управления, разработанных в научно-производственном объединении "Хартрон". Проблемы, которые появлялись при освоении этой техники, были хорошо понятны нам, поэтому мы быстро нашли взаимопонимание с коллективом разработчиков Анатолия Ивановича. Хотя вначале не все было просто: мы как представители серийного предприятия по многим вопросам выступили как оппоненты разработчикам, и это вызывало определенное раздражение. Но, когда обе стороны убедились в выгодности такого взаимодействия, наступило взаимопонимание, а качество аппаратуры только выигрывало.

А.И. Кривоносов прекрасно разбирался в вычислительной технике и старался использовать все новое, что появлялось в этой области. Очередная бортовая ЭВМ только начинала осваиваться на нашем предприятии, а он уже готовил следующую. Как главный конструктор вычислительных средств, он отвечал за выбор элементной базы, схемных и конструктивных решений, источников питания, памяти, технологии изготовления и многих других компонентов аппаратуры. При разработке и освоении бортовых вычислительных машин, когда вся остальная аппаратура, расположенная на борту и на земле, должна быть увязана с ней конструктивным и программным способом, - это было не простой задачей. На плечи молодого начальника комплекса, а затем заместителя главного конструктора научно-производственного объединения "Хартрон" легла очень большая ответственность. Многие работы с Министерством электронной промышленности по созданию, совершенствованию и доведению до требуемого уровня надежности элементной базы (интегральных микросхем, транзисторов, специальных микросборок и др.) были инициированы и выполнялись Анатолием Ивановичем и его коллективом.

Одной из характерных черт Анатолия Ивановича была высокая требовательность к себе. Те, кто с ним работал, должны были отлично знать особенности разрабатываемой техники и возникающие при этом проблемы. С теми, кто не знал технического существа вопроса, он не тратил времени на разговоры. В этом плане Анатолий Иванович был

жестким человеком и одинаково твердо требовал четких решений как у себя в организации, так и на коллегии министерства, у смежников и потребителей аппаратуры, у заказчика.

Появление Анатолия Ивановича на нашем предприятии позволяло быстро решать многие вопросы, он с большим вниманием относился к нашим предложениям по совершенствованию аппаратуры, обеспечению ее серийности, снижению трудоемкости, повышению качества. Но он был безжалостен к нарушению технологической дисциплины в производстве и "долбал" нас до тех пор, пока тот или иной вопрос не закрывался капитально.

Производственные дела, технические проблемы не развели мосты между нами лично, наоборот мы подружились, стали больше доверять друг другу, вместе искать решения сложных вопросов. Такие взаимоотношения мы поддерживаем и сейчас".

Автору остается добавить, что Анатолий Иванович родился в 1936 г. в Харькове, в 1959 г. окончил Харьковский политехнический институт по специальности "электрические машины и аппараты" и с этого времени стал работать в "Хартроне". Прошел путь от инженера до главного конструктора. Анатолий Иванович - доктор технических наук, лауреат Ленинской премии, Государственной премии УССР, награжден орденом Трудового Красного Знамени. В настоящее время он является генеральным директором и главным конструктором научно-производственного предприятия "Хартрон-Дельта" ЛТД.

Творческая и производственная деятельность второго "родителя" бортовых ЭВМ Бориса Емельяновича Василенко тесно связана с производственным объединением "Киевский радиозавод", которому он отдал почти сорок лет жизни.

Он родился в 1935 г. в г. Артем (Донбасс) в семье участника Великой Отечественной войны. В 1950 г. окончил Таганрогский радиотехнический институт. В этом же году стал работать инженером на "Киевском радиозаводе". Последние двадцать лет (1976-1995 гг.) был главным инженером - первым заместителем генерального директора Д.Г. Топчия. С первых дней его работа была связана с цифровой вычислительной техникой. Он был инициатором создания первой на заводе ЭВМ на феррит-транзисторных элементах, затем разрабатывал счетно-решающие устройства для первых ракетных комплексов и, наконец, "доводил" до серийного выпуска бортовые ЭВМ, спроектированные в "Хартроне" и в других организациях".

Его воспоминания об этой работе, приведенные выше, говорят лишь о части огромного труда, вложенного этим человеком в создание ракетных комплексов. О нем, как о человеке, очень точно сказал автору Е.И. Брюхович, работавший в лаборатории Бориса Емельяновича: "Он редкой душевной красоты человек, большая умница и талантливый инженер". Это сказано о молодом Василенко. А с годами приходил опыт, новые знания, организационные навыки. Двадцать лет совместной работы

генерального директора Д.Г. Топчия и его заместителя и главного инженера завода Б.Е. Василенко были наиболее плодотворными в истории развития предприятия, оно стало одним из ведущих в ракетной промышленности.

Борис Емельянович - человек исключительной скромности. Это я почувствовал во время бесед с ним при подготовке книги. А ведь он один из тех, чей труд способствовал начавшемуся процессу разоружения. В одном из разговоров он сказал: "За несколько дней до переговоров Горбачева с Рейганом в Рейкьявике наша ракета ("Сатана"), выпустив десять разделившихся боеголовок, пролетела над Гавайскими островами, чтобы американцы знали, с кем имеют дело"!

Лучшая оценка деятельности главного инженера - это доверие и высокая оценка главных конструкторов ракетных комплексов, бортовых ЭВМ и других изделий, передающих свое детище серийному заводу. Все они - В.Г. Сергеев, А.И. Кривонос, Я.Е. Айзенберг, Г.И. Лящев, А.С. Гончар (Харьков), В.Ф. Уткин, С.Н. Конюхов, С.И. Ус (Днепропетровск), А.И. Гудименко, И.В. Бортовой, П.И. Подоплелов (Киев), Ю.П. Семенов, В.П. Легостаев, Н.И. Зеленщиков, В.Н. Бранц, А.Н. Семихатов, Г.Я. Гуськов, С.А. Моргулев (Россия) и многие другие главные конструктора, с которыми плодотворно трудился Борис Емельянович Василенко при отработке ракетных и космических систем, благодарны этому человеку за его трудовой подвиг.

Б.Е. Василенко лауреат Государственной премии СССР, награжден орденами Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени, заслуженный машиностроитель Украины.

В настоящее время работает главным специалистом Национального космического агентства Украины.