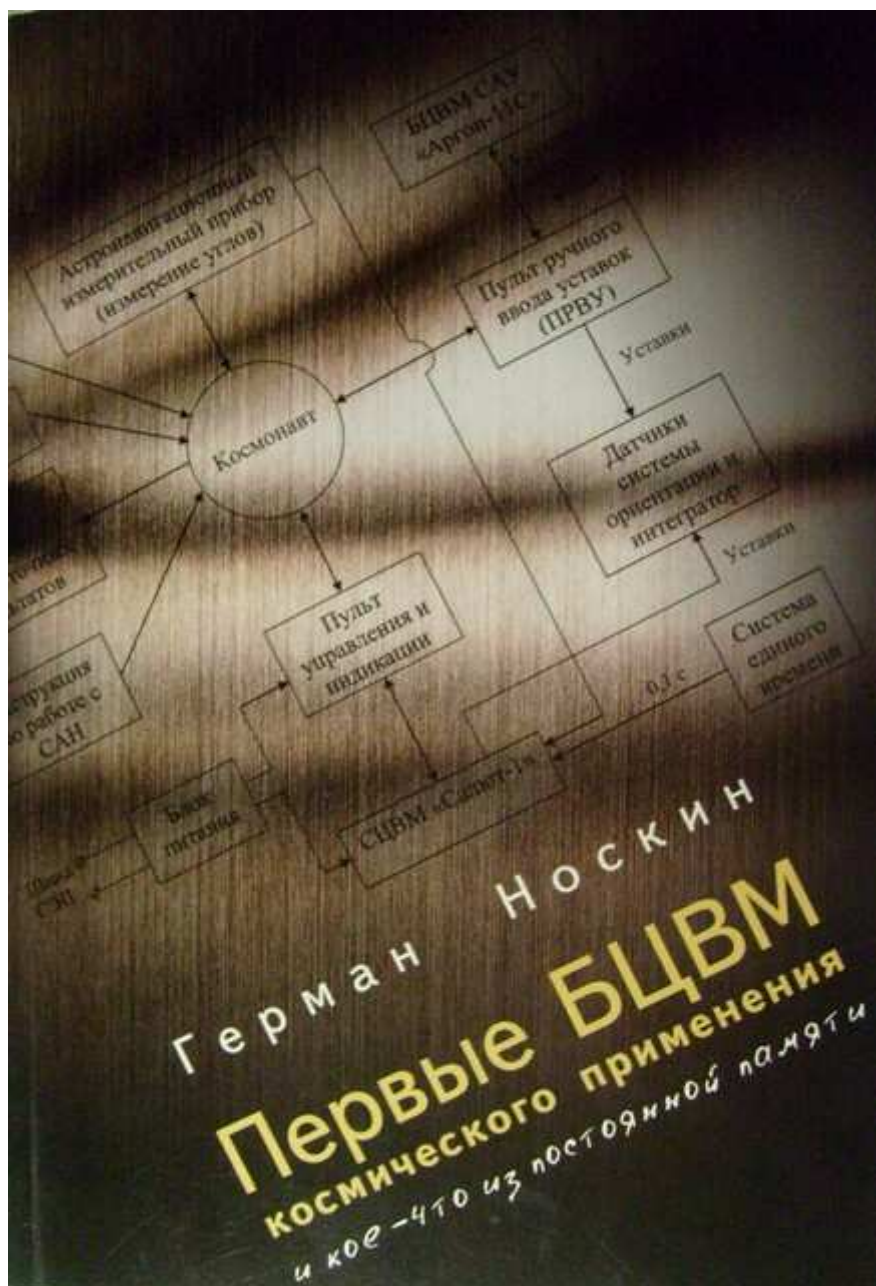


Герман Носкин

## Первые БЦВМ космического применения и кое-что из постоянной памяти



СПб.: Реноме, 2011, — 264 с.

ISBN 978-5-91918-093-7

В книге отражены события, документальные материалы и авторские воспоминания 60–90-х годов прошлого столетия, связанные со становлением и развитием нового направления космической техники — бортовых вычислительных машин для пилотируемых космических аппаратов, создаваемых в ОКБ С. П. Королёва (ныне ОАО РКК «Энергия» им. С. П. Королёва). Книга адресована молодому поколению специалистов, работающих в ракетно-космической области, а также кругу читателей, интересующихся историей создания отечественной техники.

Контактный E-mail автора: [ngerman@korolev-net.ru](mailto:ngerman@korolev-net.ru)

## Об авторе

**Носкин Герман Вениаминович** родился в г.Улан-Удэ в 1932 г.

После окончания Ленинградского электротехнического института им.В.И.Ульянова (Ленина) в 1955 г. по специальности «электронная техника» был распределен на работу в ЦНИИ-58 в Калининград Московской области (ныне г.Королёв), где главным конструктором был В.Г.Грабин. Начал свой производственный путь с участия в разработке и изготовлении ядерных энергетических и экспериментальных установок. В 1959 г. после объединения ЦНИИ-58 с ОКБ-1 С.П.Королёва, став начальником лаборатории, активно включился в космическую тематику предприятия: принимал участие в создании систем управления первых межпланетных кораблей к Марсу и Венере; в течение 25 лет был руководителем и непосредственным участником разработок БЦВМ и других приборов для космических кораблей лунной программы и долговременных орбитальных станций. При создании многофазовой транспортной космической системы (МТКС) совместно со своим и смежными коллективами обеспечивал разработку системы отображения и ручного управления орбитального корабля «Буран». В настоящее время в должности ведущего научного сотрудника ОАО РКК «Энергия» им.С.П.Королёва участвует в разработке бортовых и наземных систем различных космических аппаратов. Кандидат технических наук.



*Г. В. Носкин, Б. Е. Черток, В. П. Хорунов  
на торжественном собрании в РКК «Энергия»,  
посвященном 100-летию С. П. Королёва*

## Предисловие

Труд Г.В.Носкина закрывает белое пятно в истории отечественной космонавтики. Впервые появилась возможность ознакомиться с ранее совершенно закрытой деятельностью по разработке бортовых ЦВМ и вычислительных систем для космических аппаратов, разрабатываемых в ОКБ-1 (ЦКБЭМ, НПО «Энергия»).

Внедрение БЦВМ и переход на цифровую технику в управлении ракетно-космическими комплексами — это, можно сказать, процесс революционный не только в технике, но и, главное, в головах и психологии создателей систем управления и проектантов космических кораблей или ракет в целом.

Системное мышление разработчиков цифровых систем — идея, которая должна овладеть массами, и в первую очередь руководителями, чтобы стать материальной движущей силой.

Нелегкие процессы овладения идеей «БЦВМ и цифровые системы» хорошо прослеживаются в книге.

Правдивость и документальность материалов и событий, представленных в книге, являются большим ее достоинством.

Особую ценность представляют материалы, относящиеся к периоду создания отечественных лунных кораблей Л1 и Л3, когда Сергей Павлович Королев рассмотрел и одобрил предложение по созданию первой системы автономной навигации космического корабля Л1 на базе бортовой вычислительной машины в микроэлектронном исполнении, разработанной и изготовленной по техническому заданию ОКБ-1 в НИИ микроприборов и позже получившей название «Салют-1».

Содержание книги дает представление о том, какими методами специалисты-энтузиасты электронно-космической техники справлялись с труднейшими проблемами в условиях мобилизационной экономики. В этом отношении книга представляет интерес для специалистов многих новых технологических направлений.

Один из важных выводов по излагаемой в книге истории — современная космонавтика опирается на экономику страны и достижения в других смежных областях техники, на компетентных, талантливых, инициативных и преданных делу руководителей и специалистов. И, безусловно, залогом успеха являются четко сформулированные цели и задачи, оправдывающие в конечном счете большие людские и материальные затраты.

В книге Г.В.Носкина это наглядно показано.

*Академик РАН  
Б.Е. Черток*

## От автора

Представленная читателю книга — не роман и не повесть, а, скорее, развернутый документ событий, впечатлений и размышлений, связанных со становлением и непростым развитием в отечественной космонавтике нового направления в системах управления и навигации, основанного на применении цифровой электроники и бортовых вычислительных машин, непосредственным участником которых был автор.

В основу книги положены проекты в области освоения космического пространства, выполнявшиеся в стране и на головном предприятии космической отрасли страны — ОКБ-1, основателем которого был С.П.Королев (в дальнейшем ЦКБЭМ, НПО «Энергия», ОАО РКК «Энергия» им. С.П.Королева).

Книга основана на реальных документах, в том числе и тех, которые не могли быть ранее опубликованы, хронологических дневниковых записях и извлечениях из памяти автора, бесед с немногочисленными участниками работ и событий того времени, а также опубликованных материалах людей, создававших вычислительную технику на других предприятиях ракетно-космической отрасли.

Любое новое техническое направление всегда связано не только с выбором конкретных путей реализации, но и с формированием новых коллективов, рождением свежих идей и борьбой мнений, часто перерастающих в противоборство личностей и коллективов.

В такой гуще технических и жизненных вопросов варился и автор воспоминаний. Это нашло отражение в книге, в которую, несмотря на документальность, вошли некоторые захватывающие драматические и малоизвестные события, интересные не только специалистам, но и широкому кругу читателей.

Трудовая деятельность коллективов закрытых предприятий, впрочем как и открытых, особенно в советское время, была очень тесно связана с непроизводственной жизнью и судьбами отдельных людей. Коллективизм проявлялся во всем. Были радости трудовых побед и горести поражений, рождения детей и уходы из жизни сотрудников, служебные романы, мобилизации на уборку урожаев в колхозы, бурные застолья и сборы, проводы в космонавты и встречи после возвращения из космоса и многое другое, с чем идет человек по жизни. Эта часть нашего бытия осталась в воспоминаниях, фотографиях, стенгазетах, статьях к праздникам и юбилеям. Все это интересно и, может быть, появится в какой-то литературной форме, но это будет другой труд.

Представленные в книге фактические материалы в виде докладных, писем, актов и фотографий относятся в основном к технической канве труда, но тем не менее автор пытался отразить на фактах напряженность производственной атмосферы тех лет, преданность делу, постоянное стремление поиска новых путей в решении стоящих проблем и задач, самоотверженность в работе коллективов и отдельных людей, что и было основой успехов.

В заключение хочу отдать должное памяти сотрудников ОКБ-1, отдавших много сил и энергии делу становления бортовой вычислительной техники: А.А.Шустову, С.С.Лаврову, Н.Н.Рукавишникову, К.К.Чернышеву, Е.Д.Васенкову, И.А.Сосновику, Р.И.Казаринову, Ю.С.Карпову, Е.А.Башкину, Б.А.Пряхину, В.Ф.Глазневу, М.А.Борисовой, проектантам космических аппаратов, которые под руководством М.К.Тихонравова, К.П.Феоктистова, Г.Ю.Максимова сами были инициаторами

смелых и революционных идей в космонавтике, оказывая нам, более, молодым, поддержку и доверие в наших начинаниях.

Надо вспомнить наших смежников — руководителей и разработчиков бортовых вычислительных комплексов Г.Я.Гуськова, А.С.Новожилова, Ю.Б.Глазкова, Б.Ф.Высоцкого, М.Ф.Поликанова, А.Н.Флоровского (НИИМП и НПО «ЭЛАС»), С.А.Крутовских (НИЭМ), З.А.Иоффе, В.И.Кибкало (ЦНИИ-30 ВВС).

И.Ц.Гальперина, М.А.Качарова (НИИАП), обеспечивавших в течение длительного времени разработку и создание вычислительных средств космического применения. Большой и неоценимый вклад в становление космической микроэлектроники внес бывший директор НИИМП ныне здравствующий И.Н.Букреев.

Хочу подчеркнуть особую роль и большой вклад академика Б.Е.Чертока — заместителя С.П.Королева в организации работ в ОКБ-1 по бортовым цифровым приборам и БЦВМ для космических аппаратов в 60-е годы. В последующие годы в течение нескольких десятилетий работы в НПО «Энергия» (ОАО РКК «Энергия» им. С.П.Королева) по цифровым системам также велись под его руководством и при непосредственном участии.

Следует отметить серьезный вклад в применение БЦВМ на пилотируемых космических аппаратах в системах автономной навигации и управления движением, который внесли академики Б.В.Раушенбах, В.П.Легостаев, д.ф-м.н. Э.В.Гаушус, В.Н.Бранец, академик Т.М.Энеев (ИПМ РАН).

Хочу выразить признательность продолжающим активно работать в РКК «Энергия» моим коллегам по созданию первых вычислительных систем и БЦВМ В.А.Шарову, П.П.Масенко, Ю.В.Стишеву, а также испытателям первых цифровых систем на космических аппаратах С.А.Агафонову, М.Н.Турчину, яркие воспоминания которых и, главное, их дела вошли в книгу.

Особая благодарность М.Н.Турчину, который, будучи непосредственным участником работ по подготовке и испытанию систем автономной навигации и систем управления лунных кораблей Л1 и орбитальных станций, где нашли применение первые БЦВМ, проявил интерес к этой книге и, имея богатый опыт в подготовке книг по космической тематике, взял на себя большой труд по редактированию и подготовке книги к печати.

## Начало

Историческим аспектам создания бортовых цифровых вычислительных машин (БЦВМ), особенно авиационных и морских, за последние годы был посвящен ряд публикаций. Что касается разработки БЦВМ для космических аппаратов, тут имеется существенный пробел.

В книге Б.Е.Чертока «Ракеты и люди» эта тема не нашла освещения, но в приведенном ниже абзаце книги «Лунная гонка» подчеркнута важность темы:

Для революционного скачка в технике систем управления оставалось решить самую трудную по тем временам проблему: где взять хорошую бортовую вычислительную машину? История создания бортовых вычислительных машин увлекательна и поучительна. Но ее изложение требует особого места и времени. Бортовые вычислительные машины за последние 25 лет настолько органично вписались в структуру систем управления космическими аппаратами, что молодой специалист, начинающий работать в нашей области, не представляет, как вообще можно было летать без них.

Рассказать современному поколению специалистов, работающих в космической отрасли, как создавалась очевидная теперь бортовая вычислительная техника, — это и есть главная задача моего повествования.

Не соглашусь с поставленным Борисом Евсеевичем вопросом. Первоначально вопрос стоял не о хорошей бортовой вычислительной машине, а вообще о вычислительной машине с минимальными характеристиками, которую можно было бы создать в заданные сроки и установить на борт космического аппарата. Выбора не было.

В истории создания первых БЦВМ следует прояснить и аспект, касающийся роли и участия в становлении космических БЦВМ Филиппа Георгиевича Староса, Иосифа Вениаминовича Берга и возглавляемого ими в 60-е годы КБ-2 в Ленинграде. В последние годы об этих людях, сложным путем приехавших в СССР из Америки, появилось немало публикаций, на отечественном телевидении снято несколько фильмов, а известный писатель Даниил Гранин по мотивам их непростых судеб написал роман «Бегство в Россию». В некоторых материалах упоминалось, что они делали бортовые ЦВМ для Королева и Туполева.

В силу закрытости и относительной давности истинные события тех лет, касающиеся участия этих людей в создании БЦВМ для космической техники, либо вообще не нашли отражения в открытой отечественной и зарубежной печати, либо искажены людьми, практически к ним не причастными.

В связи с этим автор настоящего изложения, как непосредственный и, можно сказать, активный участник рождения космических БЦВМ, решил восполнить этот пробел, а заодно и восстановить историческую правду событий тех лет.

В ОКБ С.П.Королева начало разработки бортовых цифровых устройств для космических аппаратов (КА) относится к 1958 году, когда появилась объективная потребность создания средств программно-логического управления сложными системами проектируемых КА, в том числе для полетов с человеком (экипажем) на борту, а также специальных КА военного применения.

Эти разработки в комплексе Б.Е.Чертока под руководством А.А.Шустова, И.А.Сосновика, а с 1961 года — Г.В.Носкина в конечном итоге завершились созданием целого ряда цифровых программно-временных и вычислительных



устройств типа «Гранит» (все КА «Восток», «Восход»), «Ритм» (все КА «Зенит»), «Ранет» (КА «Молния-1»), ПВУ (для всех орбитальных и спускаемых межпланетных КА 2МВ, 3МВ, 4МВ).

Все устройства были разработаны на потенциальной полупроводниковой и импульсной феррит-транзисторной технике, практически серийно и продолжительное время выпускались на заводе ОКБ-1 и на смежных заводах даже тогда, когда ряд космических аппаратов по инициативе С.П.Королева передали на другие предприятия. Все упомянутые устройства были специализированные, с жесткими или вводимыми по радиолинии программами.

Но ступенью к созданию бортовых ЭВМ универсального типа, конечно, были первые «наземные» вычислительные ЭВМ, разработанные для расчетов в новых отраслях науки и техники. И многие специалисты, получившие опыт в создании и эксплуатации таких ЭВМ, стали участниками создания и бортовых вычислительных машин.

В связи с этим немного коснусь исторических аспектов появления наземных ЭВМ в ОКБ-1, потому что первоначальная структура, идеология построения, базовое программное обеспечение и терминология при создании бортовых ЭВМ во многом брались с этих наземных ЭВМ.

В начале и середине 50-х годов атомная бомба и атомная промышленность, а также развивающаяся ракетная техника превратились в системные факторы, доминирующие в политической научном и промышленном отношениях. Эти факторы буквально взрывным образом толкали новые направления в науке и технике. В частности, они определили и развитие вычислительной техники в мире (в основном в США) и в СССР. В стране началось довольно интенсивное создание средств вычислительной техники и программирования, крайне необходимых для ускорения огромного объема вычислительных работ в многочисленных закрытых ядерных центрах и на предприятиях, создающих ядерное оружие, ядерные реакторы и ракетную технику. В этот период были разработаны и начали эксплуатироваться цифровые электронные вычислительные машины (ЦЭВМ) М-2, МЭСМ, «Стрела», БЭСМ «Урал-1», М-20.

В единичных экземплярах были созданы ламповые ЭВМ М-1 (группа молодых специалистов под руководством члена-корреспондента АН СССР И.С.Брука в лаборатории электросистем Энергетического института им.Г.М.Кржижановского) и М-2 (там же, но уже с главным конструктором М.А.Карцевым), МЭСМ, БЭСМ (под руководством С.А.Лебедева), на которых круглосуточно выполнялись работы по важным секретным работам. В Москве в СКБ-245, созданном на базе завода САМ, с 1950 года под руководством также И.С.Брука начались разработки ЭВМ. Вскоре здесь была создана ЭВМ «Стрела», руководство разработкой которой наряду с И.С.Бруком осуществлял Б.И.Рамеев. ЭВМ «Стрела» стала первой машиной, освоенной в промышленном производстве в СССР. Было изготовлено семь комплектов, которые практически все были направлены в Институт прикладной математики, проводивший расчеты важнейших задач по ядерной и ракетной тематике. Конечно, ЭВМ создавались молодыми коллективами энтузиастов, окрыленных стоящей целью, под руководством более опытных специалистов. Выдающийся инженер, а в дальнейшем создатель в 80-х годах самых быстродействующих ЭВМ в мире (М-10, М-13 в системе ПРО страны), руководитель научно-исследовательского института вычислительных комплексов (НИИВК) Михаил Александрович Карцев вспоминал о том времени:

В 1950 году в лабораторию электросистем Энергетического института АН СССР им. Г.М.Кржижановского, которую возглавлял член-корреспондент АН СССР Исаак Семенович Брук, начали собираться молодые люди, для того чтобы поднимать советскую вычислительную технику. Первым дипломированным специалистом среди нас был Николай Яковлевич Матюхин — молодой специалист, окончивший МЭИ весной 1950 года, и вокруг него было несколько дипломников из МЭИ, МАИ, из Горьковского государственного университета. А я, инженер-недоучка, студент 5-го курса МЭИ, поступил по совместительству. Всего нас было человек десять. Никто из нас до прихода в лабораторию электросистем не только не был специалистом по вычислительной технике, но даже не знал, что может быть электронная вычислительная система и что такое вообще возможно. Такими-то силами мы начали делать одну из первых советских вычислительных машин — вычислительную машину М-1. Может быть, это было нахальством с нашей стороны, но точно не было халтурой.

Вычислительная техника была очень нужна и коллективу ЦНИИ-58, которым руководил знаменитый создатель артиллерийского вооружения генерал-полковник Василий Гаврилович Грабин (в 1959 году ЦНИИ-58 был присоединен к ОКБ-1 С.П.Королева), куда я был направлен на работу в 1956 году по распределению после окончания Ленинградского Электротехнического института им. В.И.Ульянова (Ленина). Но с обеспечением этой техникой в стране была «напряженка». Выход, если можно сказать, в ЦНИИ-58 был найден в следующем. В 1955 году СКБ-245 вслед за ЭВМ «Стрела» была разработана ЭВМ «Урал-1», переданная в Пензенский филиал этого СКВ для доработки с дальнейшим выпуском на выделенном для серийного производства пензенском заводе. Главный конструктор этой ЭВМ Б.И.Рамеев понимал, что многим предприятиям срочно нужна ЭВМ, и не только для выполнения конкретных вычислительных работ, но и для обучения и подготовки специалистов в этой новой области. ЭВМ «Урал-1» была ламповой машиной для инженерного применения с очень скромными даже по тем временам характеристиками: одноадресная, 36-разрядная с фиксированной запятой, с оперативным запоминающим устройством (ЗУ) на магнитном барабане на 1024 36-разрядных слов и дополнительным ЗУ на магнитной ленте на 40 тысяч слов. Среднее быстродействие ЭВМ составляло 100 операций в секунду. Мощность ЭВМ — 10 кВт, площадь размещения — 75 м<sup>2</sup>.

ЭВМ «Урал-1» была передана в серийное производство, и в обозримом будущем ее можно было получить, заняв очередь, которая уже была трехгодичной. Однако оказалось, что получить ЭВМ с пензенского завода можно значительно раньше. Условием такого получения являлось направление на завод бригады специалистов для участия в сборке и настройке выделенного комплекта ЭВМ.

По указанию В.Г.Грабина такая группа молодых сотрудников института была оперативно сформирована в августе 1957 года. В нее вошли молодые инженеры научно-исследовательского бюро (НИБ) института: Борис Пряхин, Николай Рукавишников, Леонид Мезенов, уже немолодой инженер Геннадий Иванович Макаров, техник Александр Шпагин, один монтажник с завода, и, когда бригада уже начала работать в Пензе, к бригаде присоединился вернувшийся из советской армии техник Юрий Стишёв.





*Бригада настройки ЭВМ Урал-1 в г.Пензе:*

*Л.Мезенов, Б.Пряхин, Н.Рукавишников, вверху Ю.Стишёнв, А.Шпагин*

Руководителем командированной бригады был назначен Пряхин — специалист по приборам автоматики, окончивший Свердловский политехнический институт в 1954 году. Также выбор пал на Л.Мезенова и Н.Рукавишникова — двух молодых специалистов из МИФИ, поскольку эти инженеры были из тех немногих, кто в МИФИ слушал лекции по цифровой вычислительной технике, которые там прочитал студентам и преподавателям будущий главный конструктор ЭВМ «Урал-1» Б.И.Рамеев. Такие курсы в то время читались только в МИФИ и МЭИ.

Бригада в течение 10 месяцев проработала на пензенском заводе, целиком собрала и сдала под настройку ЭВМ. Благодаря ее самоотверженной работе менее чем через год ЦНИИ-58 получил не только ЭВМ «Урал-1» с порядковым номером 48 (к 1961 году их было выпущено 183 комплекта), но и подготовленных к ее эксплуатации специалистов.

ЭВМ «Урал-1» была не только заметным явлением в развитии отечественной вычислительной техники того времени, но и приобрела известность за рубежом.

В связи с этим можно привести такой забавный факт. Один из основателей корпорации «Майкрософт», американец венгерского происхождения, миллиардер Чарльз Симони, побывавший на Международной космической станции (МКС) в апреле 2007 года, в качестве амулета на счастье, отправляясь на орбиту на российском корабле «Союз», взял с собой бумажную ленту от советской ЭВМ «Урал-1». Видимо, начало его успешной карьеры в области вычислительной техники было связано с работой именно на ЭВМ «Урал-1».

У нас на этой ЭВМ выросла группа программистов: В.А.Степанов, Ж.И.Минаева-Берг, А.Г.Ярошенко и другие, ставшие после объединения с ОКБ-1 ведущими программистами предприятия.

В ОКБ-1 в начале 1959 года тоже поступила первая цифровая ЭВМ. Это была ЭВМ М-20, разработанная в ИТМ и ВТ АН СССР под руководством С.А.Лебедева и запущенная в серийное производство на московском СКБ-245.

ЭВМ М-20 также была построена на ламповой технике, но по своим характеристикам, особенно по быстродействию, существенно превосходила ЭВМ «Урал-1».

Её быстродействие составляло около 20 тысяч операций в секунду, что было тогда высшим мировым достижением, превосходящим по этой характеристике лучшую американскую ЭВМ «Норк».

В августе 1959 года, как раз в период объединения ЦНИИ-58 с ОКБ-1, на ЭВМ М-20 в отделе баллистики под руководством начальника отдела С.С.Лаврова производились пуско-наладочные работы, и программисты с «Урала-1» были привлечены к этим работам. А в марте 1960 года Владимир Степанов уже был назначен руководителем группы программистов, обеспечивающих работу всех ЭВМ ОКБ-1.

Николай Рукавишников после возвращения из Пензы включился в разработку аппаратуры систем управления и защиты ядерных экспериментальных реакторов (СУЗ ЯЭР) в НИБ. В этом сказалась черта его характера — не мог он долго сидеть на одном деле, если на этом участке для него не оставалось новых задач и проблем.

Задача создания бортовых систем управления на базе применения ЦВМ была впервые поставлена в ОКБ-1 в 1959 году перед лабораторией Г.Носкина и рассматривалась применительно к управлению перспективными КА с ядерной энергетической установкой (ЯЭУ), разрабатываемой в ОКБ-1 после слияния с ЦНИИ-58.

Немного остановлюсь на нашем «ядерном» прошлом.

Ядерная тематика в ЦНИИ-58 занимала существенное место, а лаборатория Б.В.Никитина (впоследствии моя) с 1957 по 1959 год приобрела уже практический опыт разработки, изготовления и установки в Обнинске аппаратуры систем управления и контроля четырех экспериментальных ядерных реакторов на быстрых нейтронах.

Тогда технические задания на проектирование экспериментальных ядерных реакторов (ЭЯР) и других реакторов на быстрых нейтронах исходили из отдела Александра Ильича Лейпунского, который в Институте ядерной физики в Обнинске был научным руководителем программы создания ядерных реакторов на быстрых нейтронах и с 1949 года возглавил отдел по реакторам этого типа. В этом перспективном направлении ядерной техники и энергетики отдел А.И.Лейпунского впервые в мире создавал теоретические и научные основы. Но развитие этого направления требовало создания и совершенно новой экспериментальной базы, новых материалов, новых инженерных и конструкторских решений. Направление ядерной энергетики на быстрых нейтронах сулило также возможность создания малогабаритных ядерных установок, пригодных для использования в авиационной и ракетно-космической технике.

Под руководством А.И.Лейпунского в декабре 1955 года был пущен первый в мире экспериментальный реактор на быстрых нейтронах. В научном мире это событие было равно пуску первой и атомной станции на «тепловых» нейтронах, но, в силу особой секретности, совершенно неизвестно в общественных кругах страны. В создании этого реактора успешно принимали участие ведущие конструкторы ЦНИИ-

58, а сама работа над элементами реактора выполнялась по личной инициативе В.Г.Грабина, с которой он выступил перед руководителем спецкомитета по ядерным вопросам Б.Л.Ванниковым. Это говорит о дальновидности Грабина и его понимании того, что квалифицированные конструкторские кадры института могут найти успешное применение в новых развивающихся в стране областях техники.

Благодаря высокой квалификации конструкторов КБ и их тесного содружества с молодым пополнением специалистов, получивших образование в новых научных и инженерных дисциплинах, удалось в кратчайшие сроки разработать и воплотить в действие узлы, системы, уникальные экспериментальные стенды и ядерные установки, ставшие базой для развития этого направления в стране.

Система управления и защиты ядерных реакторов должна была включать в свой состав целый комплекс приборов, в том числе работающих в активной зоне реактора, обеспечивающих контроль состояния реактора по уровню потока нейтронов, выработку сигналов и команд аварийной защиты при превышении заданного уровня мощности реактора, автоматический пуск, выход на данный уровень и длительное поддержание мощности реактора.

Измерение потока нейтронов, начиная от нулевого уровня до заданного, должно было перекрывать диапазон в 9 десятичных порядков. Уже одна эта задача требовала поиска новых аппаратных решений, которые были найдены и воплощены в разработанной аппаратуре.

Молодому коллективу предстояло не только создавать схемотехнику аппаратуры, работающей в условиях радиоактивного излучения, но и заниматься конструированием приборов вместе с конструкторами, для которых такая работа тоже была в новинку. Собственно, на начальном этапе работы мы все схемные и конструкторские проблемы штурмовали сообща, объединяя свои коллективные знания и интуицию (она тоже помогала) в разработку конкретных решений.

Испытания и предварительные пуско-наладочные работы проводили в основном во вторую смену или ночью, потому что днем дефицитное время на реакторах занимали специалисты ИЯФ. Поэтому примерно годичное пребывание в Обнинске с середины 1958 года и до мая 1960 года осталось в памяти как непрерывный калейдоскоп: ночная работа — поход в гостиницу — расслабление (редкое) — краткий сон — поход на работу. Но мы на эти особенности пребывания в командировке не жаловались, было очень интересно, и мы сознавали, что делали крайне серьезное и нужное дело, первую большую работу в нашей жизни. И даже маленький успех, и тем более большой, например сдача очередного комплекта СУЗ-ов реактора, приносили чувство удовлетворения от завершения трудной работы, ощущение более приятное, чем, например, после сдачи тяжелого экзамена в институте. Потому что работа эта была очень ответственная, востребованная и являлась плодом напряженного, но уже коллективного труда.

Всего за время работы в ЦНИИ-58 было разработано с выпуском эскизной конструкторской документации, изготовлено в экспериментальной мастерской отдела, доставлено в Обнинск грузовым транспортом «под ружьем», смонтировано и сдано в эксплуатацию четыре комплекта аппаратуры СУЗ для 4-ядерных реакторов. Из этой аппаратуры примерно 70% было унифицированной для всех реакторов, остальная часть для каждого реактора разрабатывалась по отдельным ТЗ.

Все наши разработки СУЗ-ов были выполнены на электронных лампах, в том числе специальных, работающих в условиях высокой радиации, на различных

электромеханических реле и вибропреобразователях постоянного тока в переменный. В развитие этих работ для стенда энергетического реактора нами была проработана система поддержания электрической мощности теплового имитатора, с использованием созданного нами трехфазного ваттметра на нелинейных элементах.

Были опробованы первые отечественные полупроводниковые триоды П1Б, П2А, ПЗ, П4 для разработки полупроводниковых преобразователей напряжения для блоков электропитания аппаратуры управления реакторов. В общем, получив определенный опыт разработки и испытания систем управления ядерными реакторами, мы стали двигаться в направлении развития и совершенствования таких систем. Было понятно, что в этой перспективной области техники огромное поле деятельности.

Но дальнейшая трудовая жизнь коллектива сложилась так, что вскоре нам пришлось с головой окунуться в новую область — космическую.

В августе 1959 года состоялось неожиданное для большинства сотрудников присоединение ЦНИИ-58 к ОКБ-1. Основной состав отдела Б.В.Никитина, и я в том числе, находились на пусконаладочных работах своей аппаратуры на реакторах в Обнинске. После завершения этапа работ по отработке автомата по пуску и поддержанию нейтронной мощности реактора я ушел в отпуск — надо было после длительного отсутствия на испытаниях побыть с 11-месячной дочкой. Находясь в отпуске, получил сообщение о слиянии нашего института с ОКБ-1 С.П.Королева и о том, что меня назначили на должность И.О. начальника лаборатории. Нашего руководителя Б.В.Никитина, как радиста по специальности, назначили начальником новой лаборатории радиосистем, которая должна была вести кураторские работы по радиосистемам управления и телеметрии ракет и новым системам космической связи. На базе НИИ-11 был организован новый отдел во главе с Анатолием Александровичем Шустовым, который был в ОКБ-1 заместителем начальника отдела Б.Е.Чертока по вопросам радиоуправления, автономным бортовым приборам и по созданию наземных испытательных систем новых космических аппаратов.

В то время все управление ракетами базировалось на радиотехнических методах и А.А.Шустов, фактически управляя радиотехническими смежниками, и сам являлся одним из главных «управленцев». Так как коллектив нашей лаборатории в то время вел работы только по созданию приборов контроля и управления ядерными реакторами и установкой их на реакторы, то и лаборатория наша пока осталась лабораторией по управлению ядерными реакторами.

Хотя и нет явного подтверждения, но можно было предположить, что первоначально у Б.Е.Чертока и А.А.Шустова были свои виды на наше профилирование, и это, скорее всего, были планы формирования «молодого потенциала» для усиления «родных ОКБ-шных» коллективов, которые вели работы по бортовым приборам управления и наземным испытательным станциям.

Ну а пока наши новые руководители просто не ожидали, что мы столь серьезно завязли в ядерной тематике. С первых дней руководства отделом А.А.Шустов стал разбираться с состоянием наших ядерных дел и с определением возможных сроков их завершения. Однако вскоре понял, особенно после нашей с ним поездки в ИЯФ, что в течение одного-двух месяцев работы в Обнинске нам не завершить. Честно говоря, и нам форсировать завершение этих работ в условиях, когда впереди была неясная перспектива, не хотелось.

Поэтому в составе нового отдела была образована лаборатория приборов управления ядерными реакторами под моим руководством. Видимо, из-за моей

молодости и неопределенности перспективы коллектива меня назначили не начальником, а с приставкой и.о., как и руководителей групп Гелия Казаринова и Константина Чернышева.

Кроме нашей лаборатории, в состав отдела вошли:

— лаборатория курирования, или сопровождения, разрабатываемых смежниками радиотехнических систем во главе с Б.В.Никитиным, составленная в основном из сотрудников ОКБ-1 и переведенных туда ряда опытных специалистов «широкого профиля» ЦНИИ-58, к которым можно было отнести Б.Г.Невзорова и А.И.Кузьмина. Они оба занимались разработкой системы инициирования ядерных зарядов артиллерийских снарядов (системой инициирования занимался и я под руководством Б.Г.Невзорова в первый год моей работы в ЦНИИ-58), а в последнее время системой управления противотанковых реактивных снарядов (ПТУРС);

— лаборатория разработки бортовых программно-временных устройств под руководством «королевца» И.А.Сосновика, в основном состоящая из кадровых и уже опытных сотрудников ОКБ-1;

— лаборатория разработки наземных автоматизированных испытательных систем космических аппаратов (КА) под руководством тоже «королевца» В.А.Попова и также состоящая в основном из молодых сотрудников ОКБ-1 с включением в ее состав некоторых молодых сотрудников ЦНИИ-58;

— конструкторский сектор, полностью состоящий из конструкторов НИБ-11 ЦНИИ-58, под руководством «старого грабинца» С.Г.Рыжова;

— экспериментальная лаборатория под руководством М.А.Баканова, который в НИБ-11 был начальником экспериментального участка, оснащенного хорошим металлообрабатывающим оборудованием, со слесарным участком, укомплектованным очень квалифицированными рабочими кадрами, а также большим монтажным участком с относительно молодыми кадрами.

В таком составе отдел практически сохранял «грабинскую» структуру комплексного подразделения с включением в него таких коллективов, которые в кратчайшие сроки могли провести разработку бортовых и наземных приборов, создать на них конструкторскую документацию, изготовить и испытать экспериментальные или первые образцы приборов.

Большие возможности такого подразделения руководство ОКБ-1 осознало уже вскоре после объединения с ЦНИИ-58.

Получив новое название, основной состав лаборатории продолжил завершение старых дел — отладку и пуск аппаратуры для последнего, 4-го ядерного реактора. Для выполнения этих работ с ИЯФ был заключен новый финансовый договор. В связи с этим часть лаборатории, до завершения работ в Обнинске, была отрезана от возможных космических работ. Для меня и некоторых сотрудников лаборатории, находящихся в это время в Подлипках, учитывая наше «ядерное» прошлое, а пока и настоящее, А.А.Шустов поставил задачу проработки вопросов создания бортовых систем управления на базе применения бортовых ЦВМ применительно к управлению перспективными КА с ядерной энергетической установкой (ЯЭУ), разрабатывавшейся в ЦНИИ-58 еще до слияния с ОКБ-1 и оставшейся в тематике ОКБ-1 после слияния. Безусловно, это была интересная тема, по которой, можно сказать, у нас уже был задел в виде знания реакторов и вопросов управления этого типа объектов, тем более, что создание ЯЭУ КА предполагалось реализовывать с реакторами на быстрых нейтронах.

Первоначально для управления ЯЭУ рассматривалось применение цифрового дифференциального анализатора (ЦДА), устройства, по которому в то время в стране были неплохие теоретические и практические результаты. Было подготовлено «Предварительное техническое задание на разработку цифровой управляющей машины последовательного действия типа ЦДА». Для обсуждения возможности создания такой машины я был командирован на встречу с директором Особого конструкторского бюро при Ленинградском политехническом институте, членом-корреспондентом АН СССР Тарасом Николаевичем Соколовым (в дальнейшем — главный конструктор систем боевого управления стратегическим ракетным оружием, Герой Социалистического труда, лауреат Ленинской и Государственных премий СССР), коллектив которого разработал и уже изготовил ЦДА со сказочным названием «Спящая красавица» для управления энергетическими установками подводных лодок. Надо сказать, что все изделия, которые тогда разрабатывал этот знаменитый коллектив, по тем временам обладали действительно сказочными характеристиками. Например, Тарас Николаевич заявил, что проблемы надежности для ЦДА «Спящая красавица» не существует — он будет безотказно работать десять-пятнадцать лет и более. Для нас в то время такие заявления казались фантастикой. Действительно, почти вся вычислительная и логическая часть ЦДА была выполнена на магнитных элементах, а законченные платы и блоки заливались специальным составом, исключая повреждение при механических и прочих воздействиях. Конечно, требования по массе и габаритам на подводных лодках и на космических аппаратах разные, но все равно эти решения ОКБ ЛПИ впечатляли.

Т.Н.Соколов изъявил желание работать с ОКБ-1 над космическим ЦДА, по которому договорились в ближайшее время начать совместную работу по подготовке ТЗ.

Мы вместе с М.Маровым, К.Чернышевым, В.Казначеевым, П.Масенко и Р.Казариновым с энтузиазмом приняли за техническое задание и проработку проблем управления ЯЭУ.

В это же время, по распоряжению А.А.Шустова, часть сотрудников лаборатории (10 человек), не связанных с работами в Обнинске и с вопросами управления ЯЭУ, в октябре 1959 года была временно переведена в лабораторию И.А.Сосновика для усиления работ по созданию бортовых программно-временных устройств космических аппаратов.

Период этот был для ОКБ-1 и тяжелым, и одновременно очень интересным. С осени 1958 года интенсивно велась разработка спутника Земли с человеком на борту и различных вариантов спутников для экспериментальной отработки различных задач и систем. Началась разработка военных спутников-разведчиков

Под руководством А.А.Шустова и И.А.Сосновика для этих космических аппаратов впервые разрабатывались бортовые приборы программно-временного управления на полупроводниковой технике. Конечно, технических проблем и вопросов было много, да и специалистов не хватало. Поэтому решение А.А.Шустова о переводе временно части людей лаборатории к И.Сосновику мною было встречено без особых возражений, хотя я понимал, что временный перевод сотрудников может стать и постоянным.

В итоге цельный коллектив отдела Б.В.Никитина из ЦНИИ-58, а теперь нашей лаборатории, оказался территориально и тематически разделен на три части. Далее А.А.Шустов ставил задачу как можно скорее завершить дела в Обнинске, вернуть

«ядерщиков» домой и, видимо, реализовать линию на усиление лаборатории И.Сосновика, а возможно, и лаборатории В.Попова, уже получившими практический опыт специалистами. Но завершение работ объективно затягивалось. И только в феврале 1960 года после сдачи в эксплуатацию аппаратуры для управления и контроля последнего, 4-го атомного реактора из обнинской командировки вернулась группа сотрудников лаборатории в составе Г.Казаринова, Н.Рукавишникова, П.Масенко, В.Глазнева Н.Вольнова, Г.Седова, осуществлявшая пуско-наладочные работы на реакторе.

И как раз в конце февраля 1960 года производственная деятельность нашей лаборатории резко изменилась.

Связано это было с тем, что перед ОКБ-1 была поставлена задача создать и запустить к Марсу в конце 1960 года (а чуть позже и к Венере несколько космических кораблей. Я не говорю испытать, потому что «верхние» технократические руководители едва ли сознавали, что впервые создаваемые космические межпланетные корабли еще надо отрабатывать и испытывать на Земле, а на это надо время, которого нет. Значит, если надо, то можно и без испытаний, начиная с февраля 1960 года создать, а в сентябре-октябре осуществить запуск продолжительностью на год путешествия первого космического аппарата к загадочной планете. Вслед за первым должны были туда же лететь еще три корабля. Об обстановке, предшествовавшей принятию решения по созданию этих межпланетных изделий, довольно подробно рассказано Б.Е.Чертоком в его книге «Ракеты и люди. Фили. Подлипки. Тюратам». По этим воспоминаниям ясно, что решение, принятое лично Н.С.Хрущевым, в первую очередь было направлено на обеспечение политической линии. С.П.Королеву и другим главным конструкторам предстояло его выполнять.

Уже значительно позже я понял, что такая большая и плотная программа пусков межпланетных кораблей была связана с подтверждением характеристик и с демонстрацией возможностей страны по массовому применению первой баллистической ракеты Р-7, созданной под руководством С.П.Королева и принятой в январе 1960 года на вооружение. Запуски межпланетных кораблей на ракете, на которой первая и вторая ступени были аналогичны боевой, были своего рода полезной попутной начинкой. И, забегая вперед, можно сказать, что эта первая задача была довольно успешно реализована, в том числе были уточнены параметры модернизируемой ракеты Р-7А.

Комплексу Б.Е.Чертока необходимо было создать в вышеупомянутые сроки систему управления межпланетными кораблями. Для решения задач управления различными космическими аппаратами, в том числе и для полета к Марсу и Венере, в январе 1960 года в ОКБ-1 специальным постановлением правительства был переведен из Москвы из НИИ-1 Минавиапрома большой коллектив численностью около 60 человек во главе с его руководителем Борисом Викторовичем Раушенбахом. Коллектив этот был в ореоле славы, поскольку успешно решил задачу создания активной системы управления первого управляемого космического аппарата Е2А («Луна-3»), который был запущен 4 октября 1959 года и выполнил фотографирование и передачу на Землю фотоснимков обратной, невидимой земному наблюдателю стороны Луны. Это был большой успех советской космонавтики. Собственно, после этого успеха и было принято решение о переводе коллектива Б.В.Раушенбаха в ОКБ-1 и организации в комплексе Б.Е.Чертока отдела № 27 по системам ориентации и управления космическими аппаратами под руководством Б.В.Раушенбаха.



Начав работы по системе управления первого марсианского корабля 1М, Б.В.Раушенбах уже в феврале обратился к С.П.Королеву за помощью, так как считал, что своими силами, без дополнительного подключения разработчиков-электриков из других подразделений, его отдел не может решить задачу создания системы управления корабля 1М в столь сжатые сроки. Естественно, Б.Е.Черток получил указание: укрепить кадрами коллектив Б.В.Раушенбаха. Деваться некуда — надо было укреплять такой заслуженный коллектив. А где брать разработчиков-электриков? Основные кадры электриков и электронщиков у И.А.Сосновика, но он сам еле сводит концы с концами даже с учетом подключенных сотрудников из лаборатории Г.Носкина. Можно было бы отдать часть ведущих сотрудников лаборатории Г.Носкина, но эти «ядерщики-ламповщики» ведь совсем не знают полупроводниковую технику. А когда стоят такие сроки, отдавать не подготовленные кадры — это ведь не серьезно. Отвечать-то все равно Б.Е.Чертоку. В общем, дело шло к тому, что либо отдать часть опытных специалистов из лаборатории И.А.Сосновика, либо брать на себя, в лабораторию И.Сосновика, часть работы другого отдела. И.А.Сосновик и А.А.Шустов были категорически против передачи сотрудников в отдел Раушенбаха, а первый вообще не хотел участвовать в этом «гиблом» деле, но на Шустова очень сильно давили, и для него наиболее приемлемый вариант заключался в подключении к этой работе лаборатории Сосновика с переводом к нему практически всех ведущих сотрудников моей лаборатории. Однако при обсуждении этого вопроса у Б.Е.Чертока в присутствии А.А.Шустова и меня я высказался категорически против предложения А.А.Шустова, которое означало фактическое расформирование нашего дружного коллектива, сплотившегося и получившего большой опыт на серьезной и ответственной работе по ядерной тематике. Здесь же, опираясь на мнение коллектива, я предложил Б.Е.Чертоку поручить работу по созданию счетно-решающего прибора системы управления корабля 1М целиком нашему коллективу, учитывая, что часть ведущих сотрудников лаборатории в ближайшее время должна была завершить работы в Обнинске и вернуться в Подлипки, а часть сотрудников, временно переданных в лабораторию И.Сосновика, должна вернуться обратно.

А.А.Шустов был категорически против моего предложения. После некоторой перепалки Б.Е.Черток принимает мое предложение, на что А.А.Шустов в заключение произносит фразу, которую я никогда не забуду: «Борис Евсеевич, мы погибнем!» Шустов вложил в этот вопль души все: и ощущение своего тяжелейшего положения как начальника отдела, и неверие в этот неизвестный молодой коллектив, и сознание возможного срыва работы, порученной С.П.Королевым, который, как я потом узнал, его очень ценил и, по словам Королева (это было сказано в моем присутствии), считал его своей правой рукой.

Можно только сожалеть, что после смерти С.П.Королева эта его правая рука была серьезно понижена в должности новым главным конструктором ОКБ-1 В.П.Мишиным, который этим поступком отыгрался на Шустове и других ведущих специалистах С.П.Королева, не испытывавших любви к его первому заместителю.

Забегая вперед, могу сказать, что когда я впоследствии узнал Шустова по этой первой, а потом и по другим, не менее напряженным и тяжелым работам, которые вместе пришлось выполнять, по общению с ним и в неформальной обстановке я понял, что этот человек никогда не кривил душой, всегда отстаивал мнение и выражал свое понимание обстановки на любом уровне, не любил компромиссных решений, но как

солдат, воевавший в начале Великой Отечественной войны, даже, казалось, невыполнимые приказы принимал к исполнению.

Летом 1941 года Анатолий Шустов, студент 3-го курса Ленинградского института киноинженеров, вместе со всем курсом в составе дивизии народного ополчения встал на защиту Пулковских высот. По его рассказу, из 150 человек их курса в живых осталось 5 студентов, и среди них он — покалеченный, на грани жизни и смерти. Выдающийся хирург И.И.Джанелидзе сумел сохранить Шустову жизнь. В 1947 году он, окончив МЭИ, стал работать в КБ С.П.Королева и был у истоков ракетной и космической техники. С этого времени и до образования нового отдела в ОКБ-1 он уже много сделал в области радиоуправления ракетами и космическими аппаратами (Б.Е.Черток в своих книгах называет его радистом), порядком хлебнул проблем и трудностей становления этой отечественной техники, но привык подчиняться решениям руководителя. Так было и с решением Б.Е.Чертока о привлечении нашей лаборатории к этой «гиблой» работе.

Итак, лаборатории была поручена совершенно авральная работа — создание бортовой аппаратуры ориентации КА и управления движением центра масс первых межпланетных космических аппаратов 1М и 1В для полета к Марсу и Венере. Коллективу «ядерщиков» и «ламповщиков» (как я уже ранее отмечал, вся аппаратура управления ядерными реакторами была выполнена на специальных электронных лампах) предстояло за полгода (!) разработать, изготовить, сдать ОТК и ПЗ (военная приемка) и поставить на испытание с первым КА 1М комплект аппаратуры управления, состоящий из шести приборов, объединенных в единый счетно-решающий блок (СРБ). Естественно, вся аппаратура должна была разрабатываться на полупроводниковой электронике. Отношение к переходу от ламп на полупроводники образно выразил сотрудник лаборатории физик Володя Казначеев: «Не бойтесь, ребята, полупроводник — это та же лампа, только маленькая». Идеино-теоретическое руководство созданием СРБ («что есть управление движением КА») выполнялось «управленцами» Б.В.Раушенбаха — Анатолием Пациорой и Виктором Легостаевым. Об этом кратком (без разделения на дни и ночи) периоде работы нашего коллектива можно написать отдельно, но лишь скажу, что с этой первой «космической» и труднейшей работой лаборатория справилась успешно. Причем технические решения, реализованные в приборах СРБ, были использованы при создании систем управления космических кораблей «Восток», в том числе и на первом пилотируемом корабле с Юрием Гагариным. В этих условиях работы по управлению ЯЭУ с применением бортовых ЭВМ были свернуты, а после выпуска эскизного проекта на ЯЭУ и все управление ЯЭУ, к большому сожалению коллектива лаборатории, из ОКБ-1 в конце 1960 года было передано на другое предприятие.

Работы по применению БЦВМ на разрабатываемых в ОКБ-1 космических аппаратах были продолжены в нашей лаборатории уже после работ по СРБ 1М, 1В, когда мы, заслужив признание начальства и окружающих специалистов, с весны 1961 года уже были заняты новой, не менее сложной и новаторской работой (опять же авральной) — созданием цифровых программно-временных устройств (ПВУ) для следующих шести кораблей (2МВ) для исследования планет Марса и Венеры.

Тем не менее в большом коллективе лаборатории удалось выделить группу специалистов, которая полностью или с частичным отрывом от работ по ПВУ 2МВ стала вести работы по БЦВМ космических кораблей, обозначенных в Постановлении

правительства от 23 июня 1960 года «О создании мощных ракет носителей, спутников, космических кораблей и освоении космического пространства в 1960-1967 гг.».

По этому постановлению, кстати сказать выпущенному на основе проекта, представленного в правительство С.П.Королевым, предусматривалось проведение в 1960-1962 годах проектно конструкторской проработки и необходимого объема исследований в целях создания в ближайшие годы новой космической Ракетной системы со стартовой массой 1000-2000 тонн, обеспечивающей вывод на орбиту тяжелого межпланетного космического корабля (ТМК) массой 60-80 т.

## БЦВМ УМ-2Б и «Кобра-1»

Вскоре после запуска на орбиту корабля «Восток» с Ю.А.Гагариным и корабля «Восток-2» с Г.С.Титовым перед проектным отделом была поставлена чрезвычайно сложная и интересная в прикладном плане задача — создание полуавтоматического комплекса для сборки на околоземной орбите космических аппаратов с использованием пилотируемого космического корабля типа «Восток». С.П.Королев считал это одной из важнейших за дач, стоящих в то время в области ракетной и космической техники, потому что сборка на орбите позволяет, не дожидаясь создания новых тяжелых носителей, решать на базе имеющегося носителя (Р-7) и кораблей спутников «Восток» многие задачи, требующие больших полезных масс на орбите. Исходные данные на проведение проектных и расчетных работ по сборке объектов на орбите Земли, подготовленные К.П.Феоктистовым и К.С.Шустиным, были утверждены С.П.Королевым летом 1961 года.

В ОКБ-1 под эту задачу была развернута работа под шифром «Союз», и стала создаваться кооперация для выполнения основных проблемных НИР, к которым, в частности, относили создание радиолокационной системы измерения относительного положения объектов и бортовой цифровой вычислительной машины.

ТЗ на создание бортовой радиолокационной системы сближения и обработки бортовых данных измерений было выдано проектным отделом в 1961 году в одно ленинградское предприятие, в составе которого находилось довольно самостоятельное конструкторское бюро — КБ-2, возглавляемое Ф.Г.Старосом. Причем о существовании этого КБ-2 (и о Ф.Г.Старосе) в то время в нашем ОКБ ничего не знали.

В октябре 1961 года из Ленинграда был получен солидный отчет в шести томах. Одна книга второго тома была посвящена вопросам использования цифровой управляющей машины при решении задач сближения и стыковки космических объектов, а третий том в двух книгах был целиком посвящен описанию управляющей машины УМ-2Б.

Отделу А.А.Шустова, а в нем мне как начальнику лаборатории и моему коллективу было поручено проведение анализа отчета и подготовка отзыва в части применения управляющей ЦВМ в этой задаче и конкретно по УМ-2Б.

Представленное предложение по использованию ЦВМ в рассматриваемой задаче и собственно описание УМ-2Б произвело на нас сильное впечатление.

Во-первых, потому, что это было первое знакомство с разработкой прибора (ЦВМ) для космического аппарата, предлагаемой на отечественной микроэлектронной базе по гибридной технологии с применением бескорпусных дискретных полупроводниковых элементов. Все наши и наших смежников приборные разработки до сего времени выполнялись на дискретных элементах и корпусных полупроводниках.

С этой точки зрения, практическая реализация УМ-2Б с применением микроэлектроники и бескорпусных элементов означала бы прорыв, переход к новому качеству отечественных приборов, принципиальному снижению массы и дефицитных объемов на КА, а также к снижению энергопотребления.

Во-вторых, на конкретной сложной задаче была показана эффективность применения цифровой вычислительной машины универсального типа.

Удивило нас, правда, то, что разрабатываемая на микроэлектронике БЦВМ потребляет тоже много электроэнергии (заявленная электрическая мощность

составляла 160 Вт по вторичной цепи), я имею в виду то, что ранее рассматриваемая нами для применения на космическом аппарате авиационная ЦВМ «Пламя», выполненная на дискретной полупроводниковой технике, по вторичной цепи требовала электрической мощности более 1000 Вт и совершенно по этому параметру не подходила для КА.

С учетом нашего заключения и замечаний по применению вычислительной техники и ЦВМ УМ-2Б в рассмотренной задаче и замечаний других подразделений нашего предприятия по остальным томам было подготовлено и отправлено в Ленинград в конце 1961 года общее положительное заключение ОКБ-1 на представленный проект.

Моей лаборатории было поручено курирование работ по ЦВМ УМ-2Б при реализации проекта «Союз».



*Главный конструктор  
БЦВМ УМ-2Б  
Ф.Г. Старос*

Вскоре после отправки заключения на проект «Блок» к нам в ОКБ-1 приехал Ф.Г. Старос. Мы ничего не знали об этом человеке, кроме того, что сообщалось о нем в проекте как о главном конструкторе УМ-2Б. Перед его приездом с нами побеседовали, навели некоторого туману на его личность (правда, тот, кто этот туман наводил, и сам-то ничего не знал, кроме того, что он американец), предупреждали не быть особо разговорчивыми. Состоялось наше первое знакомство с этим человеком, при котором присутствовали Б.Е. Черток, К.П. Феоктистов (заместитель начальника проектного отдела по пилотируемым кораблям), А.А. Шустов и я. Все мы вынесли от общения с этим интересным человеком очень хорошее впечатление.

Перед нами был не только руководитель и специалист своего дела, но и одержимый оптимист победы микроэлектроники в приборостроении.

Обсуждая технические вопросы по УМ-2Б, Филипп Георгиевич убеждал нас в том, что через пять лет вычислительная часть УМ-2Б будет величиной со спичечный коробок. Причем весь облик его, темные горящие глаза, правильная, почти без акцента русская речь не оставляли у собеседников сомнений в его правоте.

От таких перспектив, как говорится, захватывало дух.

Вскоре для ознакомления с работами КБ-2 на месте меня направили в Ленинград вместе с моим сотрудником Константином Чернышевым.

Лично Ф.Г. Старос показал нам все, чем в то время располагало КБ-2. Целиком, естественно, микроЦВМ не было, но были показаны отдельные узлы, технология проектирования и изготовления микросборок. Познакомились с заместителем Филиппа Георгиевича — Иосифом Вениаминовичем Бергом, с которым впоследствии пришлось тесно общаться. В отличие от Староса, Берг говорил с большим акцентом, и, когда они были вдвоем, в основном говорил первый.

Так мы стали работать с КБ-2 Ф.Г. Староса вначале как кураторы УМ-2Б для задачи стыковки и сборки КА.

Однако вскоре, и не совсем по причинам техническим, дальнейшие работы с ленинградским предприятием по разработке и использованию аппаратуры сближения

и стыковки были прекращены. Но для нас уже была «засвечена» УМ-2Б, и мы продолжали по ней работы, но в другом применении.

А какие были предпосылки этого другого применения?

В соответствии с ранее упоминавшимся постановлением правительства от 23 июня 1960 года в ОКБ-1, наряду с работами по созданию тяжелого носителя, получившего индекс Н-1, в отделе М.К.Тихонравова под руководством Глеба Юрьевича Максимова (в его же секторе велись работы по проектам 1МВ, 2МВ) в 1961 году начались работы по проекту тяжелого космического корабля (ТМК) для пилотируемого полета на Луну и Марс. В 1962 году моя лаборатория параллельно с работами по ПВУ 2МВ была подключена и к работам по ТМК.

Мы стали участниками этого уникального проекта. То, что он опережал себя на многие десятилетия, к счастью, мы тогда не понимали.

В отделе А.А.Шустова мы взялись за проработку вопросов создания БЦВМ для этого корабля и на ее базе создания системы централизованного контроля и логического управления бортовыми системами (СЦКиУ). При разработке технических требований к БЦВМ и системе пришлось в прямом смысле окунуться в фантастические по тем временам проблемы. Например, нам было предложено проработать систему управления и контроля замкнутым биологическим комплексом на основе водоросли хлореллы, которую планировали поместить на космический корабль в качестве генератора пищи для космонавтов. Ученые уже давно знали об удивительных свойствах хлореллы. Они заметили ее весьма ценный химический состав. Высоким содержанием белков может похвастать далеко не каждый вид растения, у хлореллы же они составляют почти половину ее веса. Не менее ценна и вторая половина содержимого хлореллы; это жиры и углеводы, да еще почти полный комплект всевозможных витаминов: А, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>, С и других. Проведенными опытами была также доказана способность хлореллы в зависимости от режима питания менять свой состав: к примеру, при необходимости накапливать больше белков или жиров. Короче говоря, предполагалось, что это тот продукт, который может обеспечить питание космонавтов в длительном путешествии к Марсу, Венере, Луне.

Таким комплексом занимались в Институте физиологии растений им.К.А.Тимирязева АН СССР в Москве. Встретились мы с ботаниками, посмотрели на эту чудо-водоросль, попробовали ее на вкус, в общих чертах обсудили с ботаниками проблему управления этим организмом.

Хлорелла, как оказалось, реагирует и на колебания температуры воды, и на изменение освещенности, сильно снижая свою производительность как при похолоданиях, так и при уменьшении освещенности. Влияет на ее рост и режим питания, состав воды и различных примесей. А как влияют на нее различные факторы космического полета — это только одному Богу известно.

Можно представить, какие проблемы нужно было решать при управлении этим живым объектом на космическом корабле.

С биологическими объектами обращаться и в земных условиях непросто, а что уж говорить об условиях их работы в неведомом космосе?

Проникшись глубоким уважением и к водоросли, и к ботаникам, стали прорабатывать вопросы управления ее ростом и работой на космическом корабле. За проработку алгоритмов управления с увлечением взялись Радий Казаринов, Петр Масенко и пришедший к нам молодой специалист из МЭИ Виктор Шаров.

Проектанты поставили перед нами еще одну необычную задачу — контролировать состояние человека на космическом аппарате, находящегося в состоянии гипотермии. Контролировать параметры жизнедеятельности человека — задача технически для системы контроля того времени вполне реализуемая. Но «заморозить» космонавта для длительного космического путешествия в конце 60-х годов XX века — это была задача из области фантастики.

У человека в состоянии гипотермии сильно понижается обмен веществ. Организму требуется меньше энергии, а следовательно, и меньше пищи. Когда температура тела понижается, все функции человеческого организма замедляются. Уменьшается число сердечных сокращений, а также частота дыхания, поскольку тканям тела требуется меньше кислорода. При температуре тела 30°C обменные процессы замедляются на 50%, при 25°C скорость обмена веществ падает до 25 %. Можно представить себе, какие это даст преимущества, если учесть, что для 250-дневного путешествия на Марс каждому члену экипажа космического корабля потребуется около 1200 кг пищи, кислорода, воды и средств удаления углекислого газа.

С другой стороны, гипотермия связана с определенным риском для организма человека, а ее создание и поддержание в условиях космического полета было бы очень сложной технической задачей.

Но молодость и энтузиазм проектантов, участвующих в реализации проекта ТМК, не останавливали их, и нас в том числе, в работе даже над фантастическими задачами.

Остались в памяти наши встречи с медиками — представителями Военно-медицинской академии им.Кирова из Ленинграда, которые по просьбе проектантов ОКБ-1 прорабатывали задачу возможности погружения человека в состояние гипотермии во время космического полета. К сожалению, не остались в памяти фамилии этих энтузиастов, только помню, что этой работой руководил военный медик в чине капитана 2-го ранга.

С 1959 по 1961 год в процессе проработки вопросов использования БЦВМ на космических аппаратах в системах логического управления и централизованного контроля стало очевидным, что применение универсальной БЦВМ на борту КА невозможно ограничить реализацией только одной задачи (вернее, рассмотрение одной задачи, конечно, возможно, но все равно это рассмотрение будет затрагивать многие смежные системы), поскольку это требует нового, системного подхода к проектированию не только всего бортового комплекса управления, но, например, пересмотра концепции контроля работы бортовых систем, организации сбора, обработки и распределения данных с систем, изменения принципов и построения средств взаимодействия экипажа с системами корабля, изменения связей с радиотехническими системами управления, изменения подхода и методов испытания в целом как при подготовке на Земле, так и в полете, не говоря уже о необходимости разработки единого общего и прикладного программного обеспечения. То есть по-хорошему это больше революционный процесс, чем эволюционный.

С таких позиций мы стали продолжать наши работы с КБ-2 и во II квартале 1962 года выдали туда предварительное ТЗ на БЦВМ для СЦКиУ КА, ориентированных на ТМК и КА по теме «Союз».

По теме «Союз» в июне 1962 года был выпущен план разработки эскизного проекта, по которому предусматривался выпуск тома и по БЦВМ.



Надо сказать, что к этому времени мы уже испытали горечь неудач при запусках первых межпланетных автоматических кораблей к Марсу и Венере 1М и 1В.

Результаты двух пусков в октябре 1960 года и двух пусков в феврале 1961 года: три аварийных по причине отказа III и IV ступеней ракеты носителя; один относительно успешный, корабль ушел по заданной траектории к Венере, но через 10 дней полета перестали приниматься и квитироваться команды, подаваемые с Земли на бортовые радиоприемные устройства, и корабль был потерян.

С 25 августа по 4 ноября 1962 года было произведено шесть пусков кораблей 2МВ: три на Венеру и три на Марс в посадочном и пролетном вариантах. И только один пуск — пролетный 2МВ-4 в сторону Марса был относительно успешным. Корабль проработал 140 суток. Надо сказать, что при подготовке на ТК всех десяти кораблей и в процессе функционирования двух, вышедших на заданные орбиты, аврально разработанные в моей лаборатории в тесном и плодотворном содружестве с лабораторией Анатолия Пациоры СРБ практически не имели замечаний. Однако результаты проектирования, разработки, изготовления и пусков десяти межпланетных космических автоматов отрезвили молодые горячие головы в стремлении создать в ближайшие годы пилотируемый тяжелый межпланетный корабль длительного функционирования. Отрицательные результаты в технике всегда дают пищу для ума.

После выпуска технических предложений практически работа по ТМК была свернута и вскоре переориентирована на лунную программу.

Для рассмотрения задач использования БЦВМ типа УМ-2 на КА мы подключили смежные организации, причем вначале это были в основном военные (ЛВИКА им. Можайского, ВИА им. Ф.Э.Дзержинского, ЦНИИ-30), потому что тогда среди них находились наиболее квалифицированные кадры, занимающиеся вопросами применения БЦВМ на борту ракет и КА, хотя в основном занимались анализом и моделированием задач. Работа этих организаций помогла нам уточнить требования к БЦВМ в последующей работе.

К сожалению, в конце 1962 года при более детальном и близком ознакомлении со схмотехническим и конструктивным обликом будущей БЦВМ, разрабатываемой в КБ-2, мы убедились, что не получим в ближайшие два-три года БЦВМ, пригодную для установки на создаваемые в эти сроки пилотируемые космические аппараты.

ЦВМ УМ-2Б или ее модификация не проходили на проектируемый КА по массовым и энергетическим характеристикам. Кроме того, из-за высокого тепловыделения УМ-2Б необходимо было повышать производительность системы обеспечения теплового режима (СОТР) КА, что опять же привело бы к дополнительному увеличению массы корабля.

Продолжать же разработку и изготовление БЦВМ в КБ-2 для использования в ОКБ-1 в экспериментальных целях было слишком дорого, тем более что и для экспериментального стенда все равно надо было создавать жидкостную систему охлаждения для отвода около 350-400 Вт тепловой мощности.

В связи с этим руководству ОКБ-1 А.А.Шустовым и мною было внесено предложение о разработке макета бортовой ЦВМ и различных устройств связи с объектом и смежными системами на обычной дискретной полупроводниковой технике для проведения экспериментальных работ по СЦКиУ КА. Создание макета БЦВМ предлагалось реализовать на базе ЦВМ «Сатурн», разработанной в 1962 году ЦНИИ-30 для макетирования и отработки задач автоматизированного врачебного контроля состояния экипажа на борту пилотируемого космического корабля.

Это предложение базировалось на том, что опыт разработки ЦВМ универсальной структуры с прогрессивным тогда микропрограммным управлением, полученный в ЦНИИ-30, наш опыт разработки, конструирования и испытания бортовой аппаратуры понимание необходимых минимальных требований для БЦВМ, КА, а также полученный уже опыт работы с КБ Ф.Г.Староса, давали уверенность в создании в кратчайшие сроки первоначально макета ЦВМ в бортовом исполнении на обычной дискретной технике при минимальных затратах, а затем и создание летного образца с удовлетворительными характеристиками по массе и потребляемой электрической энергии.

В ноябре 1962 года заместитель главного конструктора Б.Е.Черток собрал совещание по вопросу организации в ОКБ-1 работ по БЦВМ, на которое были приглашены сотрудники проектного отдела (отдел Тихонравова), отдела бортового комплекса управления (отдел Карпова), отдела бортовых цифровых приборов (отдел Шустова), а также расчетного отдела и наземных ЦВМ (отдел Лаврова), в котором к тому времени также стали прорабатываться вопросы применения БЦВМ на КА. На этом совещании было принято решение о разделении работ между отделами А.А.Шустова и С.С.Лаврова.

Отделу Лаврова, который в целом представлял собой теоретический отдел с парком универсальных и аналоговых ЦВМ, было поручено продолжать работу с КБ-2 Ф.Г.Староса, разработку и выдачу в эту организацию ТЗ на перспективную БЦВМ космического применения.

Конкретно эту работу возложили на лабораторию И.И.Перцовского, проводившую на предприятии моделирование динамических процессов по заданиям отделов и имеющую в своем составе специалистов по АВМ, ЦВМ и программированию (Борис Пряхин, Василий Волошин, Валентин Овчаренко, Тамара Казакова Надежда Масилевич, Валентина Шутенко, Валерий Константинов, Юрий Стишёв, Анатолий Гелюх, Валентина Ломакина, Игорь Скрипкин).

За отделом А.А.Шустова (моей лабораторией) были закреплены работы по разработке макета БЦВМ совместно с ЦНИИ-30, экспериментальной отработке идеологии бортовых систем управления и контроля, построенных на базе использования ЦВМ, а также по разработке всего комплекса средств взаимодействия БЦВМ с системами КА.

Этим решением, с одной стороны, был подведен итог первого этапа работы нашего предприятия с КБ-2, а с другой стороны, был узаконен параллелизм в работах по БЦВМ. Особой крамолы тогда в этом не было, даже наоборот — это выглядело как усиление и расширение фронта работ по применению БЦВМ. Только был в этом один штрих: отдел Лаврова подчинялся первому заместителю главного конструктора В.П.Мишину, а отдел Шустова — заместителю главного конструктора Б.Е.Чертоку.

Далее дело становления БЦВМ для космических аппаратов в ОКБ-1 развивалось двумя путями.

В отделе А.А.Шустова была разработана и принята за основу концепция системы централизованного контроля, обработки и управления системами пилотируемого космического аппарата с БЦВМ, получившей у нас название «Кобра-1». Такое же название получила разработанная и изготовленная в бортовом исполнении в кратчайшие сроки (около 7 месяцев) ЦВМ (в ЦНИИ-30 работа над этой ЦВМ шла по теме «Спутник») и необходимая контрольно-испытательная аппаратура (КИА).

Конечно, надо отметить те основные предпосылки, которые способствовали нам в этой работе. К ним я бы отнес следующее:

— структура макета БЦВМ «Кобра-1» являлась развитие структуры уже работающего макета ЦВМ «Сатурн» в ЦНИИ-30;

— система основных логических резистивно-транзисторных элементов малой мощности была уже отработана на ЦВМ «Сатурн» и не требовала дополнительных проверок и испытаний;

— конструкция ЦВМ была целиком разработана в конструкторском секторе отдела и основные узлы ее выполнены с применением отработанных конструктивных решений, разработанных в отделе при создании ПВУ КА 2МВ для исследования Марса и Венеры;

— изготовление блоков, монтаж и общая сборка макета велись также в отделе в экспериментальной лаборатории;

— изготовление типовых плат из пенополиуретана, освоенное для ПВУ 2МВ и теперь примененное в «Кобре-1», выполнялось на опытном заводе ОКБ-1;

— КИА «Кобры-1» разрабатывалась и изготавливалась так же, в основном, в лаборатории М.А.Баканова по эскизам;

— разработка и настройка ЦВМ и КИА велись под руководством квалифицированных специалистов ЦНИИ-30: начальника отдела полковника В.И.Кибкало и подполковника А.М.Игнатова с участием наших молодых инженеров лаборатории Радия и Гелия Казариновых, Евгения Васенкова, Николая Рукавишникова, Михаила Власюка, Петра Масенко, Виктора Шарова, Константина Чернышева, Владимира Казначеева, Маргариты Борисовой, Николая Вольнова, Николая Муравьева и других сотрудников, уже получивших опыт разработки бортовых приборов, в том числе и цифровых для КА 1МВ и 2МВ.

Большую помощь в программировании ЦВМ, в частности в разработке тестовых программ оказал лично зам. начальника ЦНИИ-30 (вскоре начальник) генерал-лейтенант З.А.Иоффе.

И, наверное, главной составляющей успеха было то, что участники этой интересной и нужной работы были полны огромным энтузиазмом и азартом первопроходцев, отдавали все силы и знания, работали, не считаясь со временем и подчас своим здоровьем.

Необходимость создания в ближайшие годы БЦВМ для космических аппаратов диктовалась объективными требованиями получения от бортовых систем и КА в целом новых качеств, без которых уже либо невозможно, либо возможно, но со значительно большими затратами решать поставленные задачи с одновременным улучшением массовых и энергетических характеристик.

Объективно толкал на применение БЦВМ и фактор времени — необходимо было так делать бортовое оборудование, чтобы при изменении задач КА основной состав бортовых приборов управления претерпевал бы минимальные доработки. Такую гибкость могло дать прикладное программное обеспечение БЦВМ, или «мягкое оборудование» (англ. software).

И еще один важный фактор. Нам было известно, что для американских пилотируемых КК «Джемини», на которые возлагались задачи отработки маневрирования и стыковки на орбите с другими КА, управляемого спуска с орбиты, обработки измерений с бортовых навигационных и других приборов разрабатывается БЦВМ.

Вообще разработка БЦВМ для ракет и космической техники в США тогда шла широким фронтом, причем уже на базе микроэлектронной техники. В 1961 году БЦВМ универсального типа в США еще не было, но фирмы Burroughs Corp, General Motors, IBM, North American Aviation разрабатывали и планировали испытания экспериментальных образцов БЦВМ в 1962 году. Для КА «Джемини» была выбрана БЦВМ фирмы IBM с применением твердых и гибридных микросхем и магнитного ОЗУ. Опытный образец этой БЦВМ появился не в 1962 году, а годом позже и имел следующие характеристики:

разрядность	— 25 двоичных разрядов;
быстродействие	— 7000 простых опер./сек;
ОЗУ	— 1500 чисел;
ПЗУ команд	— 8000 слов;
ПЗУ констант	— 4000 констант;
масса	— 26 кг;
мощность	— 95 Вт.

Надо сказать, что БЦВМ УМ-2Б, которую предлагало КБ-1 Ф.Г.Староса для решения практически тех же задач, что возлагались и на «Джемини», по вычислительным возможностям была близка к БЦВМ IBM, но существенно проигрывала по массе и мощности.

Можно предположить, что если бы не произошел отказ от разработчика радиолокационного комплекса, куда входило КБ-2 своей БЦВМ, ее можно было бы в процессе работы минимизировать по эксплуатационным параметрам, поскольку слишком важна была задача и этим надо было заниматься. Но, как не раз бывало в прежние годы, личные амбиции высоких руководителей брали верх над технической целесообразностью. В результате в отечественных КА реализация задач «маневрирования и стыковки» до конца 70-х годов решалась на аналоговых приборах, тоже, надо сказать, очень «умных».

И все-таки нам, «пионерам космической техники», отставать от американцев в части БЦВМ очень не хотелось, и мы сделали свой макетный образец БЦВМ «Кобра-1» со следующими характеристиками:

разрядность	— 18 двоичных разрядов;
быстродействие	— 20 000 простых опер./сек (с задающим кварцевым генератором);
ОЗУ (магнитное)	— 256 чисел;
ПЗУ команд	— 2048 слов;
ПЗУ констант	— 512 констант;
масса	— 21 кг;
средняя мощность	— 20 Вт.

В макете стоял кварцевый задающий генератор частоты, который нам поставил ленинградский завод им.Козицкого; с ним у нас уже ранее были налажены связи в части поставок кварцевых генераторов для ПВУ кораблей 2МВ, 3МВ и 4МВ.

Учитывая то, что макет был собран на дискретной технике, характеристики этой ЦВМ были впечатляющими. Одновременно с макетом БЦВМ были разработаны макеты различных устройств связи:

- с пилотом — пульт ввода и вывода цифровых данных;
- сбора и преобразования аналоговых и дискретных данных от систем

КА для ввода в ЦВМ;

- обмена данными с программной радиолнией;
- выдачи данных в систему телеметрии;
- обмена данными с наземной испытательной станцией

(в отделе в это же время разрабатывалась наземная АИС КА).

На базе ЦВМ «Кобра-1» и устройств связи был собран макет системы централизованного контроля, обработки данных и управления — «Кобра».

Совместно с привлеченной кооперацией, в основном из институтов Министерства обороны (ЦНИИ-30, ЛВИКА им. Можайского, ГНИИ космической медицины ВВС, ЦНИИ-88 МОМ, Институт медико-биологических проблем АМН, ВИА им. Дзержинского, ЛИАП, Ростовское ВУ В и некоторых других) на «Кобре-1» были запрограммированы и отлажены задачи, включающие:

- автоматизированный контроль и испытание бортовых систем в полете и при подготовке КА на Земле;
- автоматизированный врачебный контроль экипажа;
- программно-временное управление систем КА;
- прием и выдача данных на пульт пилота;
- выдача данных на телеметрию.

По нашему ТЗ группа сотрудников ЛВИКА им. Можайского провела моделирование работы системы «Кобра» на ЦВМ М-20, результаты которого были использованы в дальнейшей работе.

В этот период времени с нами плодотворно сотрудничали видные военные специалисты, занимавшиеся теорией и практикой создания отечественной вычислительной техники и дискретных систем управления, Е.А.Дроздов, А.М.Половко, И.В.Панфилов, А.П.Пятибратов, Г.С.Поспелов.

С участием ЦНИИ-30 была разработана управляющая программа ЦВМ «Кобра-1» (понятия операционной системы у нас еще не было). Силами сотрудников лаборатории (К.Чернышев В.Шаров, Е.Васенков, В.Казначеев, Н.Муравьев и др.) был разработан алгоритмический язык программирования «Кобра-1», хотя программирование задач первого этапа в основном проводилось в машинных кодах.

Испытания ЦВМ «Кобра-1» прошли в целом гладко и подтвердили все ее проектные характеристики. Летом 1963 года ЦВМ полностью функционировала, работы по созданию устройств связи продолжались.

Под руководством генерала З.А.Июффе Виктором Шаровым в ПЗУ «Кобры-1» была прошита музыкальная тестовая программа с мелодией песни «Четырнадцать минут до старта».

Песня эта была любимой в нашей лаборатории. Она непосредственно связана с работой коллектива, потому что, как упоминалось выше, примерно половина лаборатории в период разработки «Кобры-1» вела разработку, изготовление и испытания на московском заводе «Пластик» (наше смежное предприятие по изготовлению бортовых приборов), на КИСе ОКБ-1 и на космодроме приборов программно-временного управления для КА 2МВ для исследования Марса и Венеры. Среди этих приборов были и такие, которые должны были работать на спускаемых аппаратах на поверхности планет. Поэтому слова из припева этой песни «на пыльных тропинках далеких планет останутся наши следы» отражали и надежды, и творческий подъем, и патриотизм молодого коллектива. Причем работа по ПЗУ была первоочередной, и если было надо, то практически вся лаборатория бросалась на ПЗУ — кто на завод «Пластик», кто на КИС, кто на Байконур.

По предложению Б.Е.Чертока первые результаты работы по созданию макета бортовой ЦВМ было решено заслушать на ученом совете ОКБ-1 под председательством В.П.Мишина в начале июля 1963 года. Мой доклад на совете сопровождался демонстрацией работы ЦВМ — запуском упомянутой тестовой мелодии «Четырнадцать минут до старта».

Приведу цитату из заметки по этому поводу одного из участников Совета в газете предприятия «За новую технику»:

Созданная по инициативе Б.Е.Чертока первая бортовая ЦВМ «Вычислитель» была собрана в ОКБ-1 в 1960 году и весила 50 кг.

Она была эквивалентна стационарной машине «БЭСМ», занимавшей целый зал. Для демонстрации машины ее поставили в зале на столе, устланном суконной скатертью. Пришли ведущие специалисты Б.В.Раушенбах, В.П.Легостаев и другие. Вставили программу, и машина заиграла веселый марш!

Недоверчивый М.В.Мельников подошел поближе, задрал скатерть, чтобы посмотреть, кто это так хорошо играет под столом.

Можно простить ошибку автору заметки по поводу «веселого марша» и названия ЦВМ — она им была написана в феврале 1992 года, т.е. спустя почти 30 лет после описанного события, видимо по памяти, но оставила у автора впечатление на всю жизнь.

Участвуя в разработке ЦВМ «Кобра-1», ЦНИИ-30 преследовало и свои интересы, которые заключались в том, что на основе «Кобры-1» военные хотели предложить разработку бортовой ЦВМ для создающихся самолетов, поскольку единственная тогда БЦВМ «Пламя», разработанная для применения в авиации, по их мнению, не могла рассматриваться как перспективная. Поэтому вскоре после нашего ученого совета руководство ЦНИИ-30 предложило совместно выступить с сообщением на совещании у заместителя Главкома ВВС МО А.Н.Пономарева с демонстрацией работы ЦВМ.

«Кобра-1» была очень мобильна, ее погрузили вместе с аккумулятором в «Волгу» и... опять же разместили на столе перед почтенной военной и гражданской публикой. Полковник Владимир Иванович Кибкало (начальник отдела ЦНИИ-30) выступил с докладом, затем я и мои коллеги продемонстрировали работу ЦВМ. Она, естественно, под восторг слушателей проиграла заложенную мелодию. Мы ответили на вопросы, а затем начались выступления.

Как и можно было ожидать, мнения выступавших были разные. Военные считали, что ЦВМ можно принять как базовую, впредь до создания новых и «закрывать пустоту в девяти авиационных комплексах», в том числе для самолетов Ту-4 и Ту-144. Некоторые представители промышленности считали, что вывод о принятии «Кобры-1» как базовой является преждевременным. И те и другие сходились в том, что для того, чтобы сделать эту ЦВМ базовой для авиации, у нее должен быть главный конструктор - тот, кто доведет ее до авиационных требований, в том числе для работы в температурном диапазоне  $\pm 60^{\circ}\text{C}$ . В этом они были правы, потому что требования к эксплуатации космической и авиационной техники существенно различаются.

В решении совещания был записан пункт о подготовке предложения в Госкомавиапром (П.В.Дементьеву) и Госкомрадиопром (В.Д.Калмыкову) для поддержки работ по ЦВМ «Кобра» в интересах авиации.

Кроме демонстрации работы «Кобры-1», в это время приходилось также принимать многочисленных посетителей, которые просили на нее документацию.

На предприятии Н.А.Пилюгина прорабатывались вопросы создания систем управления ракет на базе применения бортовых ЦВМ, но реальных проработок и макетов ЦВМ не было. Когда представители этого предприятия (И.Ц.Гальперин, В.А.Немкевич, М.А.Качаров) познакомились с макетом нашей БЦВМ, то загорелись идеей создать свой прототип. Мы им направили основную документацию на «Кобру-1», и вскоре они изготовили и демонстрировали на своей выставке 4-разрядный макет ЦВМ, на элементах и по структуре аналогичный нашей ЦВМ.

На такой же основе установились у нас отношения с киевским филиалом — филиалом КБ О.К.Антонова, который занимался автоматизацией подготовки и предполетной проверки оборудования самолетов типа Ан. После телефонного разговора генерального конструктора О.К.Антонова с С.П.Королевым к нам приехал директор этого филиала Игорь Александрович Ястребов со своими специалистами.

Мы показали им все наши текущие результаты по «Кобре» и поделились своими замыслами на ближайшую перспективу. И.А.Ястребов и коллектив его ведущих специалистов были большими энтузиастами внедрения цифровой техники в процесс испытания самолетов генерального конструктора О.К.Антонова.

По творческому настрою и духу коллектив И.А.Ястребова оказался очень близок нам, поэтому мы открыто шли с ними на сотрудничество. Надо сказать, что благодаря И.А.Ястребову, состоялось наше знакомство с выдающимся отечественным ученым, инженером и изобретателем Павлом Кондратьевичем Ощепковым — создателем первого в мире прибора обнаружения самолетов на больших расстояниях с использованием отраженных электромагнитных импульсов.

П.К.Ощепков был идейным и непосредственным создателем опытной отечественной приемо-передающей аппаратуры обнаружения далеко летящего самолета, испытания которой успешно прошли в Ленинграде в феврале 1934 года.

От этой даты можно вести отсчет изобретения радиолокации в мире. И родиной изобретения была Россия. Английское слово «радиолокация» (radio-location) появилось у нас только в 1942 году, когда для Красной армии стали закупать в Англии радиолокационные станции. Но еще в 1934 году в СССР по указанию заместителя наркома обороны маршала М.Н.Тухачевского и при поддержке секретаря Ленинградского обкома партии С.М.Кирова на ряде ленинградских заводов началось производство аппаратуры радиообнаружения самолетов.

В 1937 году на вооружении Красной армии появились первые отечественные станции «РУС-2» (радиоуправляемый самолет). В том же 1937 году Ощепкова арестовали и осудили по «делу Тухачевского». Однако благодаря письму И.В.Сталину, подписанному академиком А.Ф.Иоффе, Г.К.Жуковым, К.Е.Ворошиловым и В.М.Молотовым, удалось вытащить Ощепкова из лагеря и дать возможность работать в «шарашке» (институте за колючей проволокой) до освобождения в 1947 году. Пока Ощепков находился в лагере, коллектив разработчиков «РУС-2» получил Сталинскую премию. Естественно, среди лауреатов П.К.Ощепкова не было.

Павел Кондратьевич Ощепков в своей автобиографической книге «Жизнь и мечта» так описывает то время: «Оглядываясь в прошлое, мы с чувством огромного удовлетворения можем теперь сказать себе, что мы, советские люди, к идее радиолокации шли своей дорогой, мы ни на кого не оглядывались и никого не догоняли. Необходимые в этом направлении работы были начаты нами



самостоятельно, и первые результаты по ним были получены на несколько лет раньше, чем за рубежом».

И вот в 1963 году И.А.Ястребов повез меня к П.К.Ощепкову, который в то время работал в Институте металлургии АН СССР, где директор института академик И.П.Бардин предоставил ему возможность развивать новое научно-техническое направление — интроскопию, или внутривидение. Там мы и увидели в действии изобретения этого выдающегося ученого-изобретателя. Например, через специальный прибор наблюдали различные предметы, размещенные в непрозрачных средах или за непрозрачными перегородками. Впечатление было ошеломляющим. Мы созерцали своими глазами настоящее чудо.

Тогда же И.А.Ястребов, по предварительной договоренности О.К.Антонова с П.К.Ощепковым, попросил Павла Кондратьевича разработать надежный бортовой коммутатор милливольтовых сигналов для системы сбора данных с систем самолета и ввода их в БЦВМ. Так как системой сбора и преобразования данных ввода их в космическую БЦВМ мы тоже занимались, то этот вопрос интересовал и нас.

Павел Кондратьевич внимательно выслушал Игоря Александровича, задал довольно много уточняющих вопросов и пообещал подумать над этой задачей.

Через три месяца, когда И.А.Ястребов снова приехал на наше предприятие, он показал нам изготовленный в лаборатории П.К.Ощепкова малогабаритный многоканальный коммутатор электрических сигналов, где коммутирующим элементом были микрокапли ртути.

11 апреля 1963 года, когда я встретился с П.К.Ощепковым, он подарил мне книгу «О малоизвестной гипотезе Циолковского», автором которой был дважды лауреат Сталинской премии, Герой Социалистического Труда (присвоено посмертно) И.И.Гвай (один из создателей реактивного снаряда «Катюша»). П.К.Ощепков написал предисловие к этой книге и был ее редактором. А малоизвестная гипотеза К.Э.Циолковского состояла в том, что он предполагал «...о возможности концентрации и использования энергии, рассеянной в природе», в том числе концентрации окружающей нас тепловой энергии и превращении ее в электрическую.

В 80-е годы прошлого столетия П.К.Ощепков стал активным исследователем альтернативных источников энергии и первым создателем устройства, в котором «даровая» энергия окружающего пространства превращалась в электрическую энергию. В доказательствах научной природы этого чуда он прожил свои последние годы.

Павел Кондратьевич умер в 1992 году. На его надгробной плите высечено: «Отцу радиолокации, интроскопии, энергоинверсии. ОИ ЭНИН».

ОИ ЭНИН — это Общественный институт энергетической инверсии, созданный П.К.Ощепковым и академиком О.К.Антоновым в 1967 году. С 1992 года этот институт носит имя академика П.К.Ощепкова.

## БЦВМ «Вычислитель»

С учетом положительных результатов разработки и лабораторных испытаний ЦВМ «Кобра-1» совместно с ЦНИИ-30 было принято решение о разработке модернизированного варианта ЦВМ, которую сначала назвали «Кобра-2», а потом присвоили ей имя «Вычислитель». К созданию этой ЦВМ с целью запуска ее в серийное производство проявил большой интерес директор завода № 123 Средне-Волжского совнархоза из Уфы Николай Григорьевич Ковалев. Прежде завод входил в Госкомавиапром. Перейдя в совнархоз, завод уже без давления Госкомавиапрома сам мог формировать свою программу. Тогда у ОКБ-1 и установились с этим заводом деловые отношения. На нем разместили изготовление ряда бортовых приборов по документации ОКБ-1, в том числе программно-вычислительные устройства «Ритм» для разведывательных КА «Зенит» разработки ОКБ-1.

Познакомившись с ЦВМ «Кобра-1», Н.Г.Ковалев предложил для активного участия в работе по созданию документации на модернизированную ЦВМ командировать к нам большую бригаду от завода, состоящую из разработчиков электронных приборов, конструкторов и технологов. План-график проведения совместных работ ОКБ-1 и завода № 123 по изготовлению первого опытного образца «Вычислитель» Э1488-21 был подписан Б.Е.Чертоком и Н.Г.Ковалевым 23 июля 1963 года. Он включал много позиций, но для представления темпов работы приведу только основные:

- разработка и выпуск функциональных схем — 1.08.63;
- разработка принципиальных схем плат — 1.09.63;
- разработка конструкции плат и выпуск чертежей — 30.10.63;
- разработка конструкции блоков и выпуск комплекта чертежей на «Вычислитель» — 30.12.63;
- изготовление и монтаж плат на заводе № 123 — 10.12.63;
- изготовление и отладка блоков «Вычислителя» в ОКБ-1 — 1.03.64;
- комплексная отладка «Вычислителя» в ОКБ-1 — 30.05.64;
- корректировка и выпуск рабочей документации — 31.12.64

В плане-графике оговаривалось, что вопрос о сроках запуска ЦВМ в производство на заводе № 123 и их количестве решается в процессе изготовления первого опытного образца в ОКБ-1.

С целью оптимизации параметров БЦВМ «Вычислитель» и других элементов системы централизованного контроля и управления была широко развернута работа с нашими основными смежниками (ЦНИИ-30, ЛВИКА им.Можайского, НИИ-885, ЛИИ, ГНИИ-КМ, НИИ-88, Запорожский филиал Института автоматки Украины) по уточнению задач и технических характеристик системы.

ТЗ на разработку модернизированного варианта БЦВМ формировалось одновременно с разработкой схемной и конструкторской документации и было утверждено от ОКБ-1 заместителем главного конструктора Чертоком 22.04.64 г. и от ЦНИИ-30 ВВС начальником ЦНИИ-30 генерал-лейтенантом Иоффе. Основные характеристики БЦВМ «Вычислитель» по ТЗ были следующие:

- разрядность — 20 двоичных разрядов с фиксированной запятой с работой в режиме удвоенной точности;
- быстродействие — более 80 000 простых операций/с;
- ОЗУ (магнитное) — 512 чисел;

- ПЗУ команд и констант — 8192 слов;
- ввод/вывод — параллельным и последовательным кодом, 64 канала;
- обмен данными с внешним запоминающим устройством (ВЗУ);
- масса — не более 35 кг;
- мощность — не более 40 Вт.

В это же время смежными предприятиями по нашим ТЗ были начаты ОКР по другим основным устройствам системы ЦКОиУ.

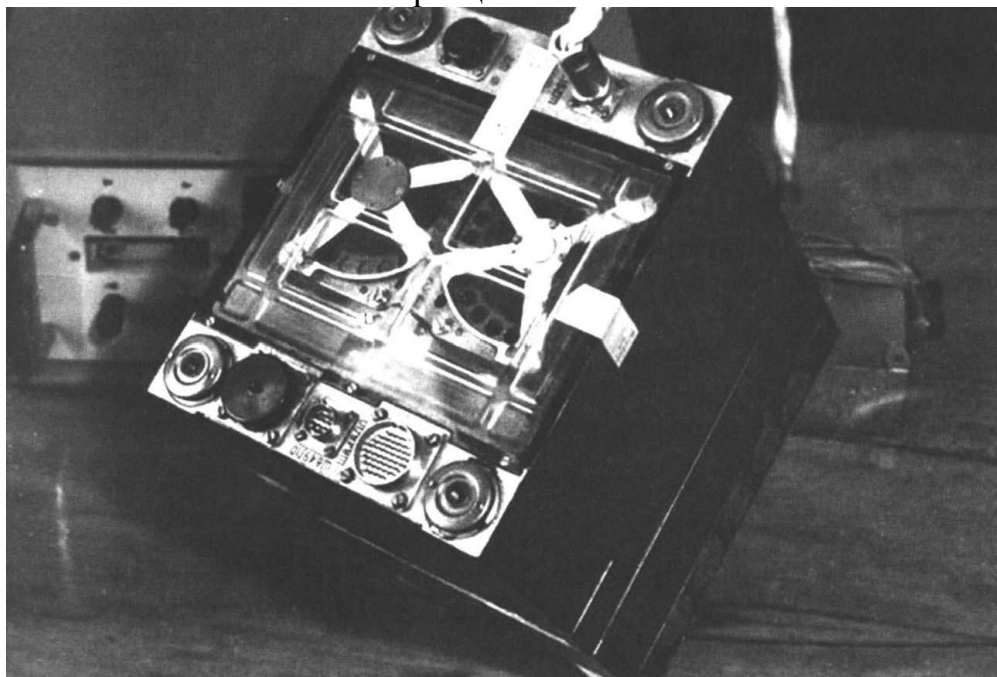
Учитывая, что одним из важнейших вопросов создания цифровой системы является вопрос надежного хранения на борту КА большого объема цифровых данных и программ, мы стали искать пути создания такого хранилища для нашей системы. Хранить значительные объемы данных в аналоговой форме на борту КА и ракет уже умели. Это были различного типа магнитные накопители, входящие в телеметрические системы изделий. Я предложил А.А.Шустову попробовать привлечь к разработке цифровых внешних запоминающих устройств, работающих совместно с БЦВМ, основных разработчиков бортовых телеметрических систем: ОКБ МЭИ (А.Ф.Богомолова) и НИИ-885 (М.С.Рязанского). Он предложение, не без сомнений, принял. Вскоре подготовили проекты ТЗ, вышли на Б.Е.Чертока, который договорился и с А.Ф.Богомоловым, и с М.С.Рязанским о том, что они возьмутся за такую перспективную работу.

Получив соответствующие указания своих руководителей, ведущие сотрудники этих предприятий с интересом взялись за создание таких цифровых приборов, аналогов которым тогда не было ни у нас в стране, ни у американцев. В апреле и мае 1964 года мы выдали в оба предприятия ТЗ на внешние адресные запоминающие устройства емкостью до  $20 \cdot 10^6$  двоичных знаков (1 млн 20-разрядных слов), в которых запись и выборка данных производились по командам БЦВМ «Вычислитель». Два ТЗ были утверждены Б.Е.Чертоком и главными конструкторами А.Ф.Богомоловым и М.С.Рязанским. Правда, они имели некоторые отличия. Дело в том, что в соответствии с имеющимися у каждого из этих предприятий наработками и уже опробованными в летных условиях приборами хранение данных у них производилось на разных магнитных носителях. ОКБ МЭИ было приверженцем использования тонкой специальной магнитной проволоки отечественного производства, а в НИИ-885 хранили данные на магнитной ленте, как говорили, «хреновой» — отечественной и «приличной» — Атрех (американской фирмы), которую как-то добывали. Для реализации наших ТЗ они остановились на этих же носителях. В обоих предприятиях работу вели очень опытные и творческие коллективы, возглавляемые в ОКБ МЭИ Е.А.Польщиковым, а в НИИ-885 — Л.К.Соловьевым.

У нас главным «сочинителем» ТЗ на ВЗУ определили Николая Рукавишникова, который уже ранее приобрел опыт общения с внешними накопителями данных в период работы с ЭВМ «Урал-1». Программы обмена данными БЦВМ с ВЗУ, разработанные В.Шаровым и В.Волошиным, были отработаны в разных режимах и введены сначала в «Вычислитель», а далее во все используемые нами БЦВМ.

Забегая вперед, отмечу, что в начале 1966 года оба предприятия представили опытные образцы, но продолжили работы мы с НИИ-885 и далее взяли на вооружение их ВЗУ, получившее индекс ЭА-006. Эти ВЗУ длительное время работали с БЦВМ на различных космических аппаратах. Работающий образец ВЗУ ОКБ МЭИ на магнитной

проволоке при испытаниях показал существенно худшую надежность хранения данных и так и остался в макетном образце.



*Бортовое внешнее запоминающее устройство  
на магнитной ленте ЭА-006*

Бортовой пульт для ввода данных в БЦВМ и отображения космонавтами различной информации разрабатывался по нашему ТЗ в ЛИИ Госкомавиапром (главный конструктор С.Г.Даревский), предприятии, которое уже стало для нас основным разработчиком средств отображения информации и органов ручного управления.

Единая адресная система сбора и преобразования данных (до 2000 параметров) для выдачи информации в БЦВМ, в телеметрическую систему в полете и на наземный испытательный комплекс при подготовке корабля разрабатывалась по нашим ТЗ запорожским филиалом института автоматики Украины и ленинградским ВНИИЭП.

В конце сентября 1964 года «Вычислитель» был в основном отлажен и прошел тестирование. Продолжалась напряженная и кропотливая работа по программированию задач, коррекции конструкторской, технологической и эксплуатационной документации совместно с коллективами специалистов завода № 123 и ЦНИИ-30. В общем результаты трудного 1964 года вызывали чувство удовлетворения у нас и признание у тех специалистов, кто участвовал в работе вместе с нами или следил за нашей работой. Для примера приведу тексты и фрагменты некоторых писем, поступивших на имя руководителей отрасли и ОКБ-1.

Председателю Госкомитета по оборонной  
технике СССР С.А.Звереву

Копия: Ответственному руководителю  
ОКБ-1 ГКОТ С.П.Королеву

По вопросу допуска Малышева и Мамаева в ОКБ-1 ГКОТ

...

В ОКБ-1 ГКОТ разрабатывается бортовая ЦВМ «Спутник», которая представляет для нас значительный интерес. Так как технические характеристики, содержащиеся в проспекте, недостаточно характеризуют ЦВМ, прошу Вашего разрешения на

ознакомление наших сотрудников с работами по ЦВМ «Спутник», проводимыми в ОКБ-1.

Директор Института Аверин\*  
31.10.64 г.

\* Директор НИИ-131, где работал Ф.Г.Старос

Заместитель Генерального конструктора одного авиационного предприятия Кербер делает запрос Б.Е.Чертоку 14.12.64 года по вопросу получения данных по БЦВМ «Кобра»:

В связи с тем что ОКБ-156 ГКАТ рассматривает в настоящее время вопрос приобретения разработанной в ОКБ-1 ГКОТ бортовой ЦВМ «Кобра», прошу Ваших указаний сообщить нам следующие данные.

Далее следует перечень 36 параметров, включая вычислительные характеристики ЭВМ, конструктивные, эксплуатационные, надежность и другие, т. е. то, что требуется авиационной организации.

Еще одно письмо.

Организация п/я 4

Главному конструктору ОКБ-1 С.П.Королеву

Киевский филиал нашего КБ разрабатывает систему автоматического контроля «САКТА-24АН». Указанная система позволяет перед полетом и в полете объективно оценивать состояние агрегатов и систем самолета, выдавать рекомендации экипажу в случае отказа каких-либо параметров.

По моей просьбе с Вашего разрешения ряд специалистов нашего филиала в течение двух лет вели тесное техническое общение с Вашими специалистами, разработчиками изделия «Кобра».

Обмен мнениями между Вашими и нашими специалистами сыграл большую пользу в создании у нас экспериментального образца системы с малым весом.

За помощь, оказываемую специалистам нашего филиала, выражаю благодарность лично Вам, а также работникам Вашей организации т.т. Б.Е.Чертоку, И.Б.Хазанову, А.А.Шустову, Г.В.Носкину.

В настоящее время в соответствии с решением ГКАТ филиал нашего КБ является головной организацией в стране по координации и разработке бортовой системы автоконтроля для самолетов ВВС и ГВФ. В связи с изложенным прошу Вашего согласия и указаний т. Б.Е.Чертоку о рассмотрении возможности использования системы «Кобра» для системы автоконтроля самолетного оборудования. По данным вопросам будут командированы наши специалисты.

Генеральный конструктор О.К.Антонов

Резолюция С.П.Королева:

Чертоку Б.Е

Надо сделать все что можно с нашей стороны для т. Антонова.

23.XI.64г.

Резолюция Б.Е.Чертока:

Шустову А.А.Свяжитесь с Ястребовым и подготовьте совместные предложения. 11.XII. Черток.

В соответствии с Протоколом от 23.07.63 г. ОКБ-1 заключило с заводом № 123 финансовый договор на изготовление и поставку первых двух комплектов БЦВМ «Вычислитель» с комплектом контрольно-испытательного оборудования. По

календарному плану к договору первый комплект БЦВМ поставлялся в I квартале 1966 года. Второй комплект БЦВМ поставлялся в мае 1966 года. Отдельным документом было определено участие представителей ЦНИИ-30 в работах по настройке и подготовке документации на заводе № 123.

## Расширение работ с БЦВМ. Продолжение работ с КБ Ф.Г.Староса

Теперь несколько отвлечемся от работ по «Вычислителю» на некоторые события, имеющие отношение к бортовым ЦВМ.

16 октября 1963 года выходит «Решение № 214 Комиссии ВСНХ СССР по военно-промышленным вопросам по координации работ по созданию бортовых электронных вычислительных машин для ракет, ИСЗ, самолетов и кораблей», по которому ВПК решила возложить на ГКРЭ ответственность за разработку базовых бортовых ЭВМ для ракет, самолетов, кораблей, ИСЗ и координацию работ в этой области. Головным институтом в этой части определяется Научный институт электронных машин (НИЭМ) ГКРЭ (директор С.А.Крутовских).

Естественно, появление головного института по базовым БЦВМ не могло для нас пройти незамеченным. Мы связались с НИЭМ, и я туда был направлен на разведку. Оказалось, что определенный головным НИЭМ находился в трудном положении, потому что еще практически отсутствовала серийная микроэлектронная база для создания авиакосмических БЦВМ и систем. В связи с этим руководство института проявило большой интерес к нашим разработкам ЦВМ «Кобра-1» и «Вычислитель» на дискретной схемотехнике и вообще к нашим потребностям в БЦВМ.

В январе 1964 года к нам приехал Сергей Аркадьевич Крутовских со своими коллегами.

«Кобра-1» и «Вычислитель» произвели на них настолько хорошее впечатление, что сначала они даже думали пойти по этому же пути - сделать у себя образец БЦВМ на дискретной технике. Но потом решили, что им надо все-таки с самого начала базироваться на микроэлектронной базе и «толкать» ее на предприятиях электронной промышленности.

Мы же вскоре договорились с С.А.Крутовских о подготовке выдачи в НИЭМ исходных данных для проработки возможности создания к середине 1966 года макетного образца БЦВМ по характеристикам, близким к «Вычислителю». Хотели иметь преимущество «микроэлектронной БЦВМ» с «Вычислителем» и, конечно сравнить, какой выигрыш и в чем даст реально новая отечественная техника (предлагаемые нам ранее характеристики УМ-2Б мы хорошо помнили). После проработки ИД планировалась выдача ТЗ.

Проект «ТЗ на разработку бортовой ЦВМ системы ЦКОиУ пилотируемого космического корабля длительного существования» был подготовлен, утвержден Б.Е.Чертоком и выдан 7 сентября в НИЭМ.

Директор НИЭМ С.А.Крутовских по результатам проработки ТЗ на имя Б.Е.Чертока 25 ноября направил ответ, в котором отмечал, что жесткие требования к БЦВМ по надежности ( $T_{\text{ср.}}$  на отказ около 10 тыс. час), массе (не более 15 кг), габаритам (объем порядка 25 л) и мощности по вторичной цепи (около 30 Вт) не могут быть реализованы, потому что в настоящее время электронная промышленность не выпускает комплектующих элементов, позволяющих реализовать эти требования. Далее предлагалось создать ТЗ на разработку аванпроекта по БЦВМ с выпуском его в III—IV кварталах 1965 года и уже после рассмотрения результатов аванпроекта решать вопрос с ТЗ на ОКР. В письме также предлагалось вопрос привлечения НИЭМ к созданию БЦВМ для космических аппаратов решить с 8 ГУ ГКРЭ.

В начале 1965 года мы с представителями НИЭМ все-таки подготовили «ПГ совместных работ по разработке и изготовлению бортовой ЦВМ для пилотируемого космического объекта» со сроком выпуска эскизного проекта в III квартале 1966 года, разработки технологических образцов во II квартале 1967 года и летных образцов в I—II кварталах 1968 года. Правда, сроки эти тогда не укладывались в те директивные, которые стояли для реализации проекта «Союз».

Поэтому, по нашему мнению, реальной БЦВМ, которую можно было бы привязывать к проектируемому кораблю, оставался «Вычислитель».

Однако работа с НИЭМ даже по этому ПГ так и не была реализована, в том числе по причине открывшейся внутренней тяжбы в ОКБ-1 по вопросу организации работ по БЦВМ. Коснусь в общих чертах и этого вопроса, так как он повлиял на процесс и сроки разработки БЦВМ для КА.

Для этого отвлечемся от работ по БЦВМ «Вычислитель» в комплексе Чертока и посмотрим, как шли дела по ЦВМ с КБ-2 Ф.Г.Староса в отделе Лаврова, подчиненного В.П.Мишину.

В конце 1963 года ОКБ-1 (отдел Лаврова) заключило финансовый договор № 4 от 30 декабря 1963 года с КБ-2 на разработку и поставку двух ЦВМ.

Одна ЦВМ УМ-2М для экспериментальной отработки задач, возлагаемых на бортовую ЦВМ, должна была быть поставлена во II квартале 1965 года. Вторая ЦВМ, как штатная БЦВМ-УМ-2С, должна была быть поставлена в феврале 1966 года.

До поставки УМ-2М сотрудники отдела С.С.Лаврова вели проработку задач, предполагаемых к реализации на БЦВМ, и занимались созданием стенда с жидкостной системой охлаждения УМ-2М. Еще одно занятие было у Лаврова и некоторых сотрудников его отдела после заключения договора с КБ-2, активно поддерживаемое В.П.Мишиным, — попытки ревизии и дискредитации перед главным конструктором С.П.Королевым работ, которые велись в комплексе Чертока по созданию собственной БЦВМ.

В начале апреля 1964 года на имя С.П.Королева (в копии Б.Е.Чертоку) направляется докладная записка за подписями В.П.Мишина, С.С.Лаврова и И.И.Перцовского «О постановке работ на предприятии в части БЦВМ». В докладной можно выделить несколько разделов.

Первый раздел содержал общие предложения о расширении Работ по применению БЦВМ на предприятии, «проведении работ по анализу и синтезу дискретных систем управления в отделах, классификации алгоритмов и других работ», «...обобщения опыта наиболее рационального применения БЦВМ на наших изделиях...» и т. п.

Второй раздел доводил до главного конструктора мнение подписантов: «... не надо на нашем предприятии разрабатывать и изготавливать БЦВМ, а отдать эту задачу специализированным организациям...», «привлечь к разработке БЦВМ, кроме КБ-2 ГКЭТ, другие организации (НИЭМ, НИИ-17, ИТМ и ВТ ГКРЭ)...»

Третий раздел содержал предложения по организации и распределению работ на предприятии. Основная мысль — весь комплекс работ, в том числе и курирование БЦВМ, должен проводить теоретический отдел (отдел Лаврова) — ведущий по применению БЦВМ. «Этот отдел должен вырабатывать ТЗ и выдавать его другим организациям, проводить лабораторную отработку БЦВМ».



Отделу А.А.Шустова предлагалась роль «разработчика схем и конструкторской проработки связей БЦВМ с другими бортовыми системами, стыковки и отладки работы БЦВМ на борту изделия, проведение цеховых и полигонных испытаний».

Резолюция Б.Е.Чертока на его экземпляре докладной записки:

Срочно! Шустову А.А.

Необходимо совершенно четко сформулировать нашу позицию по этим всем вопросам. В основном речь идет не о сохранности работ (оно очевидно), а распределении и организации.

Подготовьте такой документ к моему возвращению из командировки, но не позднее 22.04.64 г.

Б.Черток. 16.04.64 г.

Проект документа к указанному сроку был представлен, но после обсуждения решили его расширить, дополнив в том числе и материалом просветительного характера. Документ теперь включал разделы:

1. Особенности космических объектов (КО) длительного существования.
2. Принципы проектирования КО с бортовыми ЦВМ.
3. Задачи, возлагаемые на БЦВМ.
4. Система централизованного контроля и управления КО (СЦКиУ), связи со смежными системам и их трансформация при наличии БЦВМ.
5. Состояние с разработкой цифровых систем и БЦВМ в США для ракет и космических объектов.
6. Состояние с разработкой и изготовлением БЦВМ и других цифровых элементов применительно к ракетам и КО в СССР.
7. Состав бортовой системы ЦКОиУ.
8. Автоматизированный наземный испытательный комплекс и связь с бортовой системой ЦКОиУ.
9. Последовательность работ.
10. Экспериментальные работы.
11. Предложения по кооперации, в том числе по разработке БЦВМ.
12. Предложения по организации работ в ОКБ-1.

Подготовленный материал на 28 листах за подписью Чертока, Шустова, Носкина был оформлен как докладная записка на имя главного конструктора С.П.Королева и в копии, с запиской\* Б.Е.Чертока, 2.07.1964 г. направлен на имя первого заместителя главного конструктора В.П.Мишина\*\*.

\* Записка Б.Е.Чертока: «Василий Павлович! Этот материал мною не подписан, т.к. я улетел раньше, чем кончили печатать последние листы, но как соавтор рукописи прошу считать, что моя подпись есть.

Черток. 29.VI.64 г.».

\*\* Резолюция В.П.Мишина на записке Б.Е.Чертока:

«Лаврову С.С.Для ознакомления и доклада.

Срок 7.VII. В.Мишин 4.VII.64.».

Первый экземпляр докладной записки Б.Е.Черток подписал по возвращении из командировки, и докладная была отправлена С.П.Королеву.

Дополнительно к докладной С.П.Королеву были приложены:

- проект «Плана-графика по разработке системы контроля, обработки информации и управления изделия по теме «Союз»;

- проект «Приказа начальника предприятия по организации работ в ОКБ-1 по проектированию и созданию систем управления изделий, разрабатываемых в ОКБ-1 с применением ЦВМ».

Начиналась докладная так:

«Применение электронной вычислительной и управляющей техники на борту космического корабля в настоящее время превращается из желания в необходимость.»

Далее еще несколько фрагментов из текста:

«...Первоначально нами предпринимались усилия построения системы управления «Союз», и в частности 7К с использованием ЦВМ, но сроки, которые имелись в нашем распоряжении, и общая отсталость нашей техники не позволили нам осуществить это намерение. Однако мы выделили сравнительно ограниченные силы и с привлечением ряда смежных организаций продолжили проектирование и исследование работ в этом направлении. Большой опыт, который получили за последние годы коллективы отделов 27, 21, 22, 10, являющиеся по существу головными все вместе по созданию системы управления космическим объектом, привели нас к выводу, что при создании космических систем нужно найти новые пути для повышения надежности и снижения веса систем управления. Этот вопрос принимает особую остроту при создании космического комплекса ЛЗ. Проектирование системы управления корабля, совершающего посадку на Луну и возвращающегося на Землю, должно проводиться на современном уровне, несмотря на явное отставание нашей электронной техники от США.»

В разделе «Состояние работ...» было доложено фактическое состояние с разработкой БЦВМ у нас и в США. Один из фрагментов предложений по организации работ приведен ниже:

«2. С целью реализации на объектах типа «Союз» в 1965-1967 гг. бортовых систем контроля и управления, построенных с применением БЦВМ, предлагается:

а) в июле-августе совместно с ЦНИИ-30 МО, заводом № 123 провести корректировку технической документации на ЦВМ с целью передачи ее на завод № 123 для производства БЦВМ «Вычислитель»;

б) рассмотреть и принять организационно-технические мероприятия по обеспечению создания в ОКБ-1 летной системы контроля и управления, включая комплексную отладку экспериментальной системы в IV квартале 1964 года на базе отдела А.А.Шустова;

в) в связи с тем, что ряд организаций ВВС МО и ГКАТ заинтересованы в серийном изготовлении ЦВМ, разработанной ОКБ-1 совместно с ЦНИИ-30 и заводом № 123 Средне-Волжского совнархоза, целесообразно в августе 1964 года обсудить с заинтересованными организациями мероприятия и определить степень участия ОКБ-1 в серийном изготовлении этой машины.

3. Разработку бортовых вычислительных машин систем контроля и управления перспективных объектов целесообразно возложить на НИЭМ ГКРЭ, являющийся головной организацией в разработке базовых бортовых машин.

Работы с КБ-2 ГКЭТ должны быть пересмотрены.»

В докладной записке (также в проекте приказа и плане-графике) отдел Шустова предлагался как головной по разработке систем контроля, обработке информации и управления с применением БЦВМ, отвечающий также за разработку и сопровождение собственно БЦВМ и средств сопряжения со смежными системами.

Отражены были роли и зоны ответственности других отделов комплекса Чертока (отдел Раушенбаха — головной по разработке автономных систем навигации и ориентации, отдел Карпова — головной по разработке системы управления кораблей). Были также рассмотрены задачи и функции отделов других комплексов.

Отдел Лаврова, как вычислительный центр предприятия, по нашим предложениям должен был обеспечивать моделирование задач и помощь в отработке алгоритмов на универсальных ЭВМ, а также участвовать в программировании задач для бортовых и наземных ЭВМ.

Вскоре, а именно 16 июля 1964 года, С.С.Лавров только за своей подписью направляет пространную (на 37 листах) записку «Существующие и разрабатываемые БЦВМ» в три адреса: С.П.Королеву, Б.Е.Чертоку, В.П.Мишину.

Большая часть записки носила общеобразовательный характер, в том числе — сравнение аналоговой и цифровой техники и т. п. Содержательную часть ниже привожу дословно:

«В Советском Союзе недавно прошла Государственные испытания машина УМ-2, разработанная КБ-2 ГКЭТ. Характеристики машины: 13-20 тыс. опер./сек, ОЗУ — 512 чисел, ПЗУ — 4096 чисел, масса 100 кг с УВВ,  $T_{\text{ср. отказ}} = 100-200$  часов,  $P = 300$  Вт.

Наше предприятие получит в этом году два опытных образца этой машины, второй — в полностью летном исполнении.

...более или менее активное участие БЦВМ во многих процессах управления и контроля желательно.»

Как видите, поток служебных записок и докладных в адрес С.П.Королева на тему «БЦВМ для космических аппаратов» в 1964 году достиг высокой плотности. И тем не менее, С.П.Королев не считал возможным принимать административные решения по наведению порядка в этом вопросе, потому что понимал — борьба идет на непаханом поле, идет становление новых подходов и принципиально новых технических решений в космической технике, доступной в основном молодым и инициативным энтузиастам. Учитывая общую напряженность работ коллектива ОКБ-1, хронический дефицит времени для решения стоящих не только технических, но и политических задач, рисковать он не мог и идти на волевые технические и административные решения — тоже. А потом, честно говоря, большинство отечественных руководителей еще не считало механизацию и автоматизацию борта космического объекта архисерьезным делом. Умы их были заняты новыми ракетами, очередными пусками к важным датам и завоеванием приоритета, двигателями, огневыми испытаниями, доработками и модернизацией систем управления и подобными делами. Понимание важности этого вопроса придет через 2-2,5 года, когда сложность поставленных новых задач в ракетной и космической технике объективно приведет главных конструкторов систем к необходимости повернуться лицом к универсальным бортовым ЦВМ.

Пока же В.П.Мишин и Б.Е.Черток получили указание С.П.Королева искать пути примирения и объединения усилий в работах по бортовым ЦВМ.

Коллектив моей лаборатории, имея уже практически два макета БЦВМ, вел напряженную работу как по разработке и программированию задач совместно с кооперацией, так и по созданию других аппаратных средств цифровой системы и их стыковке с ЦВМ. В частности, с октября 1964 года проводились работы с первыми макетами адресного ВЗУ, полученного из ОКБ МЭИ, и адресной системой сбора и

преобразования данных, полученной из Запорожского филиала института автоматики. Проводились климатические испытания модулей «Вычислителя», подготовили программу их испытаний на диапазон  $\pm 60^{\circ}\text{C}$  (то, что беспокоило авиационных специалистов). Алгоритмы автономной навигации примерялись на «Вычислителе» двумя организациями: ИПМ МИ АН СССР (группа специалистов под руководством Тимура Магомедовича Энеева) и НИИ-88 (группа специалистов под руководством Игоря Константиновича Бажинова).

## Лунная программа и БЦВМ. Конец эпопеи с УМ-2С и судьба УМ-2М

Серьезный импульс к формальному форсированию работ по системам контроля, управления и автономной навигации с применением БЦВМ на космических аппаратах был дан решениями партийных и правительственных органов по масштабному освоению Луны советским человеком. Почему формальному? Потому что работа эта вовсю велась, и принятие очередного решения (они, как правило, готовились Королевым и согласовывались на Совете главных конструкторов) вводило работу в формальные рамки с соответствующим материальным и организационным обеспечением.

Работы по первой лунной программе - облет пилотируемым космическим кораблем Луны — начались в конце лета 1965 года и интенсивно развернулись после выхода Постановления ЦК КПСС и СМ СССР от 25.10.65 г. по изделию варианта 7К-Л1 и Л3, по которому задача облета Луны в 1967 году пилотируемым кораблем возлагалась на ОКБ-1 и ОКБ-52 (генеральный конструктор В.Н.Челомей). Все работы (наши и смежников) по системе СЦКиУ и «Вычислителю» теперь были привязаны в основном к изделию 7К-Л1. Причем главным конструктором системы управления этого изделия был назначен Н.А.Пилюгин (НИИАП).

ОКБ-1 было ответственно за разработку системы автономной навигации с участием экипажа, ручные режимы управления, автоматизированный контроль состояния экипажа, а также за обеспечение системы управления комплексом оптических датчиков. Функции, возлагаемые на нашу СЦКиУ и БЦВМ «Вычислитель», теперь определялись кругом упомянутых выше задач ОКБ-1.

ЦВМ УМ-2М была поставлена в ОКБ-1 в августе 1965 года, то есть на год позже, чем предусматривалось договором с КБ-2. Вместе с ЦВМ на наше предприятие была направлена группа специалистов для ее установки и отладки. Поставленную УМ-2М надо было начинать задачами, что не было заранее подготовлено ни в отделе Лаврова, ни в кооперации со смежными организациями. Поэтому, выполняя указания С.П.Королева по «объединению усилий в работах по БЦВМ», С.С.Лавров совместно с нашим участием и с участием специалистов НИИ-88 подготовил «План-график совместных работ по разработке алгоритмов и программированию задач автономной навигации объектов Л1, Л3, а так же их реализации на БЦВМ "Кобра" и УМ-2М».

План-график подписали от ОКБ-1 Б.Е.Черток, С.С.Крюков, С.С.Лавров, Р.Ф.Аппазов, Б.В.Раушенбах, Г.В.Носкин. От НИИ-88—А.В.Милицин, И.К.Бажинов, Алдашкин. План-график был направлен С.П.Королеву со следующей запиской Б.Е.Чертока:

«Сергей Павлович! Этот план подготовлен как «страховочный» вариант взамен южных пунктов или как их автономное дублирование. Работа пока носит исследовательский характер, но предварительные результаты показывают, что эти идеи могут быть реализованы в течение 1966 года.

Просьба рассмотреть и утвердить план-график. Пояснения, в случае необходимости, могу дать я, т.т. Раушенбах и Шустов.

Черток»

По указанию С.П.Королева от ОКБ-1 План-график 3 ноября 1965 года утвердил В.П.Мишин, от НИИ-88 — директор института Ю.А.Мозжорин.

Основные цели работ по этому плану-графику определялись так:

— Экспериментальное моделирование решения навигационных задач автономными средствами для кораблей Л1, Л3.

— Уточнение алгоритмов решения задач и выработка дополнительных требований к автономным средствам.

— Разработка рабочих методик решения навигационных задач Л1, Л3 с помощью бортовых астронавигационных и вычислительных средств.

— Формирование конкретных навигационных задач и их математическая формулировка.

— Оценка выигрыша в весе бортовых средств за счет использования БЦВМ «Кобра» и УМ-2М.

— Составление и отладка программ автономной навигации на ЭВМ М-20 с использованием моделирующих программ бортовых ЦВМ «Кобра» и УМ-2.

— Прошивка программ автономной навигации в БЦВМ «Кобра» и УМ-2 и экспериментальная проверка их реализации.

Срок выполнения первого пункта плана-графика — представление в НИИ-88 характеристик БЦВМ «Кобра» и УМ-2 — 15 августа 1965 года; последнего пункта — экспериментальная проверка задач на реальных БЦВМ применительно к кораблю Л1 — 20 июня 1966 года.

Сроки выполнения работ по навигационным задачам корабля Л3 в ПГ не были записаны, и их предписывалось определить дополнительно.

Программы для решения задач автономной навигации на БЦВМ «Кобра» из НИИ-88 в адрес Б.Е.Чертока пришли 24 апреля 1966 года за подписью заместителя директора института А.В.Милицина. Аналогичные работы применительно к УМ-2М забуксовали, потому что, с одной стороны, в течение шести месяцев со времени ее появления в ОКБ-1 в августе 1965 года сотрудники отдела Лаврова вместе со специалистами КБ-2 занимались монтажом стенда и настройкой ЦВМ, с другой — была еще не готова математическая модель для отладки задач на универсальной ЭВМ и стандартное программное обеспечение УМ-2М, с третьей — с февраля 1966 года, вскоре после смерти С.П.Королева, взаимодействие ОКБ-1 с КБ-2 (все письма в КБ-2, при жизни С.П.Королева, от ОКБ-1 подписывались В.П.Мишиным) стало носить характер взаимных обвинений и упреков и в таком русле развиваться с невероятной быстротой.

В письме от 12 марта на имя начальника КБ-2 Ф.Г.Староса, подписанном заместителем главного конструктора В.П.Мишиным и связанном с отзывом ведущего инженера КБ-2 Е.И.Жукова (он занимался в ОКБ-1 настройкой УМ-2М), в частности, говорится: «...Нельзя сворачивать дальнейшую работу. Работа важна для отработки УМ-2С, изготовление и отладка которой затягивается (машина должна быть представлена на ПСИ в январе 1966 года). ОКБ-1 настаивает на неукоснительном выполнении всех обязательств, которые взяло КБ-2 МЭП».

Одно из последних писем Ф.Г.Старосу от 11 апреля 1966 года, подписанное уже исполняющим обязанности главного конструктора В.П.Мишиным, начинается так:

«Несмотря на многократные обещания, Ваша организация до сих пор не выслала в наш адрес для согласования по УМ-2С:

- 1) математическое описание;
- 2) моделирующую программу;
- 3) боевые тесты в условных адресах;
- 4) наземные тесты ПСИ;

5) стандартные программы с плавающей запятой... (перечень программ).

Настаиваем на ускоренной высылке указанных документов.»

И последнее письмо В.П.Мишина на имя Ф.Г.Староса от 13 апреля:

«Направляю Вам на утверждение Протокол совещания представителей ОКБ-1 и КБ-2 о прекращении действия договора №4 от 30.12.63 года.»

Направляемый протокол уже был утвержден В.П.Мишиным 12 апреля.

Главный конструктор КБ-2 Ф.Г.Старос утвердил протокол 16 мая и своим письмом от 25 мая на имя исполняющего обязанности главного конструктора В.П.Мишина направил утвержденный протокол. Ниже приводятся некоторые фрагменты исторического протокола.

«Согласно договору № 4 от 30.12.63 г. (а также дополнительным соглашениям № 1, 2 и 3 к этому договору), КБ-2 должно было поставить ОКБ-1 две ЦВМ типа УМ-2М и УМ-2С. Технологический образец УМ-2М был поставлен в ОКБ-1 в августе 1965 года. С сентября 1965 года УМ-2М находится в эксплуатации в ОКБ-1. ОКБ-1 полностью оплатило стоимость УМ-2М.

Бортовой образец УМ-2С разработан и изготовлен в КБ-2 и в настоящее время проходит наладку и испытания.

...Обсудив предложение Главного конструктора КБ-2 Ф.Г.Староса, изложенное в письме от 17.03.66, представители ОКБ-1 МОМ и КБ-2 МЭП пришли к соглашению:

1. Оставить машину УМ-2С как собственность разработчика в КБ-2 МЭП для использования на других изделиях.

2. Действующий договор прекратить с 1.04.66 г. КБ-2 МЭП возместит ОКБ-1 всю полученную сумму денег на разработку и изготовление УМ-2С в размере 1 495 750 руб.»

Завершает эту историю еще одно письмо от 21 мая: заместитель главного конструктора ОКБ-1 С.С.Крюков — главному конструктору КБ-2 Ф.Г.Старосу.

«В связи с тем что действие договора № 4 прекращено с 1.04.66 г. и УМ-2С перешла в собственность Вашей организации для использования на других изделиях (протокол от 12.04.66 г.), ОКБ-1 не может проводить какие-либо согласования по изменениям ТЗ, ТУ и другой технической документации.

Возвращаю приложение к Вашему письму.»

Так закрылся вопрос применения ЦВМ УМ-2С на космических объектах.

Интересен финал этой истории и судьба оставшейся тогда у нас ЦВМ УМ-2М. То, что инициатива закрытия работы по УМ-2 в ОКБ-1 исходила от Ф.Г.Староса, говорит о том, что он раньше кураторов понял в то время бесперспективность применения УМ-2С на наших объектах. В 1965 году БЦВМ, разработанные в США на микроэлектронной базе для лунной программы, уже превосходили УМ-2С, о чем Ф.Г.Старос и И.В.Берг были прекрасно осведомлены. Они также знали о работающих ЦВМ «Кобра», «Вычислитель» и их характеристиках, о том соревновании, которое происходило в ОКБ-1. Здесь им проигрывать, конечно, не хотелось.

Работая над космическими БЦВМ, КБ-2 одновременно начало вести работы по созданию БЦВМ для подводного флота. Умнейший человек, Филипп Георгиевич понял, что все, что они наработали с нами, в подводный флот пойдет на ура.

Тогда зачем же растрачивать силы? Надо бросать их туда, где можно победить. Он правильно рассчитал и победил, получив заслуженное признание и реальные успехи в создании БЦВМ для советского Военно-морского флота.

Решением В.П.Мишина весь состав лаборатории отдела Лаврова, занимавшийся УМ-2, вскоре был переведен в комплекс Б.Е.Чертока в мою лабораторию и активно включился в работы по созданию системы автономной навигации и реализации иных задач с использованием БЦВМ на изделиях Л1, Л3, а впоследствии и на других космических аппаратах.

Очевидно, что знакомство с проектом ЦВМ УМ-2Б в 1961 году и последующая работа с Ф.Г.Старосом и КБ-2 положительно повлияли на рост собственных знаний ОКБ-1 в области бортовой вычислительной техники, даже если это происходило и за счет отрицания УМ-2. Работа Ф.Г.Староса с ОКБ-1 помогла и ему правильно оценить свой уровень и, в конечном счете, найти свою нишу применения разработок КБ-2.

Возможно, Ф.Г.Старос все-таки не оставил мысль создать БЦВМ космического применения или хотя бы оценить такую возможность. По его просьбе в ноябре 1966 года мы ему выслали частично документацию на «Вычислитель-2», а позднее и ТЗ на разработку БЦВМ пилотируемого корабля Л3. Это было то ТЗ, которое впоследствии реализовали в НИИМП в виде первого варианта БЦВМ «Салют-3».

Надо сказать, что отношения наши с Ф.Г.Старосом поддерживались и в ином плане. В 1967 году на наше предприятие был направлен на отзыв автореферат докторской диссертации Ф.Г.Староса. Положительный отзыв был подготовлен мною и утвержден главным конструктором В.П.Мишиным.

Я был командирован на защиту диссертации для представления отзыва от предприятия. Мне пришлось также представлять предприятие и на банкете в ленинградском ресторане «Астория» по случаю столь значительного события в жизни Ф.Г.Староса.

Стоит упомянуть, что только на защите диссертации, когда зачитывалась биография диссертанта, я обратил внимание, что в биографии упоминался факт о членстве Ф.Г.Староса в определенные годы в коммунистической партии Канады. Для нас, ничего не знавших об истинных жизненных путях Ф.Г.Староса и И.В.Берга, такая информация закрепляла легенду о канадском исходе Ф.Г.Староса.

А судьба оставшейся в ОКБ-1 ЦВМ УМ-2М сложилась следующим образом. В ноябре 1966 года к нам приехали представители КБ-2 обсудить возможность передачи им УМ-2М во временное пользование. В соответствии с достигнутой договоренностью Ф.Г.Старос в декабре 1966 года письмом на имя В.П.Мишина просит: «...для проведения экспериментальных работ передать на ответственное хранение сроком на 3 месяца изделие УМ-2М». Письмо приходит к Б.Е.Чертоку, который адресует его П.Н.Куприянчику и А.А.Шустову с резолюцией: «Подготовьте акт о передаче (с баланса на баланс или другим способом). Акт должен утвердить ГК».

Для передачи УМ-2М от КБ-2 потребовалось еще и гарантийное письмо, которое пришло в ОКБ-1 уже в начале января 1967 года. Акт о передаче и приемке изделия УМ-2М в составе 10 блоков и комплекта документации был составлен, подписан представителями предприятий и утвержден 10 января 1967 В.П.Мишиным и И.В.Бергом (за Ф.Г.Староса). Однако вскоре Ф.Г.Старос предложил нам продать УМ-2М его организации с учетом имеющегося износа. Мы согласились. Пришлось создавать комиссию по оценке износа УМ-2М, которая определила нос изделия УМ-2М в 73%. Был составлен новый акт, который явился «основанием для перерасчета стоимости изделия УМ-2 для передачи его по безналичному расчету КБ-2». Утвердил акт Б.Е.Черток 10 апреля 1967 года. Однако сумма около 300 тыс. руб. безналичной оплаты за передачу УМ-2М показалась КБ-2 слишком высокой, и процесс передачи



остановился. В то самое время интерес к получению УМ-2М проявил Институт автоматики и телемеханики АН СССР и Минприбора СССР.

Заместитель директора ИАТ академик А.А.Воронов, узнав, что УМ-2М в ОКБ-1 не нашла применения, обратился к начальнику управления Минобщемаша, в ведении которого находилось ОКБ-1, К.А.Керимову с просьбой о ее передаче во временное пользование в ИАТ. Из Управления в ОКБ-1 поступило указание на представление справки по УМ-2М. Справка, подготовленная и подписанная главным бухгалтером предприятия, с закрытым письмом была направлена в начале марта 1967 года на имя К.А.Керимова. Содержание справки: «Изделие УМ-2М в количестве 1 штуки было изготовлено организацией КБ-2 (г. Ленинград) по договору № 4 от 26/Х-1963 г., которое списано на тему 71125 ("Союз")».

Но только через год и восемь месяцев, в ноябре 1968 года, был составлен очередной акт, по которому ЭВМ УМ-2М была передана ИАТ «...в соответствии с письмом от 17/ВП-68 г. и указанием зам. главного конструктора тов. Чертока Б.Е.о передаче по накладной № 2 изделия УМ-2М во временное пользование сроком на 1,5 года ИАТ (ТК) с возвратом в ЦКБЭМ».

Так состоялось переселение УМ-2М на новое место работы. Причем с использованием этой ЭВМ ИАТ проводил с участием нашего предприятия НИР по разработке алгоритмов стыковки и сближения космических аппаратов на орбите, реализуемых на БЦВМ, т.е. тех самых задач, для реализации которых первоначально и предлагалась БЦВМ в проекте «Блок».

По теме был представлен обстоятельный отчет. По истечении более чем двух лет академик А.А.Воронов, теперь заместитель директора Института проблем управления (автоматики и телемеханики), в конце декабря 1970 года опять обращается к К.А.Керимову с просьбой: «...В связи с продолжением совместных работ и необходимостью использования при этом УМ-2М Институт проблем управления просит передать с баланса на баланс указанное изделие. Предварительная договоренность о передаче на наш баланс УМ-2М с руководством ЦКБЭМ имеется». Письмо было передано в ЦКБЭМ Б.Е.Чертоку, который после объяснения со мной (Б.Е.Черток мне направил это письмо) согласился передать УМ-2М на баланс ИПУ. Это уже был январь 1971 года.

Так УМ-2М обрела свое окончательное место работы, где все-таки послужила космической тематике.

## Филипп Старос и Иосиф Берг

Поскольку выше было рассказано о создании и судьбе космической БЦВМ Ф.Г.Староса и И.В.Берга, немного коснусь судеб и личностей этих людей, о роли которых в становлении отечественной микроэлектроники до сего времени нет однозначного мнения.

Как теперь стало известно, Ф.Г.Старос и И.В.Берг приехали из Чехословакии в СССР в январе 1956 года. В том же году под руководством Ф.Г.Староса в оборонном НИИ радиолокационного профиля в Ленинграде была создана лаборатория с задачей создания бортовых приборов в микроэлектронном исполнении. Через пять лет в составе НИИ на базе этой лаборатории было создано самостоятельное конструкторское бюро — КБ-2 под руководством Ф.Г.Староса. И.В.Берг получил должность главного инженера и заместителя руководителя КБ-2.

Предшественницей ЭВМ УМ-2 и ее модификаций, в том числе предложенной в конце 1961 года ОКБ-1 БЦВМ УМ-2Б в составе радиолокационной системы сближения, был образец ЭВМ УМ-1, созданной в КБ-2 в середине 1959 года. ЭВМ УМ-1 и разработанная на ее базе и получившая довольно широкую известность была ЭВМ УМ-1НХ. Структурное построение и схемотехника всех этих ЭВМ были практически идентичны.

Созданная малогабаритная цифровая ЭВМ УМ-1, перспективы создания БЦВМ для применения в космической, авиационной и морской технике, идеи развития и применения микроэлектронной технологии окрыляли и воодушевляли уже довольно большой (более тысячи человек) коллектив КБ-2, информация о котором стала быстро распространяться среди предприятий оборонного профиля. Весной 1962 года, как раз в период развития наших работ с Ф.Г.Старосом, КБ-2 посещает делегация ОКБ-52 (генеральный конструктор В.Н.Челомей) во главе с его молодым заместителем — С.Н.Хрущевым, сыном Первого секретаря ЦК КПСС и Председателя СМ СССР Н.С.Хрущева.

Перед этим, примерно около года назад, ОКБ-52 было определено головным предприятием по созданию системы морской космической разведки и целеуказаний (МКРЦ), в состав которой должны были входить специальные космические аппараты с ядерными энергетическими установками с длительным сроком автономной работы. Поэтому интерес представителей ОКБ-52 к малогабаритной бортовой вычислительной технике был не случаен.

Видимо, под влиянием этого посещения 4 мая 1962 года в КБ-2, будучи в Ленинграде, приезжает сам Н.С.Хрущев в сопровождении партийного и военного руководства страны (Д.Ф.Устинова, А.П.Кириленко, С.Г.Горшкова) и руководителей Ленинграда (Г.В.Романов и др.). Ф.Г.Старос сделал доклад о значении микроэлектроники для обороноспособности страны и научно-технического прогресса в народном хозяйстве, изложил суть разработанного под его руководством проекта научного центра микроэлектроники, продемонстрировал действующие образцы микроэлектронной аппаратуры, разработанной в КБ-2.



*Н.С.Хрущёв в КБ-2 Ф.Г.Староса. г. Ленинград 4 мая 1962 года*

Увиденное привело Н.С.Хрущева в восторг, и он дал соответствующие указания по форсированному применению разработок КБ-2 в оборонных и народно-хозяйственных отраслях страны. Результатом этого посещения стало Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 8 августа 1962 года о строительстве Научного центра микроэлектроники в городе Зеленограде под Москвой и организации его филиалов в Киеве, Минске, Риге и Вильнюсе.

В это время, находясь в Москве, Ф.Г.Старосе приехал в ОКБ-1, где в кабинете Б.Е.Чертока в присутствии А.А.Шустова и меня радостно сообщил, что его можно поздравить с назначением директором Научного центра микроэлектроники в Зеленограде. Борис Евсеевич его тепло поздравил и пожелал успехов на такой ответственной должности.

Насколько нам известно, Филипп Георгиевич с огромным энтузиазмом занялся формированием руководящего состава институтов Центра и подготовкой специалистов. Без бюрократических проволочек им были найдены и зачислены в штат Центра ряд способных молодых руководителей, в числе которых был и И.Н.Букреев (его Ф.Старос привез из Грузии), ставший первым директором НИИ микроприборов, при котором сформировалось направление по разработке космических БЦВМ «Салют».

Но фактически роль директора он исполнял только в течение полугода. В феврале 1963 года директором Научного центра был назначен заместитель председателя ГКЭТ Ф.В.Лукин, а Ф.Г.Старос — его заместителем по науке с сохранением должности главного конструктора КБ-2 в Ленинграде. С этого времени, как говорили сотрудники Центра, он практически в Зеленограде не появлялся и сосредоточил свою деятельность только в КБ-2. В начале 1965 года он был освобожден от должности заместителя директора Центра.

Тем не менее, благодаря ранее полученной поддержке первого лица государства, незаурядной энергии и целенаправленным усилиям коллектива КБ-2, Ф.Г.Старосу удалось на базе ЭВМ УМ-1НХ, запущенных в 1963 году в серийное производство, создать и практически внедрить на ряде промышленных объектах страны системы автоматического контроля и регулирования сложных технологических процессов.

Наряду с работами по БЦВМ УМ-2М и УМ-2С для нашего предприятия Ф.Г.Старос начал вести работы по созданию БЦВМ для ВМФ СССР. После того как был в апреле 1966 года расторгнут договор с ОКБ-1 и оставлен в КБ-2 уже изготовленный образец БЦВМ УМ-2С, коллектив КБ-2 в кратчайшие сроки сумел

создать действующий образец цифровой системы для моряков. В результате была разработана боевая информационно-управляющая система (БИУС) «Узел» для больших дизельных подводных лодок проекта 641Б (класс «Танго» по классификации НАТО), спроектированных ленинградским КБ «Рубин».

Фактически БИУС «Узел» была первой отечественной командной информационно-управляющей системой на подводной лодке, построенной на базе цифровой ЭВМ. Головная лодка была введена в состав ВМФ в 1973 году. Серийное производство этих систем продолжалось в течение почти десяти лет. Всего до 1982 года с БИУС «Узел» было построено на заводе «Красное Сормово» (Нижний Новгород) 18 подводных лодок. Конечно, за это время произошла существенная модернизация и системы в целом, и БЦВМ, но, несмотря на это, в памяти сохранились истоки этой системы. В 1969 году «За разработку малогабаритной электронной управляющей машины и управляющих вычислительных комплексов типа УМ-1НХ и внедрение их в первые цифровые управляющие системы в различных отраслях народного хозяйства» сотрудникам КБ-2 Ф.Г.Старосу (руководителю работы, главному конструктору), И.В.Бергу и еще нескольким была присуждена Государственная премия СССР.

Позже Ф.Г.Старос и сотрудники КБ-2 за создание БИУС «Узел» были отмечены высокими правительственными наградами. Архитектурные и конструктивно-технологические решения, принятые в УМ-2, нашли также применение и развитие в дальнейших разработках КБ-2, которыми стали управляющая ЦВМ «Электроника К-200» и управляющий комплекс «Электроника К-201». Они были поставлены на серийное производство, ими комплектовались промышленные системы контроля и управления.

Однако, несмотря на серьезные успехи и признание работ КБ-2 и его руководителей, Ф.Старосе трудно вживался в советскую бюрократическую систему.

В конце 60-х — начале 70-х годов его трения с партийным руководством, особенно по кадровым вопросам, вышли уже на уровень первого партийного руководителя Ленинграда — Г.В.Романова. Самостоятельность и принципиальность Ф.Г.Староса в отстаивании своих позиций привели к тому, что КБ-2 в 1973 году было ликвидировано и функционально переведено на другое предприятие — производственное объединение «Светлана» Минэлектронпрома, в основном занимавшееся СВЧ электронными приборами и микроэлектронными компонентами. Там же ранее было организовано изготовление микрокалькуляторов на базе разработанных в КБ-2 под руководством Ф.Г.Староса монолитных интегральных схем.

Для Ф.Староса это был серьезный удар, после которого он в очередной раз решил круто изменить свою жизнь. Он принял предложение руководства АН СССР о переезде во Владивосток в недавно организованный Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения АН СССР для организации и развития работ по искусственному интеллекту на базе новых микроэлектронных технологий. И.В.Берг с семьей остался в Ленинграде, на ПО «Светлана».

Энергия Ф.Г.Староса, его высокие качества ученого, организатора и человека проявились и в новом коллективе во Владивостоке. Под его руководством были развернуты исследования по созданию технологии управляемого роста микроэлектронных полупроводниковых структур, по алгоритмизации и программированию систем искусственного интеллекта. Но Ф.Г.Старос занимался не только наукой. Работавшие с ним сотрудники говорят, что он в институте устроил

настоящую «культурную революцию»: знакомил коллег со своей богатейшей коллекцией мировой поп и рок-музыки, переводил на русский песни «Битлз» и «Роллинг Стоунз», создал музыкальный и яхтенный клубы, сам играл на флейте, банджо и гитаре.

В Дальневосточном университете Ф.Г.Старос основал кафедру микроэлектроники, читал лекции и получил звание профессора.

В марте 1979 года Ф.Г.Старос приехал в Москву на выборную сессию АН СССР, где он уже в третий раз баллотировался в члены-корреспонденты. Ученое академическое звание открывало ему возможность создания во Владивостоке самостоятельного института.

Однако 15 марта он скоропостижно скончался. Отрицательный результат голосования в АН СССР он уже не узнал. В газете «Известия» 17 марта 1979 года был опубликован некролог, в котором отмечалось: «Советская наука понесла тяжелую утрату, скончался неутомимый ученый, талантливый организатор, который в течение многих лет отдавал все свои силы и яркий талант развитию советской науки и технологии... внес большой вклад в становление и развитие отечественной микроэлектроники».

Когда Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного филиала Сибирского отделения АН РФ в 2006 году отмечал свое 35-летие, лауреат Государственной премии, д.т.н., профессор Ф.Г.Старос в юбилейной статье был отмечен как один из ученых, достойных уважения и признательности, своим трудом сделавший институт таким, какой он есть сегодня. А проработал Ф.Г.Старос в этом институте всего лишь около шести лет.

Первоначально Ф.Г.Старос был похоронен на Морском кладбище Владивостока, но позже жена перевезла его прах в Санкт-Петербург на Большеохтинское кладбище.

И.В.Берг продолжал работать в Санкт-Петербурге, но 1 августа 1998 года он умер в Москве от инфекционной болезни. Похоронен в Санкт-Петербурге, но позже перезахоронен около Праги, на Родине жены.

Так кем же на самом деле были эти двое специалистов, оставивших после себя не только серьезные дела, но и легенды о своем происхождении и появлении в СССР?

Как часто бывает, истинные оценки своей деятельности люди получают после ухода из жизни, а время снимает покров с легенд и мифов, которые сопровождали их при жизни.

Так получилось с Ф.Г.Старосом и И.В.Бергом.

В настоящее время известны основные моменты их сложных биографий.

В середине 90-х годов были рассекречены документы ЦРУ, в которых идентифицированы личности людей, которых мы знали как Филипп Старос и Иосиф Берг. Оба они были американцами. Один греческого происхождения — Alfred Sarant (Ф.Старос), другой из еврейской семьи выходцев из России — Joel Barr (И.Берг). В американской печати появились о них различные публикации. В это время И.В.Берг дал несколько интервью российским и американским журналистам.

Во время Второй мировой войны оба они работали в американской военной промышленности в области радиотехники и радиолокации. Оба входили в Лигу молодых коммунистов США и с большой симпатией относились к СССР, к его тяжелейшей борьбе с немецким фашизмом.

По предложению своего друга, молодого коммуниста Юлиуса Розенберга, они согласились работать на советскую разведку и передавать интересующую ее данные

по профилю их производственной деятельности. О характере деятельности этой группы и объеме переданных материалов рассказано в появившейся в 1994 году книге «За океаном и на острове», написанной бывшим руководящим сотрудником внешней разведки КГБ СССР А.С.Феклисовым в виде автобиографических записок, в которой повествуется о нелегкой и опасной деятельности сотрудников советской резидентуры в США и Англии в 40-60-х годах. В своих воспоминаниях автор рассказывает об операциях советской разведки в США и Англии, сопоставляя другие материалы, можно догадаться об участии Ю.Розенберга и его товарищей А.Саранта и Дж.Барра в этих операциях.

Надо сказать, что это было время, когда СССР в одиночку вел войну с немецкой армией. Реальной помощи со стороны США и других западных держав не было, но зато были долгие разговоры об открытии второго фронта в Европе против военной машины Гитлера. «Союзники» наблюдали: чья возьмет? Однако многие простые люди в Америке (среди них было и много русских эмигрантов) старались искренне помочь «Советам» в меру своих возможностей и сил. И в подтверждение этого известно очень много примеров. Юлиус Розенберг и его товарищи выбрали свой путь помощи.

При угрозе ареста Дж.Барр в 1948 году уезжает из США во Францию, а оттуда, буквально из-под носа агентов ЦРУ, в Чехословакию, где и меняет свою фамилию на Берг.

В 1950 году арестовывают Юлиуса Розенберга и его жену Этель. А.Сарант (Ф.Старос), уже имея на руках вызов на очередной допрос в ЦРУ, в июле этого года спешно покидает США и перебирается в Мексику, а оттуда, с помощью советских служб, нелегально, под новой фамилией, в Европу, в Польшу.

В 1951 году в Москве, в гостинице «Москва», организуется встреча двух соратников — Дж.Барра (И.Берга) и А.Саранта (Ф.Староса). С этого времени они уже долго не расстаются, вместе работают над созданием микроэлектронных приборов, но... работа эта ведется в Чехословакии. И только в 1955 году они приезжают в СССР, где начинается новый период их жизни и производственной деятельности, о котором кратко рассказывалось выше.

19 июня 1953 года супруги Розенберг были казнены в США на электрическом стуле с обвинением в передаче СССР военных секретов, в том числе по атомной бомбе. Юлиус Розенберг признал себя частично виновным, отвергнув обвинения в передаче атомных секретов. Этель не признала себя виновной.

Тогда одни люди определяли их как коммунистических шпионов, другие — как жертв «холодной войны», третьи — как предателей своей страны. В 70-е годы супругов Розенберг считали жертвами «холодной войны», ошибкой судебного разбирательства, а исполнение приговора — судебной ошибкой. Рассекреченные в США документы говорят о том, что их вина не установлена, и, следовательно, о том, что дело о них не закрыто.



*Дж. Барр, А Сарант, США, 1944 год*

Дж.Барр с советским паспортом на имя И.В.Берга в октябре 1990 года приехал в США. К его удивлению, ни ФБР, ни другие правительственные ведомства не препятствовали его пребыванию и не проявляли к нему видимого интереса. Вернувшись через год в США, он даже получил паспорт на свою истинную фамилию. Все это говорило о том, что в США отношение к событиям периода «холодной войны» изменилось.

В связи с этим приведу письмо А.Феклисова Джоулу Барру, которое интересно не только своим появлением, но и признанием роли группы Розенберга в совместной борьбе с фашизмом (перевод с английского языка Г.В.Носкина):

Джоул Барр  
Москва, 22 января 1998

Дорогой Джоул,

я знаю, что Вы не одобряете мое решение предать гласности и рассказать истинную историю дела Розенберга. Но мы, выжившие товарищи Юлиуса по оружию, имеем одну общую миссию, перед лицом которой должны отложить все наши различия — миссию реабилитировать наших дорогих друзей Джулиуса и Этель Ррозенберг. Ради этого я, Александр Феклисов, Вы, Джоул Барр и Мортон Собелл должны сформировать объединенный фронт с сыновьями Розенбергов, Майклом и Робертом. У меня такое ощущение, что грядущая 45-я годовщина смерти Юлиуса и Этель является наиболее подходящим временем, чтобы предпринять совместные усилия — СМИ, политические и юридические, чтобы по-новому открыть дело Розенбергов.

И для этой благородной цели Вы должны быть столь же мужественным, как Вы были в годы нашей совместной борьбы против фашизма, выйти и рассказать истинную историю американской союзнической помощи во время войны Юлия Розенберга.

Джо, пожалуйста, извините меня за грубый стиль письма, но у нас осталось в запасе слишком мало времени. Я умоляю Вас, как мужественного человека и надежного друга, подняться и рассказать об истинных исторических событиях. Пожалуйста, черкните мне строчку.

Истинно ваш, Александр Феклисов

Последние годы жизни Дж.Барр делил между Россией и США.

1 августа 1998 года, с кончиной Джоула Барра — Иосифа Берга, завершилась история двух американцев, которые у себя на родине искренне служили делу борьбы с фашизмом и построению нового общества в другой стране. Оказавшись в СССР, они отдавали свой талант и знания созданию передовой оборонной и народно-хозяйственной техники СССР, который стал для них второй родиной.



Автономная навигация лунного корабля Л1.  
«Открытие» НИИМП.  
Первые микроэлектронные космические БЦВМ

В процессе развития проектов 7К-Л1 и Л3 проблемы автономного определения местоположения корабля, особенно при различных нештатных ситуациях, в том числе и при потере связи с Землей, встали очень остро. Поэтому, применительно к «Вычислителю», как уже упоминалось выше, по этим задачам кроме НИИ-88 велась интенсивная работа и с ОПМ МИ им.В.А.Стеклова АН СССР.

Под руководством Б.В.Раушенбаха были расширены в этом направлении работы и в ОКБ-1. В секторе В.П.Легостаева для разработки задач автономной навигации была организована группа под руководством Эрнста Гаушуса.

Еще до выхода октябрьского решения по кораблю 7К-Л1 было ясно, что основные усилия коллектива ОКБ-1 и смежников будут направлены на «более простую лунную программу», а именно - облет пилотируемым кораблем Луны с возвращением на Землю после прохождения второй космической скорости.

Оценки реализации минимального состава задач автономной навигации (АН) показали, что при активном включении экипажа в проведение астроизмерений на борту пилотируемого корабля с помощью полуавтоматических астронавигационных приборов требования к бортовой ЦВМ по вычислительным возможностям можно существенно снизить.

Учитывая это, а также то, что на корабле 7К-Л1 образовался острейший дефицит по массе, мы решили все-таки рассмотреть возможность создания для решения только навигационной задачи специализированной БЦВМ меньшей массы и электрической мощности, но более надежной. Решили попробовать «прокатать» эту задачу с предприятиями ГКЭТ, поскольку монополизм этого ведомства в разработке микроэлектронных приборов привел их в то время к крамольной мысли: а зачем отдавать предприятиям комитета по радиоэлектронике полученные в муках ограниченные количества микросхем, когда можно самим собирать из них готовые приборы? Собственно, основное препятствие для НИЭМ ГКРЭ в сжатые сроки создать БЦВМ по нашему ТЗ и состояло в отсутствии микроэлектронной базы.

В июне 1965 года я еду на разведку в НИИ микроприборов и Центр микроэлектроники в Крюково под Москвой. Принял меня директор НИИ Игорь Николаевич Букреев. Произошел интересный разговор. Мне показали все, чего достиг институт за два с небольшим года своего существования. В мелкую серию были запущены тонкопленочные корпусные микросхемы «2С» полного логического набора, на которых уже были разработаны отдельные типовые узлы цифровой техники. Тогда же с И.Н.Букреевым и его ведущими специалистами мы рассмотрели предложение о создании в течение примерно 13-15 месяцев на разработанной в институте тонкопленочной микросхемотехнике специализированной бортовой ЦВМ.

И.Н.Букреев и его специалисты посчитали, что они за такую задачу могли бы взяться. Решили еще подумать, съездить к нам, посмотреть «Кобру-1» и «Вычислитель».

18 июня к нам приехала делегация от И.Н.Букреева во главе с Л.Н.Флоровским. Посмотрели они схемотехнику «Вычислителя», обсудили с нами возможные характеристики будущей микроэлектронной БЦВМ и уехали с большей уверенностью в том, что БЦВМ они смогут сделать.

Вскоре в НИИМП Б.В.Раушенбах и я встретились с И.Н.Букреевым и договорились о разработке ТЗ на специализированную БЦВМ и проработке производственных и финансовых вопросов соглашения.

В начале сентября 1965 года практически было разработано и в рабочем порядке согласовано ТЗ на специализированную БЦВМ для решения ограниченного круга задач автономной навигации на пилотируемом космическом корабле 7К-Л1.

В связи с дефицитом масс на корабле и с трудностью компоновки на нем «Вычислителя» решение о создании и установке на корабль средств для решения жизненно важных ограниченных задач автономной навигации на базе специализированной БЦВМ становилось чрезвычайно актуальным и требовало утверждения главного конструктора.

В связи с этим в начале октября 1965 года С.П.Королеву направляется «Предложение по решению задач автономной навигации на борту пилотируемых космических объектов типа Л1, Л3» за подписями В.П.Мишина, Б.Е.Чертока, С.С.Крюкова, Б.В.Раушенбаха и от ОПМ МИ АН СССР Д.Е.Охоцимского.

«Предложение» включало следующие разделы:

- Обоснование необходимости решения задач АН.
- Возможность реализации бортовых измерений с необходимой точностью экипажем с помощью разработанного астронавигационного прибора.
- Метод решения задач АН.
- Применение бортовой ЦВМ как необходимое условие решения задач.
- Активное участие экипажа в решении задач АН как способ снижения требований к БЦВМ, повышения надежности и достоверности решения в целом.
- Состав и структура автономной бортовой системы навигации.
- Требуемые технические характеристики БЦВМ и пульт пилота для обмена данными с БЦВМ.
- Оценка возможного объема работ экипажа.
- Предложения по кооперации работ и оценка сроков реализации задачи.
- Выводы.

Некоторые фрагменты «Предложения»:

...Возможны сбои в работе радиолинии особенно, при возвращении к Земле со второй космической скоростью с посадкой на территории СССР. Потеря связи может привести к гибели объекта. В качестве дублирующей может выступать система бортовой автономной навигации и управления с участием космонавтов.

Оценки точности прогнозирования, проведенные в ОКБ-1, ОПМ МИ АН СССР и НИИ-88, показали, что с помощью бортовой оптической измерительной системы с ошибками измерения около 10 угл.сек. принципиально возможно решить весь комплекс навигационных задач, связанных с выведением КА к Луне и его возвращением к Земле с точностью не хуже 10 км по высоте условного перигея орбиты. При этом полное решение всего комплекса навигационных задач требует наличия на борту универсальной БЦВМ. Учитывая необходимость в средствах АН для управления Л1-Л3 и сжатость сроков по их разработке, был рассмотрен упрощенный вариант автономной бортовой навигационной системы и метод решения задач АН, использующий в качестве вычислительного средства специализированный вычислитель. Смысл упрощения сводится к тому, чтобы путем сужения круга решаемых навигационных задач, уменьшения оперативности их решения и увеличения загрузки космонавтов ослабить требования к ЦВМ..

Автономными бортовыми средствами должны быть решены две основные задачи в процессе управления полетом: одна — проведение последней коррекции траектории возвращающегося на Землю корабля, обеспечивающей точность входа коридора в атмосферу по высоте условного перигея 10 км, другая — связанная с выходом из аварийной ситуации, возникшей в результате выявления неисправности после вывода космического корабля на геоцентрическую траекторию полета к Луне. При этом бортовая автономная навигационная система позволит обеспечить возвращение на Землю с точностью в 25 км высоты условного перигея...

Состав бортовой автономной навигационной системы:

1. Специализированная цифровая вычислительная машина с устройствами вывода данных на интегратор и систему ориентации и приема меток СЕВ.
2. Астронавигационный измерительный прибор для измерения угловых величин.
3. Пульт ручного управления и индикации, обеспечивающий обмен информацией с СЦВМ и пилотом по вводу и выводу данных.
4. Звездный атлас с необходимыми таблицами.
5. Инструкция для работы с системой.
6. Хронометр.
7. Пульт ручного ввода уставок в БЦВМ системы управления.

СЦВМ должна обеспечить:

- решение задач определения координат космического корабля по результатам обработки введенных данных;
- решение задачи расчета уставок на проведение коррекции траектории;
- выдачу уставок на интегратор и систему ориентации по командам с пульта пилота;
- счет и хранение меток СЕВ и формирование бортового времени;
- преобразование данных, вводимых с пульта, и преобразование результатов вычислений на пульт.

СЦВМ должна отвечать следующим минимальным требованиям:

- одноадресная последовательного действия с фиксированной запятой;
- разрядность — 32 двоичных разряда;
- ОЗУ — 32 полноразрядных числа;
- ПЗУ констант — 100 чисел;
- ПЗУ команд — 2048 чисел;
- ввод/вывод (обмен с пультом) десятичных чисел, угловых величин, времени;
- ввод данных с астроизмерительного прибора последовательным двоичным

13-разрядным кодом;

- выдача данных позиционным кодом на 4 абонента;
- масса с пультом — 12 кг;
- электрическая мощность, включая пульт — 19 Вт;
- вероятность безотказной работы за 20 часов непрерывной работы — 0,992.

Предложения по распределению работ и кооперации:

1. ОКБ-1 — головное по системе АН, ответственное за разработку ТЗ на СЦВМ, сопровождение ее разработки и разработку электрической схемы системы.
2. НИИ-335 МЭП — разработка СЦВМ.
3. ГОИ МОП с заводом «Арсенал» — разработка и поставка астроизмерительного прибора.
5. ГНИИ КМ МО — исследование факторов инженерной психологии при решении задач с участием экипажа.

Основным звеном, определяющим сроки разработки системы, является СЦВМ. По предварительному согласованию с НИИ-335, который предполагается разработчиком СЦВМ, изготовление и поставка летных образцов могут быть произведены в мае 1967 года. Однако при соответствующем внимании к этой работе сроки изготовления СЦВМ могут быть сокращены.

Выводы:

1. Разработка системы автономной навигации пилотируемого КК является чрезвычайно актуальной задачей, позволяющей существенно повысить надежность выполнения основной задачи объекта.

2. Применение упрощенного варианта автономной бортовой навигационной системы с вычислителем высокой надежности с учетом возможностей экипажа космического корабля позволит решить следующие частные задачи автономной навигации:

— расчет уставок на проведение последней коррекции траектории возвращаемого на Землю лунного космического корабля, обеспечивающей необходимую точность входа коридора в атмосферу по высоте условного перигея 10 км;

— расчет уставок на выход из аварийной ситуации, возникшей в результате выявления неисправности после вывода космического корабля на геоцентрическую траекторию полета к Луне с обеспечением возвращения на Землю с точностью в 25 км высоты условного перигея.

3. Характеристики упрощенной системы автономной навигации необходимы и достаточны для решения вышеперечисленных задач и могут быть получены на базе существующей схемотехники с применением средств микроэлектроники.

Главный конструктор С.П.Королев «Предложение...» рассмотрел и одобрил. Его резолюция была краткой и определенной: «Предложение необходимо реализовать. Для воплощения нужны энтузиасты, которых надо поддержать».

После этого ТЗ на СЦВМ было окончательно подготовлено, подписано нами «снизу» и представлено на утверждение С.П.Королеву. Утвердил он его в конце декабря 1965 года, и это был один из последних документов, утвержденных им перед уходом в больницу. Так что первая БЦВМ для космического корабля, выполненная на отечественной микроэлектронной схемотехнике, получила путевку в жизнь, можно сказать, с благословения С.П.Королева.

До конца 1965 года ТЗ было отправлено в НИИМП (НИИ-335) Центра микроэлектроники, и уже 5 января 1966 года был оформлен договор № 180 на тему «Разработка СЦВМ по теме "Салют-1"»

Далее и сама СЦВМ стала называться «Салют-1», открыв родословную последующим БЦВМ семейства «Салют».

Еще до получения первого образца «Салюта-1» в НИИ-335 было выдано ТЗ на БЦВМ для пилотируемого космического корабля ЛЗ, которая получила название БЦВМ «Салют-2». Забегая вперед, скажем, что далее были разработанные уже в ЦКБЭМ ТЗ на БЦВМ «Салют-3» и «Салют-4», но об истории их создания и жизни будет рассказано позже.

В соответствии с договором № 180 от 5 января 1966 года НИИ-335 поставляет в ОКБ-1 один технологический комплект и два летных образца СЦВМ «Салют-1». Технологический образец СЦВМ предназначался для отладочных и стыковочных работ в составе изделия Л1. Дополнительный экспериментальный (4-й) образец оставался в НИИ-335. Срок поставки первого образца — декабрь 1966 года, летные образцы — I и II кварталы 1967 года.



*БЦВМ «Салют-1» с пультом управления,  
разработанные для лунного корабля Л1*

Поставки летных образцов укладывались в сроки, которые были вскоре определены в решении ВПК № 101 от 27 апреля 1966 года, исходя из того, что пилотируемый пуск Л1 должен был состояться к 50-й годовщине Октября.

НИИ-335 строго выполнял свои обязательства. Как и было оговорено договором, через месяц (9 февраля) нам был направлен на рассмотрение аванпроект по СЦВМ «Салют-1». Для приемки аванпроекта начальником 9ГУ МЭП распоряжением № 36 от 23 февраля была создана комиссия под председательством Б.В.Раушенбаха. К сожалению, председатель вместе с членами комиссии допустили определенное разгильдяйство и затянули более чем на месяц выдачу заключения на аванпроект, что привело к тому, что И.Н.Букрееву пришлось выходить к руководству ОКБ-1 (в копии директору Центра Ф.В.Лукину) со специальным обращением по ускорению выдачи заключения.

Заключение было в целом положительное, с рядом рекомендаций (необходимость принятия мер по повышению надежности, увеличению быстродействия, расширению функций по вводу и выводу данных), которые предлагалось учесть на стадии ОКР. В апреле 1966 года заместитель главного конструктора ЦКБЭМ (так стало с марта 1966 года называться ОКБ-1) Б.Е.Черток и директор Центра микроэлектроники Ф.В.Лукин утвердили ТЗ на ОКР по разработке, изготовлению и поставке СЦВМ «Салют-1».

От ЦКБЭМ ТЗ подписали А.А.Шустов, я, Б.В.Раушенбах, от НИИ-335 — Б.Ф.Высоцкий, А.С.Новожилов, А.С.Флоровский.

Для стадии ОКР были определены следующие характеристики СЦВМ «Салют-1»:

- одноадресная последовательного действия с фиксированной запятой;
- разрядность — 32 двоичных разряда;
- ОЗУ — 64 полноразрядных числа;
- ПЗУ констант — 128 32-разрядных чисел;
- ПЗУ программ и команд — 3072 17-разрядных чисел;

- быстродействие — 500 операций/сек;
- ввод/вывод (обмен с пультом) десятичных чисел, угловых величин, параметров времени;
- универсальная система команд с выполнением операций с одинарной и удвоенной точностью (64 разряда);
- ввод данных с астроизмерительного прибора последовательным двоичным 13-разрядным кодом;
- выдача данных позиционным кодом на 4 абонента;
- вывод данных на прибор ручного ввода уставок в БЦВМ системы управления число-импульсным кодом;
- вывод на пульт сигналов индикации о режимах работы окраски данных;
- масса с пультом — 15 кг;
- электрическая мощность с пультом — 56 Вт;
- вероятность безотказной работы за 20 часов непрерывной работы — 0,992.

В общем, планировали малый специальный вычислитель, а получилась по тем временам вполне приличная БЦВМ, ориентированная на выполнение сложных вычислений и работу не в реальном масштабе времени. В конструкторской документации собственно СЦВМ «Салют-1» имела индекс 1СТ1, а пульт управления и индикации — 1СТ2.

Следует отметить, что наряду с «Салютом-1» для корабля практически в то же время началась разработка и другой микроэлектронной БЦВМ. Как я выше упоминал, главным разработчиком системы управления кораблей Л1 и Л3 был определен НИИАП, главный конструктор которого Н.А.Пилюгин уже четко проникся мыслью, что без БЦВМ они систему управления с заданными требованиями для этих кораблей просто не сделают. В конце мая 1965 года С.П.Королев и Н.А.Пилюгин подписали решение о выпуске эскизного проекта по системе управления Л3, в состав которой входила БЦВМ.

Своих БЦВМ в НИИАП в то время еще не было, не считая урезанного макета, который они построили на схемотехнике нашей «Кобры-1», поэтому они обратились в НИЭМ к С.А.Крутовских с просьбой о создании тоже малой БЦВМ для систем управления кораблей Л1, Л3. Основу этой БЦВМ составила БЦВМ «Аргон-11А», аванпроект которой по ТЗ НИИАП разработал НИЭМ для систем управления новых баллистических ракет.

ТЗ на разработку бортовых вычислительных машин «Аргон-11» и «Аргон-11А» заместитель главного конструктора НИИАП М.С.Хитрик в конце ноября 1965 года направил главному конструктору ОКБ-1 С.П.Королеву, главному конструктору ОКБ-692 В.Г.Сергееву (Харьков), директору НИЭМ С.А.Крутовских и заместителям министров МОМ и МРП Гусеву и Богданову.

С.П.Королев этого ТЗ не видел, оно более месяца находилось в папке В.П.Мишина, который только 30 декабря 1965 года направил его без комментариев Б.Е.Чертоку и С.С.Лаврову. Б.Е.Черток 7 января 1966 года адресовал ТЗ своим заместителям Б.В.Раушенбаху и А.А.Шустову (последний, правда, не был еще официально утвержденным замом) с указанием: «Для проработки и учета, что эти машины будут в 1966 г. (? 1968 г.) в малой серии». Б.В.Раушенбах 14 января направил ТЗ Б.Скотникову и Э.Гаушусу с вопросом: «В какой мере эти машины могут служить основой машины по Л3?» А.А.Шустов 29 января направил ТЗ Г.В.Носкину, П.Н.Куприянчику и И.А.Сосновику: «Для проработки и использования в работе».

В феврале 1966 года Б.Е.Чертоку доложили результаты проработки возможности и целесообразности использования этих машин в программе ЛЗ. Мнение было единодушно отрицательным — эти БЦВМ по массово-энергетическим характеристикам не подходили для корабля ЛЗ, что и понимали в НИИАП, когда договаривались с НИЭМ о создании малой БЦВМ на базе «Аргон-11А». Появление же реального образца «Аргон-11А» в 1966 году совершенно исключалось, поскольку даже выпуск эскизного проекта по этой БЦВМ в НИЭМ совместно с НИИАП планировался в марте 1966 года.

Элементной базой БЦВМ «Аргон-11А» и малой БЦВМ на ее базе для аппаратов Л1, ЛЗ были первые отечественные серийные толстопленочные микроэлектронные схемы «Тропа-1» предприятия Минэлектронпрома.

БЦВМ для системы управления Л1, ЛЗ получила название «Аргон-11С». СЦВМ «Салют-1» и БЦВМ «Аргон-11С» предстояло вместе решать новые задачи автономного управления и навигации. Причем связь между ними была не только функциональная, но и прямая, так сказать, электрическая. Дело в том, что по результатам решения навигационных задач на СЦВМ «Салют-1» рассчитывались уставки для ввода в БЦВМ системы управления. Этой БЦВМ и был «Аргон-11С». А пульт ручного ввода уставок (ПРВУ), как упоминалось выше, входил в систему автономной навигации ОКБ-1. Наша лаборатория взялась за разработку этого пульта. Работу выполнила группа под руководством Николая Рукавишникова, в состав которой входили квалифицированные специалисты (Евгений Васенков, Валентин Глазнев, Борис Тарасенко, Николай Вольнов, Людмила Калинина, Сергей Михеев, Герман Седов, Юрий Банщикова и др.), частично освободившиеся от разработки ПВУ кораблей 2МВ и 3МВ. После того как Николай Рукавишников стал готовиться к полету в космос, руководить работами стал Е.Васенков. Схемотехника ПРВУ была та же, что и в ПВУ межпланетных кораблей, с поэлементным резервированием, отлично себя зарекомендовавшая.

Следует отметить, что за разработку этого прибора очень бился главный конструктор специального опытного конструкторского бюро (СОКБ) ЛИИ МАП С.Г.Даревский, являвшийся, я уже выше упоминал, главным конструктором всех пультов пилота и средств ручного управления пилотируемых космических аппаратов. В связи с этим он вел массивную обработку (письменно и устно) Б.Е.Чертока и главного проектанта К.П.Феоктистова. Но к тому времени наша лаборатория по опыту разработки цифровых приборов и, пожалуй, творческому потенциалу) в этой части уже превосходила СОКБ ЛИИ, а посему разработка ПРВУ для Л1 и его изготовление было оставлено в ОКБ-1. В дальнейшем аналогичный прибор, но с расширенными функциями, для корабля ЛЗ уже без всякой борьбы с СОКБ ЛИИ разрабатывался в этом же коллективе.

Прибор РВУ для Л1 получился очень удачным и надежным. Забегая вперед, можно сказать, что этот бортовой прибор еще до установки на борт БЦВМ «Салют-1» и до подготовки пилотируемого корабля стал неотъемлемой частью всего испытательного комплекса кораблей по теме Л1. ПРВУ работал на стендах НИИАП при отработке системы управления с БЦВМ «Аргон-11С», в КИСе ЦКБЭМ, на Техническом комплексе на космодроме и всегда уходил в полет на беспилотных кораблях Л1, не имея отказов и замечаний.



Уже позже, в марте 1973 года, по заявке группы авторов (В.Ф.Глазнева, меня, Н.Н.Рукавишников, Б.А.Тарасенко) «Устройство для ввода информации» было признано изобретением и на него выдано авторское свидетельство.

Основные функции ПРВУ:

- включение и задание режимов работы БЦВМ «Аргон-11 С»;
- подготовка и задание на тестирование БЦВМ;
- ручная закладка уставок в БЦВМ системы управления с квитированием;
- хранение уставки и резервная выдача главной команды на отсечку двигателя по команде космонавта;
- контроль закладки уставок по радиолинии в БЦВМ (квитирование из БЦВМ);
- вызов содержимого ОЗУ БЦВМ на собственные средства индикации;
- хронометрирование времени полета спускаемого аппарата Л1 на этапе второго погружения.

Основные функции БЦВМ «Аргон-11 С»:

- стабилизация корабля на разных этапах полета;
- обеспечение программных разворотов;
- выработка главной команды на отсечку двигателя;
- управление спуском во всех режимах;
- тестирование системы управления. Характеристики БЦВМ «Аргон-11С»:
- одноадресная, последовательного действия, с фиксированной запятой;
- разрядность — 14 двоичных разрядов;
- ОЗУ — 128 чисел;
- ПЗУ программ и команд — 4096 чисел;
- быстродействие — 25 000 простых операций/сек;
- связи с датчиками и системой исполнительных органов СУ, связь с ПРВУ;
- упрощенная система команд (15 команд) с выполнением операций обмена данными между каналами БЦВМ;
- масса в троированном варианте — 34 кг;
- электрическая мощность при работе трех каналов — 75 Вт;
- вероятность безотказной работы за 10 минут непрерывной работы — 0,993.

Видно, что по вычислительным возможностям эта БЦВМ существенно уступает СЦВМ «Салют-1», но она работала в динамическом контуре и ее характеристики, естественно, ориентированы на рефлексивное управление.

Технологический образец СЦВМ «Салют-1» вместе с наземным испытательным оборудованием и комплектом документации появился в ЦКБЭМ 5 апреля 1967 года, т.е. с отставанием от плана ровно на один квартал. Мы считали, что это был успех наш и, конечно, коллектива НИИ-335 под руководством его директора И.Н.Букреева, главного инженера Б.Ф.Высоцкого и основных разработчиков этой БЦВМ: главного конструктора А.С.Флоровского, начальника отдела А.С.Новожилова, ведущих разработчиков А.Г.Алексы, П.Н.Возьмилова, В.В.Маркова, Ю.Б.Глазкова, А.А.Киселева, В.Галахтина и других, поскольку родилась первая отечественная космическая БЦВМ на тонкопленочной микроэлектронике.

Надо сказать, что в процессе реализации программы Л1 главным конструктором НИИАП Н.А.Пилюгиным было принято решение о разработке новой собственной БЦВМ для управления движением лунного орбитального корабля Л3 и комплекса Н1-Л3. Разработанная БЦВМ на элементной базе «Тропа» (элементы, на которых была реализована БЦВМ «Аргон-11С») получила индекс С-530.

Разработка этой БЦВМ, всей вычислительной системы ЛОК и программного обеспечения проводились под руководством и при непосредственном участии ведущих специалистов НИИАП: И.Ц.Гальперина, М.А.Качарова, В.А.Немкевича, О.М.Невского, А.Г.Глазкова, Б.Н.Вихорева. С мая по ноябрь 1967 года мы согласовали с НИИАП практически все вопросы применения БЦВМ С-530 (размещение блоков, функции ПРВУ, перечни и характеристики электрических связей).

## Г.Я.Гуськов ВНИИМП. Расширение работ по БЦВМ

Весной 1967 года в НИИМП из одного из космических предприятий на должность заместителя главного инженера пришел Геннадий Яковлевич Гуськов — Герой Социалистического Труда, получивший эту высокую награду за создание уникального Евпаторийского центра слежения и управления космическими аппаратами, запускаемыми для исследования планет Марса, Венеры и Луны. Вскоре он сменил И.Н.Букреева на посту директора института.

Все последующие разработки космических БЦВМ и специализированных приборов по нашей тематике проводились уже под непосредственным руководством Г.Я.Гуськова.

Следует отметить, что положительный опыт, полученный коллективом института при создании БЦВМ «Салют-1» с одной стороны, и приход Г.Я.Гуськова к руководству института с другой, существенно расширили фронт работ НИИМП не только по созданию космических БЦВМ на микроэлектронной базе по нашим («Салют-2», «Салют-3»), но и по созданию новых специализированных приборов для космических аппаратов на этой же базе, по ТЗ специалистов ЦКБЭМ. Так, в 1967 году в НИИМП по инициативе начальника группы Юрия Прокудина были начаты разработки уникального цифрового прибора для системы управления спуском пилотируемых кораблей



*Г.Я.Гуськов,  
Генеральный директор  
НПО «ЭЛАС»*

«Союз» на основе обработки данных струнных акселерометров. Прибор получил название «Струна», которое сохранилось за ним во всех его модификациях (первая модель по конструкторской документации имела индекс 1СН). Чуть позже была начата разработка прибора программно-временного управления «Спектр», или, по конструкторской документации первого варианта, 1СП. После разработки эти приборы и их последующие модификации были запущены в мелкосерийное производство, и им была уготована долгая жизнь на пилотируемых космических аппаратах.

Параллельно с созданием БЦВМ велись интенсивно работы по алгоритмам и программам решения навигационных задач.

Был разработан и утвержден план-график совместных работ ОПМ МИ АН СССР и ЦКБЭМ по разработке системы автономной навигации космических комплексов Л1, Л3.

От ОПМ план-график был утвержден 28 мая 1966 года директором ОПМ академиком М.В.Келдышем, от ЦКБЭМ — главным конструктором членом-корреспондентом АН СССР В.П.Мишиным.

Подписан план-график от ОПМ Д.Е.Охочимским и В.А.Егоровым, от ЦКБЭМ — Б.Е.Чертоком, Б.В.Раушенбахом, А.А.Шустовым. Так как этот ПГ был пограничным в переходе к БЦВМ «Салют-1» и определял ответственность сторон в этой работе, я приведу из него следующие основные пункты:

- разработка математического задания на программирование задач автономной навигации (АН) отв. ОПМ, срок — 30.05.66 г.;
- разработка ТЗ на систему АН отв. ЦКБЭМ, срок — 10.06.66 г.;
- уточнение задания и конкретизация его с учетом реализации на БЦВМ «Вычислитель-2» (время выполнения, надежность, система команд) отв. ОПМ, срок — 30.06.66 г.;
- программирование задач в командах «Вычислителя-2» отв. ЦКБЭМ, срок — 30.08.66 г.;
- отладка задач на ЭВМ М-20 с моделирующей программой «Вычислителя-2» отв. ЦКБЭМ с участием ОПМ, срок — 30.09.66 г.;
- прошивка ПЗУ «Вычислитель-2» отв. ЦКБЭМ с участием ОПМ, срок — 30.10.66 г.;
- экспериментальная отработка решения задач АН на опыт ном образце отв. ЦКБЭМ с участием ОПМ, срок — 30.11.66 г.;
- составление программы работы экипажа в системе АН отв. ЦКБЭМ, ОПМ, срок—15.12.66 г.;
- выпуск ИН по работе экипажа отв. ЦКБЭМ с участием ГНИЙ КМ, срок —15.01.67 г.;
- проведение аналогичных работ для БЦВМ «Салют-1» отв. ЦКБЭМ, ОПМ, срок — 30.6.67 г.

Этот план-график, как оказалось, был несколько оптимистичным по срокам. Создание бортовых алгоритмов и реализация на БЦВМ программ автономной навигации были делом более сложным и трудоемким, чем представлялось вначале. Конкретное программирование задач на «Вычислителе» и на «Салюте-1» показало, что некоторых характеристик ресурсов БЦВМ было в обрез. да и собственно программистского опыта тоже недостаточно. Тем не менее, план был выполнен по основным позициям с одной существенной поправкой — с конца 1966 года упор в реализации задач АН для корабля Л1 был перенесен на «Салют-1».

Как уже ранее упоминалось, мы вынуждены были на это пойти в силу того, что по габаритно-массовым характеристикам, с одной стороны, и второстепенности других задач на этом корабле (автоматизированный контроль состояния систем и экипажа, централизованная бортовая обработка данных и командное управление с БЦВМ), с другой, «Вычислитель-2» и связанные с ним устройства (ВЗУ, СКП) не были включены в состав корабля. Осталась только автономная навигация с БЦВМ «Салют-1» и ПРВУ. Это в какой-то мере повлияло и на дальнейшую судьбу «Вычислителя-2». Вспомним, как развивались события по этой нашей БЦВМ.

## БЦВМ «Вычислитель-2» в Лунной программе

После выхода Постановления ЦК КПСС и Совмина от 25.10.65 г. по Л1 в план-график работ был включен завод № 123 для изготовления БЦВМ «Вычислитель-2», и всего необходимого для создания бортовой централизованной системы контроля, обработки информации, управления и автономной навигации. Кроме упомянутого завода были привлечены ЦНИИ-30 (участие в отработке технологических и летных комплектов ЦВМ), ОПМ МИ АН СССР (алгоритмы автономной навигации), ОКБ МЭИ (внешнее запоминающее устройство), НИИ-885 (внешнее запоминающее устройство другого типа), ЗФИА Украины (многоканальная система сбора и преобразования информации), ГНИИ КМ МО (алгоритмы врачебного контроля, вопросы инженерной психологии и эргономики), ЛВИКА им. Можайского (разработка моделирующей программы БЦВМ), Киевский завод «Реле и автоматика» (люминесцентные индикаторы).

Военной приемке завода № 123 было дано указание взять под контроль и обеспечить приемку изделий «Вычислитель-2» на соответствие документации ГК. В январе 1966 года в ОКБ-1 состоялось совещание представителей ОКБ-1, завода № 123 и ЦНИИ-30, на котором были рассмотрены вопросы изготовления и поставок ЦВМ «Вычислитель» в обеспечение работ по комплексу 7К-Л1. В проекте протокола совещания определялось, что завод № 123 для изделия Л1 изготавливает и поставляет в ОКБ-1 в 1966 году 8 комплектов ЦВМ «Вычислитель-2».

Первые два комплекта изготавливаются согласно договору № 143 от 2 февраля 1965 года. На них производится отработка всей рабочей документации совместно с заводом № 123 и отработка комплекса системы в ОКБ-1. Сроки изготовления и поставок: 1-я ЦВМ — апрель, 2-я ЦВМ — май 1966 года. Шесть остальных ЦВМ являлись летными комплектами. Изготовление их должно было осуществляться по дополнительному договору между ОКБ-1 и заводом № 123 с поставкой по одному комплекту в июле и сентябре и четырех — в IV квартале 1966 г.

В Протоколе также определялся порядок участия в изготовлении и настройке ЦВМ сотрудников ОКБ-1 и ЦНИИ-30. Было определено, что представительство Заказчика осуществляет приемку с первого летного образца. В январе 1966 года было принято Положение с индексом Э1488-21 о порядке ведения технической документации на ЦВМ «Вычислитель», разработанной ОКБ-1 и изготавливаемой заводом № 123.

Можно было бы эти сведения и не приводить, но они наглядно отражают накал и темпы, которыми велась работа по этой теме в то время. Восемь бортовых ЦВМ за девять месяцев! Поставленные цели определяли и темпы.

Не имея масштабной целевой функции, нельзя и работу организовать в высоком темпе. Иногда создается впечатление, что в настоящее время в нашей отрасли не очень жаждут интенсивной работы, а, скорее ищут причины и способы растягивания удовольствия в получении бюджетного финансирования, придумывая всякие бюрократические проволочки, зацепки, в том числе ссылки на бедность. А все на самом деле проще: нет настоящих целей, поднимающих и вдохновляющих на интенсивный труд. Как говорил философ Сенека: «Для человека, который не знает, к какой гавани он направляется, ни один ветер не будет попутным».



*Делегация НПО «Энергия» на праздновании 10-летия Уфимского приборостроительного завода. Заместитель главного конструктора В.А.Калашников, главный инженер ЗЭМ И.Б.Хазанов, начальник лаборатории Г.В.Носкин. Во втором ряду четвертый слева — директор УПЗ Н.Г.Ковалев*

Завод № 123 был заинтересован в быстром освоении «Вычислителя-2» не только под заказ Л1, но и потому, что ЦНИИ-30 и Управление заместителя Главкома ВВС А.Н.Пономарева вели работу по внедрению «Вычислителя-2» в ряд авиационных комплексов. Завод после обеспечения работ по Л1 собирался уже своими силами доводить «Вычислитель-2» под авиационные требования.

Но директивные и мобилизационные методы работы того времени всегда были не только под прессом внешнеполитических факторов, но были подвержены и внутривнутриполитическим коллизиям, происходящим в стране. Затронули они и нашу деятельность.

После отставки Н.С.Хрущева в октябре 1964 года последним годом существования совнархозов стал 1965 год. В 1966 году оборонные предприятия, которые входили в совнархозы, с ликвидацией последних стали возвращать в лоно вновь созданных министерств. Так получилось и с заводом № 123, который в апреле вернули в Минавиапром. Теперь уже министерство стало формировать перспективную программу завода.

Этому ведомству, во-первых, не могло нравиться, что завод вернулся в авиапром чрезмерно загруженным космическим приборостроением; во-вторых, ему нужен был завод, способный быстро освоить производство разработанной в авиационном НИИ БЦВМ «Орбита» для авиационных комплексов. На заводе стала проявляться пробуксовка с изготовлением «Вычислителя-2». В связи с этим Б.Е.Черток в начале июня 1966 года в письме на имя директора завода № 123 Н.Г.Ковалева подтверждает необходимость изготовления для изделия 7К-Л1 в 1966 году не менее пяти комплектов БЦВМ «Вычислитель-2» по имеющейся документации и просит срочно выслать на оформление финансовый договор. В ответ на это письмом от 20 июля Н.Г.Ковалев сообщает Б.Е.Чертоку, что в связи с большой перегрузкой завода БЦВМ «Вычислитель» будет изготовлен только в количестве двух комплектов по существующему договору.

Через месяц главный инженер завода № 123 Г.А.Панков письмом на имя Б.Е.Чертока подтверждает выполнение программы завода по существующим договорам и просит срочно сообщить, идет ли в комплект Л1 БЦВМ «Вычислитель-2».

В ОКБ-1 ситуация складывалась так, что «Вычислитель-2» на Л1, скорее всего, не попадал, но на завод сообщили, что вопрос о его установке будет решаться в октябре, после завершения испытаний первого корабля Л1.

Работы по коррекции и выпуску документации на «Вычислитель» продолжались. Был откорректирован и отправлен на завод № 123 полный комплект документации по типовым модулям, отработан комплексный тест БЦВМ и таблицы для его прошивки в ПЗУ. Была закончена разработка и направлено на завод и в ЦНИИ-30 для использования в работе техническое описание (ТО) «Вычислителя-2». Кстати, по просьбе И.А.Ястребова, директора Киевского филиала КБ О.К.Антонова, ТО было отправлено и на это предприятие.

В конце 1966 года на заводе № 123 технологический комплект «Вычислителя-2» был полностью изготовлен, велась его настройка. Вторая БЦВМ также была изготовлена и готовилась к испытаниям и сдаче.

Тем временем в МАПе была создана комиссия по рассмотрению целесообразности применения «Вычислителя-2» в авиационных комплексах и соответственно продолжения его изготовления на заводе № 123 для этих целей.

Летом 1967 года я был направлен в МАП для ознакомления и согласования Протокола комиссии под председательством заместителя министра МАП В.А.Казакова о прекращении изготовления на заводе № 123 в Уфе БЦВМ «Вычислитель-2» для использования в авиационных комплексах. В Протоколе были изложены «технические доводы» о нецелесообразности применения «Вычислителя-2» в авиационных комплексах, среди которых основным выступал довод о «возможной неработоспособности ЦВМ в условиях повышенных температур из-за плохого теплоотвода».

С учетом того, что «Вычислитель-2» не вошел в состав корабля Л1 и вышеупомянутого решения МАПа, руководство завода в августе 1967 года известило нас о прекращении работ по изготовлению этого изделия. Первую технологическую машину завод отправил нам вместе с большим комплектом изготовленных модулей, а вторая машина, по согласованию с нами, была оставлена на заводе.

Так закончилась эпопея создания нашей собственной БЦВМ.

С одной стороны, нам было жалко, что эта хорошая разработка опоздала с установкой на космический борт, но, с другой стороны, мы уже видели, что время дискретной техники для БЦВМ без возврата проходит, нужно интенсивно переходить на новую микроэлектронную технику. Собственно, создав и имея ко времени закрытия работ по «Вычислителю» БЦВМ «Салют-1», мы практически могли ощутить преимущества и возможности микроэлектроники. Создавать же своими силами на новой элементной базе изделия типа «Вычислитель» мы в ЦКБЭМ не могли из-за неготовности нашего приборного производства к таким работам.

## БЦВМ «Салют-1» на Л1

Но опыт не пропадает. Большой квалифицированный коллектив нашей лаборатории (около 25 человек), освободившись от работ по «Вычислителю» (испытания, сопровождение работ на заводе в Уфе, программирование задач, коррекция документации и т.п.), сконцентрировал свои силы на работах, связанных с установкой и использованием микроэлектронных БЦВМ на кораблях Л1 и Л3.

На пилотируемый вариант Л1 (с корабля № 6) в комплексную электрическую схему была введена БЦВМ «Салют-1». Соответственно прибавилось работы по функциональным и электрическим стыковкам и с экспериментальной отработкой «Салюта-1» с астронавигационным прибором, системой единого времени, системой электропитания, пультом пилота.

В связи с тем что на борт установили БЦВМ, построенную на потенциальной слаботочной микросхемотехнике, остро встал вопрос с отработкой этой техники на электрическую и магнитную помехоустойчивость, так как у нас еще не был накоплен достаточный практический и экспериментальный опыт. На наших бортовых цифровых приборах, построенных на импульсной феррит-транзисторной технике, можно сказать, горя не знали. Теперь нам пришлось придумывать различные установки генерации помех, предположительно близких к реальным бортовым помехам, о чем тоже достоверных данных еще не было.

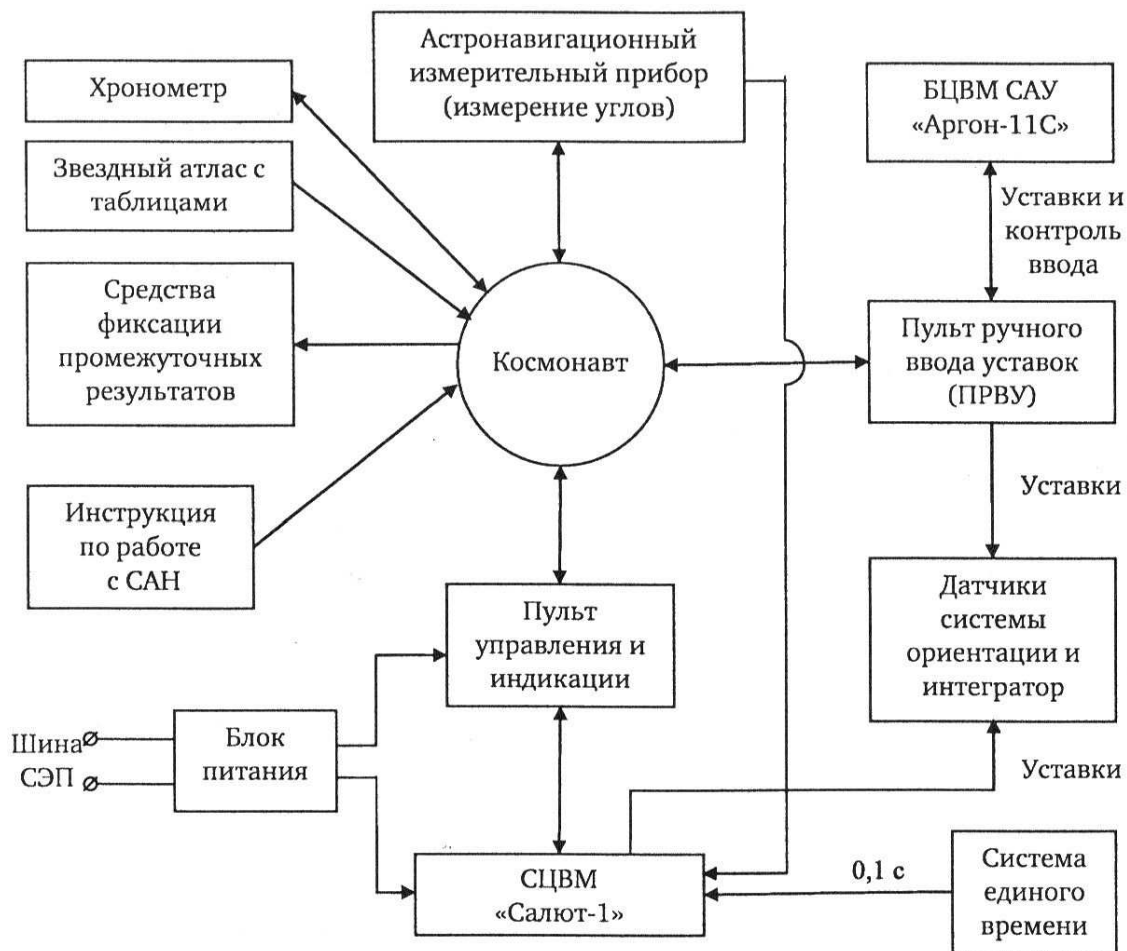
И особенно увеличился объем работ по программированию задач автономной навигации на «Салюте-1». Для БЦВМ «Вычислитель-2» уже много было сделано и по алгоритмам, и по программам. Теперь сделанные программы надо было переносить на новую БЦВМ с учетом ее ограничений и специфики. Помимо решения проблем размещения программ в малых объемах памяти, необходимо было решать задачи распределения рациональным образом функций между человеком-пилотом и машиной. Ограниченные возможности по управлению и отображению информации на пульте «Салюта-1», по сравнению с теми средствами, которые были спроектированы и частично реализованы, для взаимодействия пилота с БЦВМ «Вычислитель» (автоматическая выдача пилоту по командам БЦВМ развернутых текстовых сообщений и рекомендаций на специальном оптико-волоконном экране), создавали дополнительные трудности и космонавту, и создателям программ.

Надо отдать должное изобретательности Виктора Шарова и членам его группы программистов Юрию Багдасаряну, Валентине Шутенко, Борису Пряхину, Валерию Константинову, Игорю Скрипкину, Тамаре Казаковой, Валентине Ломакиной и другим, которые в теснейшем взаимодействии с математиками ОПМ МИ АН СССР из группы Т.М.Энеева смогли справиться с этой задачей. Была выполнена, я бы сказал, уникальная, филигранная работа по размещению сложной задачи автономной навигации в имеющиеся ресурсы БЦВМ «Салют-1».

Далее встал вопрос подготовки и тренировки экипажей пилотируемых кораблей Л1 для решения задач автономной навигации и умения работать с новой техникой. Для этой цели решили создать в ЦКБЭМ, в нашей лаборатории, стенд. Собственно, это не был специальный стенд. Было взято оборудование и приборы, включая технологическую БЦВМ, на которых проводились все стыковочные и отладочные работы по системе, и на этом комплексе приборов отводилось время для обучения и тренировки экипажей. На большее не было ни времени, ни средств.



В декабре 1966 года было подготовлено заключение о готовности к пуску первого беспилотного корабля Л1, а 4 февраля 1967 года вышло Постановление ЦК КПСС и СМ, в котором было определено, что «осуществление облета Луны пилотируемым кораблем и высадка на Луну являются работами особой государственной важности».



*Система автономной навигации космического корабля Л1*

Срок первого пилотируемого облета Луны был определен июнем-июлем 1967 года, а высадка первого экипажа на Луну - сентябрем 1968 года. До июня 1967 года надо было запустить четыре беспилотных корабля Л1, в том числе два корабля с возвращением. Корабль № 6 оснащался как пилотируемый, на который, как уже упоминалось, устанавливалась система автономной навигации на базе БЦВМ «Салют-1».

Запуск первого корабля Л1 состоялся 10 марта 1967 года. Из бортовой аппаратуры, входящей в состав системы АН, на этом корабле стоял только наш прибор ручного ввода уставок, обеспечивающий на всех этапах подготовки корабля контроль и ручное задание режимов работы системы управления с БЦВМ «Аргон-11С».

Ходом работ по реализации задач автономной навигации для корабля Л1 постоянно интересовался Президент АН СССР, директор ОПМ МИ АН СССР академик М.В.Келдыш, утвердивший в мае 1966 года план совместных работ ЦКБЭМ и ОПМ МИ по этой проблеме. Ровно через год после выпуска этого плана М.В.Келдыш назначил совещание по рассмотрению состояния этих работ.

25 мая 1967 года в кабинет М.В.Келдыша в ОПМ МИ на Миусской площади были приглашены от ЦКБЭМ Б.В.Раушенбах, я, К.К.Чернышев. От ОПМ на совещании присутствовали Д.Е.Охоцимский, Т.М.Энеев, В.А.Егоров, М.Я.Маров

(секретарь Межведомственного совета по космическим исследованиям при АН СССР, в 1958-1961 гг. сотрудник нашей лаборатории, один из разработчиков аппаратуры управления ядерными реакторами и создания счетно-решающего блока космических кораблей 1МВ).

Первое сообщение, которое сделал Т.М.Энеев, в основном охватывало математическую формулировку задачи автономной навигации для корабля Л1 и особенности решения поставленных задач на бортовой ЦВМ с ограниченными возможностями. По ходу его сообщения Д.Е.Охоцимский и Б.В.Раушенбах делали добавления и комментарии.

Следующее сообщение — о составе и характеристиках бортовой системы автономной навигации на базе БЦВМ «Салют-1», а также о состоянии с отладкой системы в целом, программировании задач и планах подготовки экипажей — сделал я.

По просьбе М.В.Келдыша были затронуты вопросы решения задач автономной навигации и для корабля Л3. Рассказали ему о проработках с НИИМП вопросов минимальной модернизации БЦВМ «Салют-1» в части увеличения в два раза программной памяти, быстродействия до — 3000 операций/сек и реализации обмена вычислителя с внешним запоминающим устройством на магнитной ленте, планируемым к установке на борт; о возможности установки на борт орбитального корабля Л3 БЦВМ «Вычислитель-2» и ведущихся с НИИМП работах по новым БЦВМ на базе тонкопленочной микроэлектроники. Техническое задание на перспективную БЦВМ, которая впоследствии получила индекс «Салют-3», уже было утверждено 3 ноября директором Центра микроэлектроники Ф.В.Лукиным и главным конструктором ЦКБЭМ В.П.Мишиным. С нашей стороны задание было подписано Б.Е.Чертоком, Б.В.Раушенбахом, В.П.Легостаевым, Г.В.Носкиным, Э.В.Гаушусом, А.А.Шустовым; со стороны Центра микроэлектроники — И.Н.Букреевым и Б.Ф.Высоцким. От ОПМ МИ АН СССР ТЗ было согласовано с В.А.Егоровым.

Более того, с начала 1967 года была оформлена финансовым договором с НИИМП разработка БЦВМ, которая уже получила на звание «Салют-2».

Всем участвующим в этом совещании было ясно, что пилотируемый корабль Л1 не успевает к 50-й годовщине Октября. Поэтому каких-то особых накаток, призывов к ускорению работ и т.п. со стороны М.В.Келдыша не было. Совещание закончилось спокойно, с пожеланием успеха и качественного завершения работ всем участникам. По вопросам, которые задавал М.В.Келдыш, было видно, что он удивлен тем, что столь сложную вычислительную задачу удастся разместить в сравнительно скромной БЦВМ.

После этого совещания продолжалась напряженная работа по отладке задач, отработке системы, подготовке документации и организации тренировок экипажей в ЦКБЭМ, а также по сопровождению работ в НИИМП по изготовлению двух штатных комплектов «Салют-1».

После неудачного пуска Л1 в ноябре 1967 года программа беспилотных кораблей Л1 объективно ушла по срокам вправо, не смотря на «разгоны» руководства отрасли и страны.

10 ноября 1968 года был произведен очередной пуск беспилотного корабля. Он оказался успешным. Корабль Л1 совершил мягкую посадку на территории СССР после возвращения от Луны со второй космической скоростью. Это был серьезный успех, который всех участников лунного проекта буквально окрылил.

А 21 декабря 1968 года был осуществлен пуск космического корабля с экипажем из трех человек, который впервые совершил облет Луны с выходом на окололунную орбиту и успешно вернулся на Землю с приводнением в океане.

Только успех этот принадлежал США, и совершил этот полет корабль «Аполлон-8».

Повторять достижение Америки было не для нас — так считало политическое руководство страны. Политический смысл нашего облета Луны был потерян, а технический уже померк в глазах высоких партийных чиновников. Оставшиеся два корабля Л1 были в беспилотном варианте запущены 8 августа 1969 года и 20 октября 1970 года, совершив облет Луны, возвратились на Землю. БЦВМ «Салют-1» на них не было, поскольку, чтобы не губить дорогую технику, их специальным решением сняли с кораблей.

Но на этих кораблях исправно отработали приборы РВУ совместно с БЦВМ «Аргон-11С», которая стала первой отечественной БЦВМ, отработавшей на космических кораблях.

К середине 1969 года задача автономной навигации в варианте Л1, включая аппаратную, программную и методическую части, была полностью отработана и экспериментально проверена. Нами была выпущена «Методика работы на БЦВМ "Салют-1" при решении задач автономной навигации», согласованная с отделом В.П.Легостаева (группа Э.В.Гаушуса) и со специалистами группы Т.М.Энеева (ИПМ АН СССР).

Так был закончен этап создания автоматизированной системы автономной навигации на БЦВМ «Салют-1» для пилотируемых космических аппаратов для облета Луны и возвращения на Землю.

Формально мы еще продолжали работы по кораблю Л3, в том числе и по системе автономной навигации.

16 июля 1969 года американский корабль «Аполлон-11» стартовал к Луне, а 20 июля, выйдя на окололунную орбиту, от него отделилась лунная капсула с астронавтом Нилом Армстронгом, который затем ступил на поверхность Луны. Это событие фактически привело к окончанию нашей лунной пилотируемой программы.

Осенью 1965 года на совещании у С.П.Королева, посвященном вопросам создания системы управления пилотируемого лунного корабля, на котором я присутствовал вместе с Б.Е.Чертоком и А.А.Шустовым, Королев образно призвал не «допустить того, чтобы нога не нашего человека ступила первой на Луну».

Сергей Павлович предпринимал огромные усилия, чтобы это свершилось. Вся работа ОКБ-1 была им перестроена под освоение Луны пилотируемыми кораблями. Весь положительный задел, которого с огромными усилиями достиг коллектив предприятия к этому времени в создании беспилотных межпланетных кораблей для изучения Луны, Венеры, Марса, эффективных орбитальных разведчиков, первенцев космических спутников связи, — все было роздано филиалам ради главной задачи. Тогда С.П.Королев, наверное, и не представлял, что филиалы вскоре станут самостоятельными предприятиями и не только забудут, на чьем колоссальном труде они обрели самостоятельность, но даже станут конкурентами ОКБ-1.

«Лунная гонка» завершилась. Работа продолжалась.

Космонавт Алексей Архипович Леонов в мае 2009 года по случаю своего 75-летия в беседе с корреспондентом газеты «Известия» на вопрос: «Есть что-то, что Вы хотели сделать, но не сделали?» ответил: «...Еще есть одна досада — я столько

времени потратил на подготовку к полету на Луну! Если бы Королев был жив, мы бы облетели Луну на полгода раньше американцев. Ведь пять наших беспилотных кораблей слетали благополучно».

К этим словам А.А.Леонова я бы добавил только одно: С.П.Королев был смелый человек, он мог один взвалить на себя весь груз ответственности и пойти на риск, когда этого требовали обстоятельства. Но риск — это еще не залог успеха, это больше похоже на игру.

## БЦВМ «Салют-2», «Салют-2М»

Как выше упоминалось, для корабля ЛЗ в начале 1967 года и НИИМП по нашему ТЗ началась разработка новой БЦВМ на микроэлектронной базе, получившая название «Салют-2». Разработка велась с использованием больших бескорпусных интегральных микросхем «2С», размещаемых в герметичных блоках. В декабре 1967 года был изготовлен первый образец вычислительного блока БЦВМ, проведены испытания, подтвердившие эффективность выбранной бескорпусной технологии.

В мае 1968 года было утверждено ТЗ на ОКР БЦВМ «Салют-2М». Со стороны НИИМП ТЗ утвердил уже директор института Г.Я.Гуськов, со стороны ЦКБЭМ — заместитель главного конструктора Б.Е.Черток.

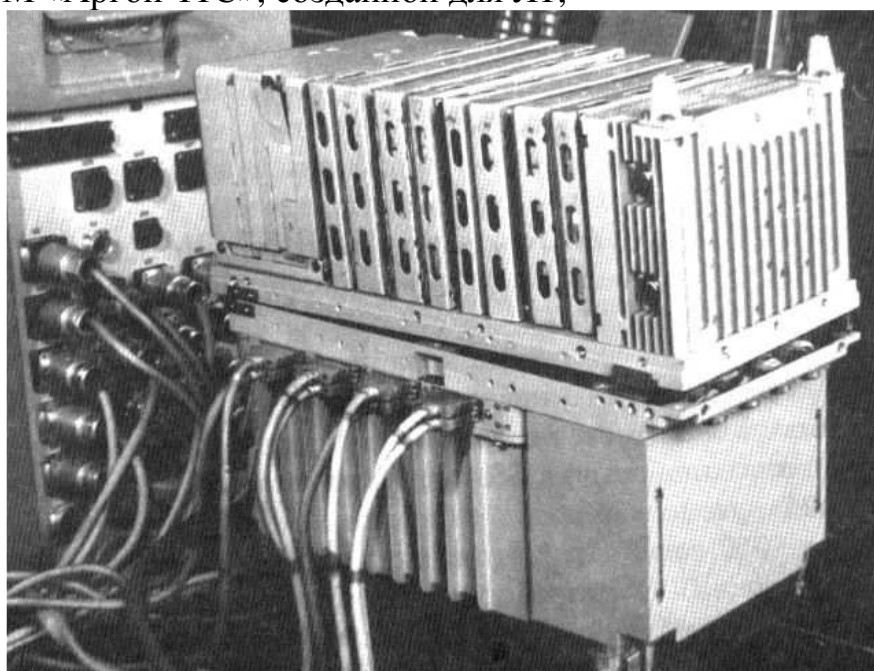
Буква «М» в названии БЦВМ добавилась после ряда уточнений в структуре, системе команд и внешних связях «Салюта-2», которые были введены, исходя из уже полученного опыта в экспериментальной реализации задач автономной навигации и других задач на БЦВМ «Вычислитель-2» и «Салют-1».

Для корабля ЛЗ, кроме БЦВМ «Салют-2М», в состав информационно-вычислительной системы (ИВС) автономной навигации были включены следующие новые приборы:

1. Пульт космонавтов для обеспечения:

— управления и контроль средствами ИВС и отображения информации экипажу корабля;

— управления и контроля БЦВМ системы управления движением орбитального корабля (в структуре корабля ЛЗ это БЦВМ-1), разрабатываемой самостоятельно НИИ АП вместо БЦВМ «Аргон-11С», созданной для Л1;



*БЦВМ «Салют-2М» с блоком дополнительной памяти 2СТ-II*

— выполнения всех функций, которые на корабле Л1 выполнялись прибором РВУ;

— информационного обмена экипажа с БЦВМ «Салют-2М».

2. Внешнее запоминающее устройство ЭА-006 на магнитной ленте, разработки НИИ-885.

3. Пульт автономной навигации (ПАН) для ручного управления электропитанием средств автономной навигации нашей разработки.

4. Оптико-электронный прибор отображения кадров визуальной информации — ПВИ «Эридан» для отображения текстовых указаний и рекомендаций экипажу по управлению и методике решения задач автономной навигации, управляемый от БЦВМ.

Немного остановлюсь на истории создания ПВИ «Эридан», поскольку создание этого уникального бортового прибора того заслуживает.

Уже при создании вычислительной системы на основе БЦВМ «Вычислитель» мы почувствовали необходимость создания средства хранения и отображения текстовых данных для экипажа. Хранение таких данных в магнитных ПЗУ БЦВМ требовало больших масс и тогда это было нереально. Предполагали кое-что хранить в разрабатываемом ВЗУ, но объема тоже не хватало. Наряду с проблемой хранения стояла и проблема отображения. Приемлемых средств отображения текстовой информации экипажу не было. Мы вели НИРы с некоторыми предприятиями по люминесцентным средствам отображения, но пока получались только транспаранты ограниченной площади, которые все-таки брали на комплектацию пультов в качестве дискретных средств отображения информации. Матричные адресные люминесцентные экраны оставались на стадии макетов. Тогда у меня возникла идея — попробовать создать прибор проекционного типа. Поделился этой мыслью с А.А.Шустовым. Идею он воспринял и предложил съездить к его приятелю, одному из оставшихся в живых в ранее упомянутой мной «Пулковской мясорубке» Отечественной войны, унесшей жизни почти всего мальчишеского состава 3-го курса Ленинградского института киноинженеров. Приятель Шустова после войны сумел вернуться в кинематографию и теперь работал в какой-то лаборатории, которая, сколько я помню, относилась к киностудии «Мосфильм». Поездка эта происходила весной 1966 года. Приятель Анатолия Александровича смог только дать совет — с такой задачей обратиться на ленинградский завод «Кинап».

Его советом не воспользовались, но попробовали создать проекционно-телевизионный вариант системы с применением черно-белого бортового видеоконтрольного устройства (ВКУ). Блок запоминания информации с проекционной системой взялся сделать главный конструктор СОКБ ЛИИ С.Г.Даревский. Испытание этого блока у нас в лаборатории с телевизионной системой показало его низкое качество, поэтому продолжили поиски других решений.

Появилась новая идея — попытать счастья на Красногорском механическом заводе (КМЗ). Дело в том, что этот завод разработал и обеспечивал поставки специальных средств фоторазведки для наших первых отечественных космических фоторазведчиков «Зенит». Созданные этим предприятием уникальные бортовые комплексы фоторазведки были тогда наилучшими в мире. Они представляли сплав конструкторского искусства в сочетании с блестящими достижениями оптиков и инженеров электриков этого и смежных предприятий.

С письмом, отражавшим основные параметры предполагаемого оптико-механического прибора хранения и отображения данных, я приехал к главному конструктору КМЗ В.И.Креопалову. Он принял меня лично, побеседовал и пригласил на разговор одного из начальников проектного отдела Ф.Д.Шляка. Идея прибора им понравилась. После обсуждения некоторых технических сторон возможного прибора договорились, что они проработают наши данные и сообщат свое решение в

ближайшее время. Действительно, вскоре мы получили за подписью В.И.Креопалова письмо с согласием взять эту работу и условиями ее выполнения. Главным условием было включение работы в ближайшее постановление правительства по космической тематике и оформление финансового договора. Условия были выполнены, и под руководством энергичных и талантливых руководителей КМЗ — начальника отдела Ф.Д.Шляка и начальника лаборатории В.М.Шахлевича работа пошла набирать обороты. Прибор получил название «Эридан». К началу 1969 года (практически через год) мы уже могли вместе с разработчиками экспериментировать с первым образцом. Приведу основные характеристики «Эридана»:

- количество кадров хранения — до 1024;
- число знаков в одном кадре — не менее 200;
- максимальное время выбора любого кадра по команде БЦВМ — не более 0,5 с;
- отображение информации на экране при величине внешней засветки — не менее 200 лк;
- масса прибора — 5 кг;
- мощность при выборе кадра — 50 Вт.

Действительно, прибор получился уникальным. В нем нашли отражение многие технические достижения и технологии, которыми владели КБ и завод. Например, оригинальность конструкции и оптической схемы, тщательная отработка и изготовление узлов позволили создать сложную систему проецирования выбранного на экран по команде БЦВМ кадра практически без ошибки. Техника микрофильмирования позволила разместить все кадры в виде двухкоординатной матрицы на микроплёнке. Площадь одного кадра — всего 1,5 кв. мм, размер экрана отображения кадра — 150 мм х 120 мм, то есть 18 000 кв.мм. Коэффициент увеличения изображения (или коэффициент сжатия) составлял 12000! В наземных приборах микрофильмирования наилучшие результаты были в 20 раз ниже.

Для повышения контрастности экран отображения был выполнен в виде тонкого оптико-волоконного шлейфа, закрытого защитным стеклом, что тоже представляло большое достижение. Узким местом в приборе был ресурс работы лампы для подсветки экрана. Разработчики придумали интересный механизм введения резервной лампы — одним движением руки члена экипажа.

Для оперативной подготовки комплекта кадров индикации на КМЗ был разработан специальный наземный комплекс, на который мы поставляли определенным образом подготовленные шаблоны кадров. Время на замену микроплёнки с новым набором кадров и проверкой прибора составляло несколько дней, что было существенно меньше времени перепрошивки ПЗУ БЦВМ «Салют-2М».

Разработка пульта космонавта для управления БЦВМ и ввода данных также была отдана НИИМП. Техническое задание на разработку пульта, которому дали название «Свет», было утверждено в феврале 1969 года. Разработка «Света» проводилась, как и «Салюта-2М», на элементной базе «2С», также размещаемой в герметичных блоках.

Основные характеристики БЦВМ «Салют-2М»:

- одно- и полтораадресная последовательного действия с фиксированной и плавающей запятой;
- разрядность — 16, 32 двоичных разрядов;
- ОЗУ — 256 16-разрядных чисел;

- ПЗУ команд — 8192 числа с увеличением до 16 384;
- обмен данными с пультом космонавта «Свет»;
- обмен последовательным и параллельным кодом с абонентами;
- обмен данными с бортовым внешним запоминающим устройством на магнитной ленте;
- число команд (с учетом модификации) — 121;
- среднее время на отказ, час — 2500;
- резервирование:
  - горячий резерв ОЗУ и ПЗУ,
  - холодное перекрестное резервирование блоков вычислителя по командам с ПК;
- быстродействие простых операций — 13 тыс/с;
- масса с дублированием — 21 кг;
- электрическая мощность — 45 Вт.

Надежность ПК «Свет» обеспечивалась так же, как и БЦВМ «Салют-2М», холодным перекрестным резервированием электронных блоков с переключением их командами с ПК экипажем.

Итак, к осени 1969 года, ко времени закрытия отечественных пилотируемых лунных программ мы имели следующее.

1. Подготовленное аппаратное, программное и методическое обеспечение для реализации задач автономной навигации базе БЦВМ «Салют-1».

2. Разработанные и изготовленные первые образцы БЦВ1 «Салют-2М», ВЗУ на магнитной ленте, пульт ПАН и находящиеся в изготовлении пульт космонавта «Свет» и прибор визуальной информации «Эридан».

Вопрос о том, что делать с неиспользованным заделом, стоял не только перед создателями перечисленных выше средств, но и перед всеми участниками лунных проектов Л1, Л3.

На эти проекты не только были затрачены большие материальные средства, но и вложены огромные физические, интеллектуальные и духовные силы участвующих в проектах коллективов. Неудовлетворенность от нереализованности своего труда всегда имеет далеко идущие последствия, связанные с дальнейшим нежеланием вкладывать силы в следующие проекты, появлением текучести кадров и т. п.

Руководство ЦКБЭМ и специалисты искали выходы из этого состояния. До того как перейти к повествованию о дальнейшем применении вычислительных систем на базе БЦВМ «Салют-2М», остановлюсь на еще одном направлении в создании цифровых систем управления с БЦВМ, получившем развитие на нашем предприятии.



## БЦВМ «Аргон-16»

В 1969 году в системе управления движением (СУД) нового пилотируемого транспортного корабля 11Ф732, идеология которой разрабатывалась в отделе В.П.Легостаева (сектор Е.Н.Токаря), было решено использовать БЦВМ.

По просьбе В.П.Легостаева и его сотрудников Евгения Токаря, Игоря Шмыглевского и Владимира Бранца в нашей лаборатории провели предварительный анализ возможности использования БЦВМ «Салют-2М» в СУД 11Ф732 с реализацией задач, основанных на бескарданной инерциальной системе.

Так как БЦВМ СУД должна была работать в динамическом контуре управления, характеристики БЦВМ «Салют-2М», в основном производительность и структура (дублирование с холодным резервом), не обеспечивали всех требований, предъявляемых к БЦВМ для системы управления движением. Другой подходящей машины в НИИМП еще не было, хотя и завершалась разработка БЦВМ «Салют-3», первоначально по нашему ТЗ, но к этому времени уже переориентированная на другого заказчика.

Пришлось снова, по прошествии почти четырех лет, обратиться в Научный институт электронных машин (НИЭМ) ГКРЭ, с ведущими специалистами и руководством которого у нас установились хорошие отношения еще с 1963 года после выхода уже ранее упоминавшегося «Решения № 214 Комиссии ВСНХ СССР по военно-промышленным вопросам по координации работ по созданию бортовых электронных вычислительных машин для ракет, ИСЗ, самолетов и кораблей». За прошедшие несколько лет в отечественной электронной промышленности в части микроэлектронной элементной базы произошли существенные подвижки, что позволило предприятиям других ведомств приступить к созданию ряда БЦВМ, в том числе для ракетной и космической техники.

Весной 1969 года я встретился с начальником управления НИЭМ А.Ф.Кондрашевым и договорился о проработке возможности создания БЦВМ для нового пилотируемого транспортного корабля для работы в системе управления.

К этому времени в НИЭМ уже была завершена разработка, изготовлены и прошли испытания первые образцы упоминавшейся ранее микроэлектронной БЦВМ «Аргон-11С» для системы автоматического управления корабля Л1.

БЦВМ «Аргон-11С», хотя и уступала «Салюту-1» по вычислительным возможностям, но имела существенно более высокую производительность и трехканальную структуру, обеспечивающую высокую надежность в процессе решения динамических задач. Однако для задач нового транспортного корабля возможностей БЦВМ «Аргон-11С» было явно недостаточно.

Как оказалось, кроме «Аргон-11 С» в НИЭМ к этому времени уже были разработаны и другие БЦВМ: «Аргон-12С» (на базе БЦВМ «Аргон-11» ранее разработанной для СУ новой баллистической ракеты разработки предприятия Н.А.Пилюгина) и «Аргон-16А» для применения на возвращаемом пилотируемом аппарате и орбитальной пилотируемой станции, создаваемых на предприятии В.Н.Челомея для решения военно-прикладных задач по техническим требованиям Министерства обороны СССР.

Надо сказать, что в то время из-за высокой закрытости работ, с одной стороны, и уже ранее начавшегося противоборства двух руководителей ведущих КБ страны С.П.Королева и В.Н.Челомея, с другой, за получение приоритета в важнейших

направлениях в космосе, мы не располагали достоверными данными по разработкам БЦВМ для КБ В.Н.Челомея. Хотя сами, как ранее упоминалось, на все просьбы представителей этого предприятия всегда откликались. Естественно, для НИЭМ такой параллелизм оказался очень выгодным в финансовом отношении.

Так как наша лаборатория была загружена работами по текущим БЦВМ «Салют» и связанными с ними вопросами, а также испытаниями корабля Л1, мы договорились с Б.В.Раушенбахом и В.П.Легостаевым, что начиная с разработки ТЗ дальнейшие работы с НИЭМ по новой БЦВМ будут вести отделы В.П.Легостаева и Е.А.Башкина (отдел приборов системы управления движением). В 1969 году в этих отделах, в основном усилиями Б.М.Соколова и И.П.Шмыглевского, было разработано ТЗ на БЦВМ, которая получила название «Аргон-16». Так родилось и стало развиваться у нас на предприятии направление новых БЦВМ «Аргон» разработки НИЭМ ГКРЭ.

По времени разработки и испытаниям БЦВМ для КБ В.Н.Челомея существенно опережали БЦВМ для КА 11Ф732. С апреля 1973 года по август 1977 года в космосе побывали уже три орбитальные станции (ОПС) Челомея, в том числе и в пилотируемом варианте, а первый пилотируемый транспортный корабль 11Ф732 с названием «Союз-Т2» стартовал только 5 июня 1980 года.

Надо сказать, что совместно с БЦВМ «Аргон-16» на изделии 11Ф732 в контуре управления спуском был задействован цифровой прибор «Струна-2» (2СН) разработки НИИМП, являвшийся модификацией уже ранее упоминавшегося прибора 1СН, созданного по инициативе и под руководством Ю. П.Прокудина.

## БЦВМ «Салют-1» на первой орбитальной станции

В конце 1969 года на нашем предприятии были разработаны «Основные положения по пилотируемой долговременной орбитальной станции», а уже в 9 февраля 1970 года вышло Постановление ЦК КПСС и СМ СССР о разработке долговременной орбитальной станции ДОС-7К. Предполагалось, что основным составом аппаратуры станции будет оставшийся задел от лунной программы, возможно, с минимальными доработками. Существенным моментом этой программы было то, что разработчиком системы управления движением станции (центром масс и вокруг центра масс) становилось наше предприятие.

Было принято решение об установке на орбитальную станцию системы автономной навигации на базе БЦВМ «Салют-1».

Надо отметить, что меры по обеспечению надежности БЦВМ «Салют-1» и расчетные показатели надежности не отвечали требованиям по показателям надежности для работы на орбитальной станции. Понимая это, мы все-таки пошли на установку этой БЦВМ на борт. После печального завершения лунной программы все наработки надо было использовать — этого требовали и новые задачи, и стремление коллективов увидеть реальное приложение затраченных труда и средств.

Естественно, конкретные задачи автономной навигации на орбитальной станции, летающей около Земли, уже совсем другие, и по сложности, и по важности, чем для лунных проектов. Но времени на разработку задач, программирование и отладку системы отводилось опять очень и очень мало — примерно один год.

Однако с учетом уже полученного опыта, несмотря на сжатость сроков, реализация задач не пугала. Принципиальным стало то, что в части постановки задач автономной навигации на орбитальной станции и их математической формулировке сменилась команда.

Вместо проверенных в лунных делах коллективов ИПМ АН СССР и ЦНИИМАШ Б.В.Раушенбах, как ответственный за задачи управления и навигации, по согласованию с Б.Е.Чертоком, решил сосредоточить эту работу в ЦКБЭМ, в отделе В.П.Легостаева, в коллективе Э.В.Гаушуса, который как куратор алгоритмов, задач автономной навигации и методики их решения уже участвовал в работах по системам автономной навигации кораблей Л1 и Л3.

Очень нелегко было в такой короткий срок решить все вопросы, связанные с установкой на борт БЦВМ «Салют-1», переработкой алгоритмов, программированием, прошивками (и многочисленными перепрошивками) программ.

Фактически последнее время перед отправкой станции на космодром бригада прошивщиков программ ПЗУ из НИИМП жила в ЦКБЭМ. По результатам отработки и проверки программ на технологической БЦВМ надо было срочно готовить прошивки для штатного комплекта в НИИМП. Конечно, такие темпы работы и многочисленные перепрошивки программ не способствовали повышению надежности БЦВМ, поэтому директор НИИМП Г.Я.Гуськов этим работам обеспечил высший приоритет.'

Установку штатного комплекта БЦВМ «Салют-1» проводили уже на технической позиции.

Так как в систему ориентации и коррекции и в другие системы станции БЦВМ не входили, «Салют-1» была единственной БЦВМ на этой станции.

С начала 1971 года на созданном в отделе стенде для тренировки экипажей еще по программе автономной навигации Л1 были начаты тренировки экипажей кораблей

«Союз», которым предстояло работать на орбитальной станции. Подготовку на первом этапе прошли бортинженеры основного и дублирующего экипажей корабля «Союз-10»: А.С.Елисеев, Н.Н.Рукавишников (инженер-испытатель), В.Н.Кубасов и позже бортинженер, и инженер-испытатель следующего корабля «Союз-11» В.Н.Волков и В.И.Пацаев.

С особым чувством тренировался в работе на БЦВМ «Салют-1» Н.Н.Рукавишников. Ведь в этом коллективе он участвовал в создании ПВУ первых космических кораблей для полета на Марс и Венеру, создании БЦВМ «Кобра», «Вычислитель», ПРВУ для системы автономной навигации Л1. Казалось, совсем недавно я по его просьбе ходил к Б.Е.Чертоку просить принять от него заявление в отряд космонавтов. Тогда Борис Евсеевич предложил, чтобы Николай написал заявление на имя С.П.Королева, и сам отдал ему заявление. Из этого коллектива его проводили в отряд космонавтов, а теперь ему предстояло испытать если и не совсем свою технику, но технику, созданную на базе той, в которую он вложил много физических сил, своего интеллекта, труда и фантазии.

Орбитальная станция, названная «Салют», была выведена на околоземную орбиту ракетой «Протон» 19 апреля 1971 года.

23 апреля 1971 года осуществлен запуск корабля «Союз-10» с экипажем в составе В.А.Шаталова, А.С.Елисеева, Н.Н.Рукавишникова, которым предстояло первыми осваивать работу на станции. Однако после стыковки со станцией переход космонавтов в станцию не состоялся из-за неисправности стыковочного механизма. Так сорвались мечты Н.Н.Рукавишникова — поработать на станции и с БЦВМ «Салют-1».

6 июня 1971 года экипаж корабля «Союз-11» в составе Г.Т.Добровольского, В.Н.Волкова и В.И.Пацаева состыковался со станцией и космонавты приступили к выполнению запланированной программы работ.

Система автономной навигации на БЦВМ «Салют-1» прошла тестовые испытания, выявив некоторые замечания в работе, но все-таки выдавала экипажу текущую баллистическую информацию и прогноз баллистических данных на несколько витков вперед. За 23 дня работы космонавтов на орбите БЦВМ «Салют-1» и вся система автономной навигации получили в целом положительную оценку экипажа.

Трагическая гибель экипажа «Союза-11» при спуске остановила дальнейшие работы со станцией «Салют», и она была затоплена после полугодового нахождения на орбите.

Старт следующей орбитальной станции, аналогичной первой, на которой опять стояла система автономной навигации с БЦВМ «Салют-1», был произведен 29 июля 1972 года.

Однако из-за аварии ракеты «Протон» станция на орбиту не вышла.

## БЦВК «Салют-2М» для ДОС. Система «Дельта»

В 1971 году в ЦКБЭМ были начаты работы по модернизации орбитальных станций с главной целью — сделать их действительно долговременными, с возможностью восполнения расходуемых ресурсов и соответственно длительной работой экипажей. В это же время для улучшения координации работ по тематике орбитальных станций в ЦКБЭМ были проведены существенные организационные и структурные изменения. В том числе, по предложению Б.В.Раушенбаха, моя лаборатория была переведена в отдел В.П.Легостаева и из нее была выделена самостоятельная лаборатория программирования под руководством К.К.Чернышева.

Решено было принципиально модернизировать и систему автономной навигации, сделав для нее основой БЦВМ «Салют-2М».

Кроме собственно БЦВМ, в систему вошли и другие ранее перечисленные элементы, разработанные по программе ЛЗ: пульт космонавта «Свет», внешнее запоминающее устройство на магнитной ленте, прибор выдачи информации «Эридан», пульт управления аппаратурой системы автономной навигации. На «Эридан» планировалась выдача не только текстовых сообщений, но и указаний экипажу в процессе решения основных задач.

Для обеспечения экипажа полной баллистической информацией, причем с возможно максимальной автоматизацией съема и обработки данных на борту, в состав системы были введены орбитальный радиовысотомер (ОРВ) с антенной и волноводным трактом разработки Московского НИИ-885 и датчики захода/восхода Солнца разработки Загорского ГОМЗ. Причем сопровождение работ по ОРВ, начиная от ТЗ и кончая решением вопросов прокладки волноводов по станции, пришлось вести мне и сотрудникам моей лаборатории, поскольку главный наш радист Б.В.Никитин отказался от этих работ из-за отсутствия людей и перегрузки другой работой.

Основные задачи автономной навигации на новой орбитальной станции формулировались таким образом:

— автоматический периодический расчет прогноза баллистической информации на 16 витков с выводом данных членам экипажа и сброса по телеметрии в Центр управления полетом;

— автоматическое измерение высоты над подстилающей поверхностью Земли с привязкой ко времени, накопление измерений и автоматический сброс на Землю;

— расчет параметров орбиты с использованием данных радиовысотомера и датчиков захода/восхода Солнца;

— автоматизированное измерение текущих высот орбиты с ручной привязкой ко времени измерений и автоматический сброс на Землю.

С целью автономного документального представления баллистических данных экипажу по результатам расчета задач автономной навигации БЦВМ «Салют-2М» была состыкована с бортовым печатающим устройством АБ-85М, введенным в состав системы космической радиосвязи для регистрации передаваемых на борт радиограмм.

У печатающего устройства стало два режима работы: один — прием радиограмм с Земли, другой — прием данных от БЦВМ.

Для расширения возможностей системы по внешним связям, а также для увеличения объемов памяти (ОЗУ и ПЗУ) в состав бортового цифрового вычислительного комплекса (так теперь стало называться объединение цифровых

приборов) пришлось ввести срочно разработанное НИИМП по нашему ТЗ устройство связи, названное 2СТ-УС, и блок расширения памяти 2СТ-П.

БЦВК совместно с измерительными приборами и кабельными связями образовали систему автономной навигации «Дельта-3». Тройка в названии означала принадлежность системы к третьей орбитальной станции.

БЦВК на базе БЦВМ «Салют-2М» и система автономной навигации «Дельта-3» были для нашего предприятия первыми, можно сказать, большими цифровыми человеко-машинными системами, размещаемыми на пилотируемом космическом аппарате. Размерность системы требовала и нового системного подхода к созданию, отработке, испытаниям и эксплуатации. Основными положениями этого подхода, которые необходимо было реализовать, были:

- комплексная наземная экспериментальная отработка аппаратно-программных средств БЦВК совместно с измерительной аппаратурой или их имитаторами;
- создание управляющей программы БЦВМ, обеспечивающей увязку функционирования аппаратуры, программных средств и космонавта в реальном масштабе времени;
- обеспечение живучести системы, в том числе за счет использования возможностей космонавта;
- создание и отработка алгоритмов и программ задач автономной навигации с учетом перехода на новую БЦВМ и расширенную базу измерительной аппаратуры.

Естественно, основой системы была цифровая аппаратура, разработанная в НИИМП опять же для программы освоения Луны по проекту ЛЗ.

В этом плане приходилось, как и случае с «Салют-1», мириться с тем, что надежность этой аппаратуры была рассчитана под сравнительно краткосрочную программу ЛЗ. Однако и здесь при принятии решения об установке этой аппаратуры на новые орбитальные станции довели те же факторы, о которых говорилось выше.

В апреле 1971 года совместно с НИИМП была разработана и утверждена Программа работ по изготовлению, доработкам и поставке в ЦКБЭМ приборов для двух орбитальных станций.

От ЦКБЭМ программа была утверждена заместителем главного конструктора Б.Е.Чертоком и согласована с ведущим конструктором Ю.П.Семеновым.

От НИИМП программу утвердил руководитель предприятия Г.Я.Гуськов; от ЦКБЭМ программу подписали Б.В.Раушенбах, В.П.Легостаев, я и представители отдела кооперирования; от НИИМП — М.Ф.Поликанов, В.Н.Филатов, А.С.Новожилов, руководители завода «Компонент» В.М.Крикун, А.А.Киселев.

В соответствии с этой программой НИИМП за 9 месяцев (к декабрю 1971 года) должен был разработать и изготовить три комплекта устройства связи 2СТ-УС, три комплекта блоков дополнительной памяти 2СТ-П, 8 комплектов БЦВМ 2СТ-1М, 6 комплектов пультов «Свет». Кроме этого, НИИМП в мае 1971 года должен был поставить два комплекта КИА БЦВМ 2СТ-1М с двумя комплектами технологических ПЗУ-Т. Этой же программой была предусмотрена работа по созданию операционных и испытательных программ, а также разработка технологической оснастки оперативной прошивки ПЗУ «Салют-2М» в ЦКБЭМ.

По сегодняшним меркам, это был невероятный объем изготовления и поставок аппаратуры в такие сроки. В этот период НИИМП и его опытный завод «Компонент» более чем на 80% работали на наше предприятие.

Такова была генеральная линия директора НИИМП Г.Я.Гуськова — ориентация на космическое цифровое приборостроение для головного предприятия космической отрасли, каковым и считалось ЦКБЭМ.

Поставка в ЦКБЭМ комплекта БЦВК совместно с КПА БЦВМ 2СТ-1М и ПК «Свет» для ДОС № 3 после комплексной стыковки в НИИМП была выполнена в мае 1972 года. Таблицы прошивок ПЗУ 2СТ-1М и 2СТ-П были выданы на завод «Компонент» 30 сентября 1972 года, и в начале ноября мы получили штатный комплект БЦВК с военной приемкой. Через месяц был поставлен запасной комплект БЦВК.

Для комплексной отработки БЦВК и системы «Дельта-3» в нашей лаборатории с марта 1971 года стал создаваться отладочный технологический стенд, основой которого был технологический комплект БЦВК с «Салют-2М» и состыкованная с БЦВМ универсальная ЭВМ М-222.

В состав стенда входил имитатор ОРВ, а также имитатор командной радиопередачи, для чего приспособили ПРВУ, оставшийся от комплектации кораблей Л1.

Основной объем работ по созданию стенда выпал на долю сотрудников лаборатории Юрия Стишева, Радия Казаринова, Геннадия Митрофанова, Галины Родионовой, Тамары Авраменко, Надежды Ивановой, Виктора Унчикова, Евгения Буршинова, Ирины Ратановой, Леонида Бабинина, а также сотрудников ВЦ предприятия Юрия Бубелова, Игоря Кирова во главе с начальником ВЦ Владимиром Степановым.

Наряду с отработкой аппаратных средств БЦВК и системы «Дельта-3» принципиальный прорыв был сделан в программном обеспечении системы.

Впервые усилиями коллективов К.К.Чернышева и В.А.Шарова была создана операционная система БЦВМ «Салют-2М» — управляющая программа, обеспечивающая программную увязку всех аппаратных и программных составляющих элементов системы в реальном масштабе времени. На технологической БЦВМ, на стенде, операционная система была отработана, прошита в ПЗУ и далее обеспечивала отработку всей системы.

За короткий срок предстояло также выполнить большой объем работ по модернизации алгоритмов и программ автономной навигации, а практически, учитывая переход на новую БЦВМ и принципиальное расширение измерительной аппаратуры, разработать заново.

Эту работу целиком взял на себя сектор Эрнста Гаушуса. Высокий профессиональный уровень и самоотверженная работа начальника и сотрудников этого сектора Юрия Зыбина, Юрия Тумашева, Игоря Борисова, Олега Иванова, Владимира Рыбалка, Владимира Семенко, Валерия Рудакова обеспечили разработку основных задач автономной навигации к началу пуска ДОС № 3.

Надо сказать, я сознавал, что степень отработки сложнейших задач автономной навигации и программного обеспечения БЦВМ «Салют-2М» к моменту пуска станции в целом были недостаточны, хотя и принимались все возможные меры участвующими в работе коллективами. Сказалось все: ограниченность времени, сложность и новизна задач, недостаточная отработанность технологии подготовки и испытания системы, несовершенство стендовой базы и просто усталость людей, не успевших отдохнуть от «лунной гонки».

Несмотря на это, обеспечению надежности и живучести надо было уделять большое внимание. Ведь дело касалось пилотируемого космического аппарата

длительного существования, и необходимы были решения, обеспечивающие возможность выполнения системой основных функций даже при наличии отказов в ее отдельных составляющих, пусть с потерей качества.

Уже при разработке БЦВМ «Салют-2М» для корабля ЛЗ мы отказались от трехканальности БЦВМ как способа резервирования для обеспечения надежности при относительно малом времени работы системы. Как уже упоминалось выше, для обеспечения аппаратной надежности «Салюта-2М» было применено перекрестное («холодное») дублирование отдельных блоков с переключением по командам с пульта космонавтов и «горячее» дублирование ОЗУ и ПЗУ. Такой же принцип перекрестного управляемого «холодного» дублирования блоков был применен и в пульте космонавта «Свет». Для защиты от одиночных сбоев использовалась временная избыточность. Для повышения живучести системы была также реализована старая идея — механизм, который был в нашей лаборатории придуман еще для БЦВМ «Вычислитель».

Суть его заключалась в том, что расширение объема исполняемых программ и даже коррекция программ, прошитых в ПЗУ БЦВМ (при таком темпе работы ошибки в программах, конечно, были), выполнялись с учетом передачи массивов программ по радиолинии с записью их в ВЗУ и последующим исполнением через ОЗУ. Временные характеристики реализации задач автономной навигации позволяли использовать этот механизм.

С целью эффективного включения экипажа в обеспечение живучести системы был разработан комплексный тест БЦВК и системы «Дельта-3» с выводом результатов его прохождения на пульт одновременно с выдачей экипажу текстовых рекомендаций по парированию возникших неисправностей или отказов на прибор «Эридан».

В марте на стенде «Дельты» прошли тренировки по практической работе с системой автономной навигации членов отобранных экипажей: Олега Макарова, Алексея Губарева, Григория Гречко, Петра Климука, Виталия Севастьянова.

11 мая 1973 года орбитальная станция второго поколения (ДОС № 3) была успешно выведена на орбиту. Однако, к величайшему огорчению всех создателей станции, в результате отказа в системе управления движением с одновременно наложившимся методическим просчетом в управлении, станция вскоре прекратила свое существование.

В связи с этим стали форсироваться работы по следующей орбитальной станции ДОС № 4. Естественно, всем разработчикам бортовых систем предстояло провести дополнительный анализ и реализовать мероприятия по повышению их надежности и живучести. Это было сделано и по БЦВК и по системе «Дельта», которая теперь изменила индекс на «Дельта-4».

В июле 1973 года совместно с НИИМП было выпущено очередное решение о доработках и поставках приборов комплекса 2СТ для ДОС № 4, утвержденное Б.Е.Чертоком, Ю.П.Семеновым, Г.Я.Гуськовым, согласованное с А.А.Киселевым (директор завода «Компонент») и А.П.Педаном (заместитель директора ЗЭМ, который лично принимал активное участие в решении острых вопросов с поставками этих приборов).

По этому решению предусматривалось с июля по октябрь 1973 года (за 6 месяцев!) доработать, прошить программы (в 2СТ-1М и 2СТ-П) и поставить в ЦКБЭМ 12 бортовых приборов, в том числе четыре БЦВМ, четыре пульта «Свет» и два комплекта КПА (для БЦВМ и «Света»). Конечно, и стоила эта аппаратура немалых



денег. Для информации и сопоставления с ценами 2008 года приведу стоимость поставочных комплектов аппаратуры БЦВК 2СТ в 1974 году для ДОС № 4:

- БЦВМ «Салют-2М» с военной приемкой — 148 тыс. руб.;
- пульт «Свет» с военной приемкой — 120 тыс. руб.;
- блок дополнительной памяти 2СТ-П с ОТК — 116 тыс. руб.;
- устройство связи 2СТ-УС с ОТК — 20 тыс. руб.

Итого, один комплект БЦВК для системы «Дельта-4» стоил 404 тысячи тогдашних рублей.

Для сопоставления этих цен с ценами 2008 года можно сравнить среднюю зарплату в ЦКБЭМ в 1974 году, которая составляла около 170 руб., со средней зарплатой в РКК «Энергия» в 2008 году — примерно 18 тыс. руб.

Думаю, что сравнение это правомочно, потому что и уровень накладных расходов, и доля зарплаты в общей стоимости для нашего предприятия мало изменились за тридцать с лишним лет.

С учетом этого в ценах 2008 года один комплект БЦВК стоил бы более 42 млн руб.

Для «Дельты-4» готовилось четыре комплекта: один штатный, один ЗИП и два для стенда. К этому еще следует добавить стоимость наземных комплектов КИА. Стоимость комплекта КИА БЦВМ и «Света» составляла около 100 тыс. руб.

Исходя из этого сравнения, можно сказать, что на космос (на технику!) денег не жалели и давали почти по потребности.

В июне 1973 года с НИИМП был согласован также перечень замечаний, полученных по результатам испытаний БЦВК в составе ДОС № 3, их следовало устранить в поставочном комплекте БЦВК для новой станции. Другие доработки касались отладочного стенда, бортовой документации и методики работы экипажа с системой.

Решения по поставкам приборов для «Дельты-4» были также согласованы с руководителями предприятий НИИ-885 в части ОРВ и ВЗУ и с КМЗ в части прибора «Эридан».

Вопросам модернизации и усовершенствования отладочного стенда системы было уделено особое внимание. В июле 1973 года объединенными усилиями сотрудников сектора Э.В.Гаушуса, моей лаборатории и К.К.Чернышева был выпущен технический проект цифрового вычислительного стенда (ЦВС) системы «Дельта».

Основными задачами ЦВС были:

- отработка системы «Дельта»;
- отработка методики работы с системой «Дельта» при ЛКИ;
- обеспечение тренировок космонавтов.

Расширен был и состав ЦВС. Помимо технологического комплекта БЦВК в ЦВС был введен имитатор «Орбита» в составе: БЦВМ «Салют-2М», пульт «Свет», бортовой хронизатор «Спектр» (тоже разработки НИИМП), усовершенствованный имитатор ДРС (доработанный пульт ручного ввода данных системы дальней радиосвязи орбитального корабля ЛЗ). Задачами имитатора «Орбита» были:

- обеспечение режимов работы системы и синхронизация БЦВМ ЦВС;
- ввод в БЦВМ и вывод на регистрацию и отображение элементов орбиты;
- имитация обмена данными БЦВМ с ДРС и выдача всего набора команд на борт;
- имитация измерений восходов/заходов датчиками Солнца,

— расчет высот для заданных орбит, пересчет их в коды ОРВ и имитация обмена данными БЦВК с ОРВ.

Для автоматической обработки на ЦВС кодовой и сигнальной телеметрической информации технологические средства БЦВК, входящие в стенд, состыковали с малой ЭВМ М-6000, имевшейся на ВЦ предприятия. Большие трудности при подготовке системы имелись в отработке программного обеспечения. Отработка программ в основном осуществлялась с помощью моделирующей программы на ЭВМ М-222, но время на этой ЭВМ было лимитировано. Для отработки ПО и системы нам отводилось на ЭВМ около 6 часов в неделю!

Ситуация улучшилась после подключения в июле 1974 года к М-222 на стенде технологического блока памяти (ПЗУ-Т) — оперативной памяти — имитатора ПЗУ 2СТ-1М, дополнительно изготовленного и поставленного из НИИМП.

По результатам испытаний на стенде оперативно проводились дополнительные доработки бортовых приборов БЦВК. Наиболее существенные доработки были сделаны в пульте «Свет» и в 2СТ-УС, то есть в приборах, через которые шел обмен данными с измерительными приборами системы и осуществлялась выдача команд на смежные системы.

К сожалению, в БЦВК 2СТ имелся фактор, который не способствовал повышению надежности системы. Фактором этим были довольно многочисленные перепрошивки постоянных запоминающих устройств в 2СТ-1М и в 2СТ-П, после которых происходили повторные пересдачи приборов, естественно, с выработкой ресурсов. Технических средств надежного хранения программ с электрической перезаписью тогда не было и с этим необходимо было мириться.

При подготовке БЦВМ для систем «Дельта» мы убедились, что для отработки столь сложных задач нужны более эффективные наземные средства отладки программ, сводящие к минимуму число перепрошивок ПЗУ.

Собственно, именно эта проблема еще в 1972 году стала для меня и моих сотрудников иницирующим моментом в поиске новых технологий отработки программного обеспечения, которая уже тогда оформилась в идею создания бортового вычислительного комплекса программно совместимого с семейством наземных ЭВМ Единой серии (ЕС ЭВМ), которые в различных модификациях становились в СССР стандартом во всех отраслях промышленности и военной техники.

Идея, изложенная в 1971 году и нашедшая отражение в технических предложениях, была обсуждена со специалистами НИИМП, поддержана Г.Я.Гуськовым и стала активно развиваться в виде создания нового бортового унифицированного информационно-вычислительного комплекса (УИВК) под названием «Салют-4». На этом комплексе далее планировалось создание системы автономной навигации, систем управления движением и всего комплекса управления системами орбитальных станций.

О том, как развивались дела в ЦКБЭМ (НПО «Энергия») и в НПО «ЭЛАС» по «Салюту-4», расскажу позже, а сейчас вернусь к «Дельте-4».

По системе «Дельта-4» была разработана новая полетная документация. Теперь это был типографским способом изданный бортовой журнал системы «Дельта» общим объемом 85 листов, включающий общие положения по управлению системой, порядок включения и выключения аппаратуры и переключения резерва, задание режимов и инструкция по их проведению, бланки элементов орбиты.

В октябре 1973 года в НИИМП была закончена прошивка штатного комплекта БЦВК, в ноябре комплект прошел комплексную проверку на стенде лаборатории в ЦКБЭМ и был отправлен на сборку станции, которая проводилась на заводе им.М.В.Хруничева.

7 февраля 1974 года начались проверочные включения системы «Дельта-4» в составе орбитальной станции на КИС ЦКБЭМ.

Кроме сотрудников моей лаборатории и лабораторий Э.Гаушуса и К.Чернышева, активное участие в испытании этой системы принимали сотрудники испытательных подразделений КБ и КИС Николай Зеленщиков, Михаил Купцов, Сергей Агафонов, Михаил Турчин, Александр Соколов.

В испытаниях с самого начала участвовала также бригада специалистов НИИМП: Владимир Мельшиян, Александр Иванов, Борис Виноградов, Вячеслав Никитин.

Надо сказать, что при проверочных включениях и при комплексных испытаниях серьезных замечаний по приборам БЦВК и измерительным приборам на КИС ЦКБЭМ (с мая 1974 года после прихода В.П.Глушко ЦКБЭМ стало называться НПО «Энергия») не было. Некоторые трудности возникли при проверке взаимодействия БЦВК с радиовысотомером и с печатающим устройством «Строка».

Замечания в основном объяснялись недостаточной помехоустойчивостью линий связи при обмене данными БЦВК с внешними абонентами, в том числе с радиовысотомером, а также при выдаче команд из БЦВК на приборы. По этой причине пришлось в систему ввести несколько фильтров и искрогасящих блоков. Однако эксплуатационная документация была откорректирована существенно.

С августа 1974 года на стенде системы опять начались тренировки экипажей практически в том же составе, что и при подготовке на предыдущую станцию.

К системе «Дельта-4», в отличие от предыдущей, которая рассматривалась многими как экспериментальная экзотика, интерес существенно возрос и в связи с тем, что на следующей станции, которая уже проектировалась, предполагалось систему «Дельта» ввести в состав штатных служебных систем.

С июля по декабрь 1974 года проходили испытания станции на космодроме. Испытания системы «Дельта-4» в составе станции начались с 4 сентября после прибытия на космодром расчета под моим руководством в составе В.Шарова, И.Борисова, В.Волошина, В.Глазнева, Т.Авраменко, В.Лунина (ОРВ), В.Мельшияна, А.Николаева, В.Нацаренуса (БЦВК), А.Пузыревой (датчики затмения Солнца).

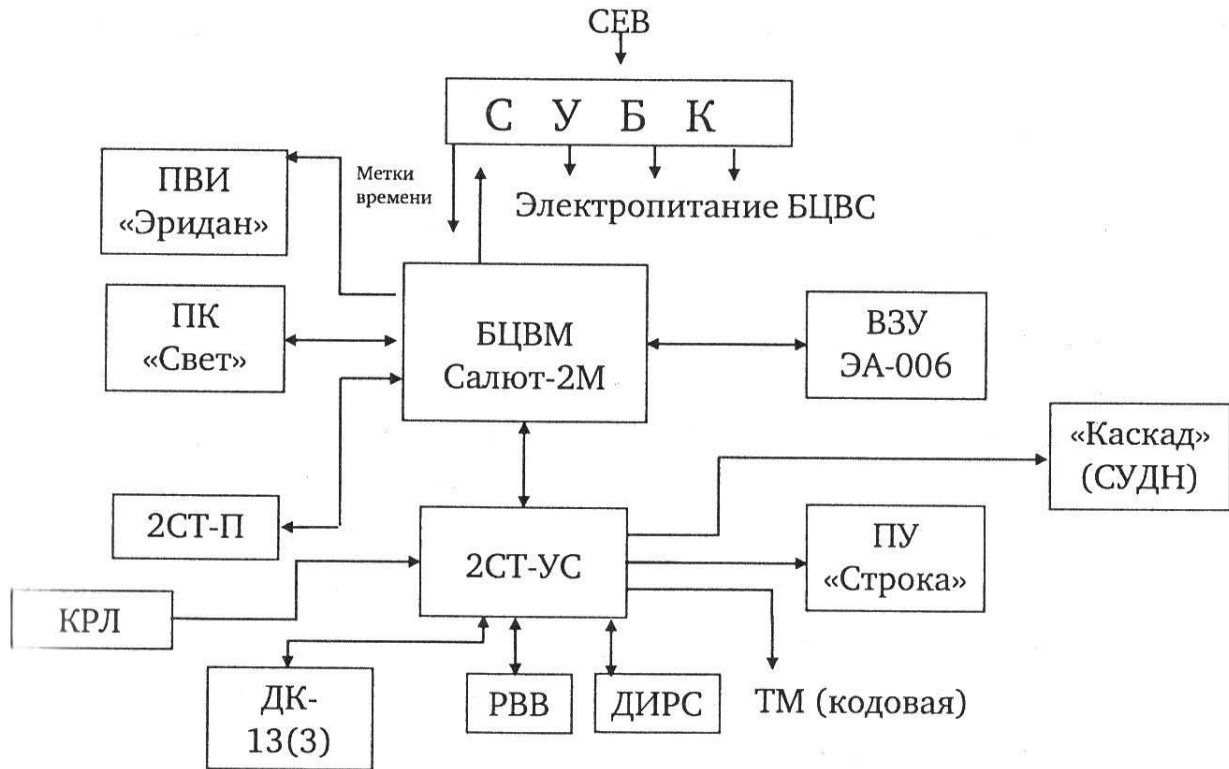
На проверочных испытаниях были замечания по сбоям измерений ОРВ, которые в конечном счете закрыли изменением порядка работы с ОРВ и увеличением длительности телеметрической протяжки.

Ведущий конструктор на испытании станции Виктор Томасович Иннелаур, которому в процессе разбора замечаний по ОРВ пришлось в беседах с «дельтовцами» разбираться в том, что система представляет собой изнутри, был приятно удивлен «умной "Дельтой"», которая даже умеет автоматически проводить измерения над океаном.

14 сентября В.Т.Иннелаур передал мне содержание разговора по ВЧ с Ю.П.Семеновым, который потребовал от него «особого контроля над “Дельтой” и не давать им что-либо менять».

К сожалению, пришлось пережить неприятности с ВЗУ, когда 17 сентября зафиксировали замечание по его неправильной работе. По результатам проведенных

мною с В.Волошиным нескольких частных программ 20 сентября было принято решение о его снятии с борта и отправке в Москву для анализа причины отказа и ремонта.



*Блок-схема системы автономной навигации «Дельта-4, 5» на базе БЦВМ «Салют-2М»*

24 сентября самолетом доставили запасной прибор ВЗУ и одного из разработчиков ВЗУ А.Венцулевича — представителя НИИ-885.

25-го вечером ВЗУ установили на борт, 26-го провели испытания системы с новым ВЗУ и обнаружили, что один сигнальный телеметрический параметр не функционирует. Проведенной частной программой (ЧП) подтвердили короткое замыкание в цепи. После обсуждения приняли решение опять снимать прибор и заменять другим, правда, непонятно каким, потому что короткое замыкание произошло в единственном запасном приборе.

Выход был один — отправлять в Москву и ремонтировать этот запасной прибор.

1 октября оба ВЗУ самолетом были отправлены в Москву, а 4 октября, после устранения производственного дефекта, прибор уже вернулся на космодром, 5-го установлен на борт и вечером проверен по частной программе в системе.

БЦВМ «Салют-2М», другие приборы комплекса 2СТ, измерительные приборы и прибор «Эридан» успешно прошли испытания.

Вот таким темпом шли работы с системой «Дельта-4» на космодроме.

По результатам комплексных испытаний система была допущена к летным испытаниям уже без замечаний.

Выведение орбитальной станции «Салют-4» было осуществлено 26 декабря 1974 года. С 12 января по 9 февраля 1975 года на станции работал экипаж космического корабля «Союз-17» в составе А.А.Губарева и Г.М.Гречко. Второй экипаж космического корабля «Союз-18» в составе П.И.Климука и В.И.Севастьянова работал на станции с 25 мая по 26 июля.

Система «Дельта-4», выполняя автоматические навигационные измерения и расчет параметров орбиты, обеспечивала экипажи этих двух экспедиций ежесуточной баллистической информацией, использовавшейся при выполнении многочисленных научных и прикладных экспериментов.

Роль системы «Дельта» на станции и оценку ее работы вскоре после возвращения на Землю экипажа «Союза-18» дал в интервью корреспонденту газеты «Известия» Генеральный конструктор НПО «Энергия», дважды Герой Социалистического Труда академик В.П.Глушко.

На вопрос корреспондента: «Чем характеризуется техническое совершенство орбитальных станций?» В.П.Глушко, в частности, ответил:

Прослеживается тенденция разгрузить линии радиосвязи с экипажем, облегчить работу наземного командно-измерительного комплекса за счет приобретения станциями большой автономности, способности решать силами экипажа многие задачи, которые пока выполняются на Земле. Например, на «Салюте-4» в течение всего полета безотказно действовала система автономной навигации, включающая комплекс датчиков и бортовую вычислительную машину. С ее помощью А.Губарев, Г.Гречко, П.Климук и В.Севастьянов получали баллистические данные — например, время входа и выхода из тени Земли, начала и окончания сеансов связи, параметры орбиты.

До сих пор эти задачи решались на Земле мощными вычислительными центрами и во время сеансов радиосвязи передавались на борт. В будущем, конечно, все навигационное обеспечение полета будет входить в обязанности экипажа. Это выгодно и при работе на околоземных орбитах, и просто жизненно необходимо в дальних полетах, таких как, например, к Марсу.

Дополнительно на этапе ЛКИ нами ставились задачи:

- проверки в реальных условиях функционирования отдельных приборов и системы в целом, а также устойчивости канала ввода данных в БЦВМ по КРЛ и сброс кодовой телеметрии;
- достаточности и достоверности штатного тестового контроля приборов и системы;
- оценки степени удобства работы космонавтов со средствами отображения информации (дискретная и цифровая индикация пульта «Свет», текстовая информация на экране прибора «Эридан») и бумажным регистратором данных системы «Строка»;
- проверки надежности длительного хранения информации в ВЗУ и ОЗУ.

Общее время функционирования системы «Дельта-4» на станции составило 380 часов, в том числе максимальное время непрерывной работы 70 часов.

Отказов приборов БЦВК и измерительных средств за все время работы системы «Дельта-4» на станции не было, но экипажем и по кодовой телеметрии на Земле были зафиксированы сбои в работе системы, проявлявшиеся в искажении информации, хранящейся в оперативной памяти БЦВМ. Эти сбои приводили к неправильному выполнению программ и случайным уходам БЦВМ на динамический останов примерно в 5% от общего времени работы.

По результатам проведенного анализа, на 651-657 витках работы был выполнен специальный тест системы «Дельта-4», заданный уставками по радиолинии и достоверно подтвердивший причину сбоев. Заключалась она, во-первых, во внешних паразитных влияниях по информационным цепям и цепям единого электропитания приборов системы, возникающих при включении и выключении некоторой аппаратуры смежных систем (оказалось, что испытания системы «Дельта-4» и этих

смежных систем на КИСе и ТК никогда не пересекались по времени); во-вторых, в недостаточной устойчивости аппаратуры БЦВК к импульсным помехам и недостаточности принятых мер защиты от помех при разработке системы. 3 февраля 1977 года станция прекратила свое существование на орбите.

По полученным результатам ЛКИ станции «Салют-4» и проведенному анализу функционирования аппаратуры системы «Дельта-4» был разработан целый комплекс мероприятий по системе «Дельта», планируемой к установке на следующую станцию,

Эти мероприятия включали дополнительные требования к приборам БЦВК по помехоустойчивости, по проведению специальных испытаний в НИИМП и в НПО «Энергия» и введению дополнительных средств в систему для защиты от помех.

Функционирование вычислительного комплекса на базе БЦВМ «Салют-2М» на станции «Салют-4» показало для того времени хорошую надежность разработанной в НИИМП микроэлектронной базы, подтвердив в основном концепцию резервирования сложной бортовой цифровой аппаратуры длительного существования.

Это был первый положительный отечественный опыт продолжительной работы БЦВК в космических условиях, который показал, что на бортовую вычислительную технику разработки НИИМП можно возлагать ответственные жизненно важные задачи управления бортовой аппаратурой, ориентации и стабилизации космических аппаратов длительного существования.

Успешная работа всей станции в пилотируемом и беспилотном режимах стала выдающимся достижением отечественной и мировой космонавтики.

Еще до запуска станции «Салют-4» в НПО «Энергия» велись проектные работы по долговременным станциям следующего поколения.

По БЦВК и системе «Дельта» для новой станции основное содержание проектных работ заключалось в следующем.

1. Распространение и расширение функций БЦВК с БЦВМ «Салют-2М» на динамический контур управления станцией, включая систему ориентации и стабилизации и систему сближения с транспортными кораблями.
2. Коррекция и отработка бортового программного обеспечения с учетом добавления новых функций, набор статистических данных и расширение тестовых программ.
3. Дальнейшее совершенствование и модернизация отладочного стенда с доведением его до состояния, обеспечивающего не только автоматизированную отладку технических и программных средств системы и отработку документации, но и эффективное сопровождение на нем системы в процессе функционирования станции в полете, включая предварительную проверку закладываемого на борт ПО и анализ нештатных ситуаций с БЦВК и системой.
4. Разработка уточненной методики по вводу в БЦВК полетного задания, незначительная коррекция технической и эксплуатационной документации.
5. Обеспечение большого объема работ по БЦВК и другим приборам в смежных предприятиях и их поставка в установленные сроки.
6. Проведение дополнительных мероприятий по повышению помехоустойчивости приборов.

В результате система «Дельта-5» для новой станции имела следующие отличия от предыдущей системы:

— для повышения точности определения элементов орбиты (до 1 км) по предложению Э.Гаушуса в состав системы был введен доплеровский измеритель радиальной скорости (ДИРС) с антенной;

— для повышения надежности функционирования в систему введены три универсальных помехоподавляющих фильтра (УПФ), емкостной фильтр и контрольный таймер, обеспечивающий прием от БЦВМ периодических импульсов и выдачу на телеметрию аварийного сигнала при их пропадании.

Введены новые режимы:

- автономного управления радиосистемами («Радиосеанс»);
- навигационных измерений и определение элементов орбиты по результатам совместной обработки данных измерений от приборов ДИРС, ОРВ, датчиков Солнца;
- автоматического расчета и вывода на печатающее устройство «Строка» уставок на аварийный спуск транспортного корабля (уставки по принятой в управлении форме 14);
- автономного управления маневрами ориентации с выдачей от БЦВМ «Салют-2М» управляющих команд на прибор «Каскад» системы ориентации и управления движением (СОУД);
- формирования и отображения в реальном масштабе времени целеуказаний экипажу по выполнению динамических операций и суточной программы, включающей в том числе проведение научных и прикладных экспериментов;
- фиксации и вывода на печать моментов московского времени, привязанных к определенным событиям.

Электрические связи системы «Дельта-5» с прибором «Каскад», обеспечивающим автономную ориентацию и стабилизацию станции, были реализованы через прибор 2СТ-УС.

Предложение по использованию БЦВМ «Салют-2М» непосредственно в процессе ориентации и стабилизации не поддержали Б.В.Раушенбах и Е.А.Башкин (начальник отдела разработчиков приборов СОУДа и «Каскад»). Задействование БЦВМ «Салют-2М» и других приборов БЦВК в решении задачи сближения и стыковки транспортного корабля со станцией остались на бумаге, хотя были проработаны довольно глубоко.

В результате модернизации отладочный стенд превратился в цифровой динамический стенд (ЦДС) «Орбита», который вошел в состав экспериментальных установок по орбитальной станции. Причем ЦДС был дополнен имитаторами приборов СУБК, ДИРС, СОУД, цифровой моделью движения центра масс изделия, аналого-цифровой моделью движения изделия относительно центра масс.

На стенде в таком полном составе система «Дельта-5» прошла довольно тщательную отработку, что впоследствии положительно сказалось на ее функционировании в полете.

К сожалению, в процессе заводского цикла испытаний были зафиксированы единичные отказы в ПУ «Свет», приборах 2СТ-П и 2СТ-УС, которые потребовали их оперативного ремонта на заводе и использования ЗИПа. Для того, чтобы спокойно обеспечить замену приборов вычислительного комплекса при возможных отказах, в процессе наземной подготовки, в октябре 1976 года документально, выпуском извещения на технический проект по СОУД и «Дельте», была узаконена процедура замены (в случае необходимости) аппаратуры 2СТ-1М, 2СТ-П, 2СТ-УС, ПВИ «Эридан» после завершения заводского этапа испытаний до отправки станции на ТК.

В рамках наземной отработки системы «Дельта-5» была выполнена специальная программа измерения и оценки влияния помех в составе изделия со штатной кабельной сетью, потому что, как показала работа на станции «Салют-4», именно

общая помеховая обстановка на изделия существенно влияет на работу БЦВМ и других цифровых приборов. Программа была реализована на этапе проверочных включений с замером и осциллографированием помех в цепях питания БЦВМ, пульта «Свет», 2СТ-УС. Были зафиксированы сбои в информационных цепях передачи данных между ОРВ и ПУ «Свет», что было устранено введением специальных приборов.

В июле 1977 года по результатам испытания системы «Дельта-5» в КИСе было выдано заключение, утвержденное заместителем генерального конструктора Б.Е.Чертоком, о допуске системы «Дельта-5» к ЛКИ при положительных результатах испытаний на ТК.

Однако на ТК при проведении проверочных включений произошел отказ БЦВМ «Салют-2М». Для выявления причины отказа и ремонта 8 августа 1977 года БЦВМ была снята с изделия и самолетом отправлена в Москву. Ее сопровождал я, как главный куратор и руководитель испытательного расчета. В Москве меня встретили на аэродроме, и мы отправились на Солнечногорский завод НИИМП. Надо отметить, что и.о.директора этого завода В.В.Марков обеспечил срочную и круглосуточную работу по ремонту БЦВМ.

С 9 по 12 августа БЦВМ была отремонтирована заменой блоков (ПЗУ, МОЗУ и переключателя резерва), взятых из запасной БЦВМ, прошла ПСИ с положительным результатом и была принята представителем Заказчика с отметкой «Годен для ПКК».

Отказ носил единичный характер и не распространялся на партию, включая установленные блоки из другой БЦВМ.

За подписью директора завода В.В.Маркова и представителя Заказчика М.Д.Белугина было выдано «Заключение о дальнейшем использовании БЦВМ "Салют-2М"» на изделии.

Уже днем 13 августа мы вернулись на Байконур.

После установки БЦВМ на изделие с 13 по 19 августа были повторно проведены проверочные включения системы «Дельта-5» и комплексные испытания со смежной аппаратурой, которые прошли без замечаний, и система «Дельта-5» с БЦВМ «Салют-2М» была допущена к летным испытаниям в составе станции.

Выведение на орбиту новой орбитальной станции состоялось 29 сентября 1977 года.

На этой станции, названной «Салют-6», система «Дельта-5» успешно функционировала сначала в автоматическом режиме, а после прилета на станцию на корабле «Союз-26» первой экспедиции в составе космонавтов Г.М.Гречко и Ю.В.Романенко обеспечивала выполнение всех возложенных на нее задач от начала работы первой основной экспедиции с 10 декабря 1977 года по 16 января 1978 года до момента, когда произошел отказ в системе, зафиксированный по данным телеметрии.

Причем отказ этот произошел в тот день, когда станцию покинула экспедиция посещения корабля «Союз-27» с космонавтами О.Макаровым и В.Джанибековым, которые находились на ней с 11 января.

Работы в определении места отказа и его локализации велись параллельно, как на борту станции, так и на Земле. На борту — космонавтом Г.Гречко, который, прервав работы по выгрузке доставленных ранее «Прогрессом» грузов, начал выполнение очень хлопотной работы, заключающейся в последовательной отстыковке и подстыковке электросоединителей в системе и проверке ее функционирования после каждой такой операции.



На Земле, на стенде «Орбита», имеющем полноразмерный комплект системы «Дельта», я, Е.Буршинов, Т.Авраменко и другие совместно с представителями НПО «ЭЛАС» В.Мельшиным и Б.Виноградовым проводили эксперименты, вводя неисправности в различные доступные узлы БЦВК для воспроизведения состояния, аналогичного тому, что было зафиксировано на борту. Э.Гаушус и Ю.Стишёв из ЦУПа координировали работу бортовых и наземных диагностических групп.

Таким объединением усилий место отказа было локализовано. Оказалось, что отказал ПЗУ-В в блоке 2СТ-П.

До отказа система наработала более 1700 часов. Если учесть, что по ТЗ на БЦВМ «Салют-2» ее надежность оценивалась средним временем наработки до отказа  $T_{cp}=2500$  час и такие же значения  $T_{cp}$  закладывались в 2СТ-П, ПУ «Свет» и 2СТ-УС, то можно сказать, что система даже переработала положенное ей до первого отказа время. Все-таки БЦВМ «Салют-2» и другие цифровые приборы, как уже ранее отмечалось, проектировались под задачи лунной программы, где время работы было как минимум на порядок меньше, чем для орбитальных станций этого поколения. Это не оправдание, а объективная реальность того времени.

Специальным решением генерального конструктора В.П.Глушко была определена доставка на станцию грузовым кораблем блока 2СТ-П на замену отказавшему и проведение на борту ремонтных работ экипажем. А пока, до замены блока 2СТ-П, система выполняла свои функции только частично.

В конце января 1978 года на Солнечногорском заводе НПО «ЭЛАС» блок 2СТ-П для компоновки в грузовой транспортный корабль был подготовлен, однако доставка его на первоначально запланированном корабле не состоялась, и только в июле он был доставлен на станцию, где уже работала вторая экспедиция с космонавтами В.В.Коваленком и А.С.Иванченковым. Блок был подключен космонавтами к системе, прошел тестовую проверку, после чего система «Дельта-5» была допущена к эксплуатации в полном объеме.

В сентябре 1978 года в системе опять произошел отказ. На этот раз образовалось короткое замыкание в одном из люминесцентных индикаторов (ЭЛИ) ПУ «Свет», в результате чего пульт пришлось отключить.

ЭЛИ изготавливались по нашему ТЗ Киевским заводом «Реле и автоматика» и были тогда единственными цифровыми бортовыми индикаторами. Завод производил их с приемкой ОТК (другой приемки завод тогда обеспечить не мог) и поставлял нам, а мы отправляли в НИИМП. Конечно, надежность ЭЛИ ( $T_{cp}=700$  час) как элемента была недостаточной для системы в целом и ПУ «Свет» в бортовых условиях ремонту не подлежал.

Учитывая важность выполняемых функций системой «Дельта-5», было принято решение о доставке на борт станции грузовым кораблем другого ПУ «Свет». Доставка ПУ была произведена кораблем 30 мая 1979 года, и после его установки система стала опять работать в полном объеме.

Система проработала до конца функционирования станции в пилотируемом режиме, который завершился 26 мая 1981 года с окончанием работы пятой основной экспедиции на корабле «Союз Т-4» с космонавтами В.В.Коваленком и В.П.Савиных.

Все это время велись работы по подготовке следующей станции ДОС № 5-2, которая в основном являлась повторением станции «Салют-6», а также работы по подготовке модернизированного варианта системы «Дельта» с использованием БЦВМ «Салют-4».

Несмотря на имевшие место отказы аппаратуры БЦВК на летающей станции и уже морально устаревшую микроэлектронную базу БЦВМ «Салют-2М» и других цифровых приборов, было принято решение систему «Дельта» в основном старом аппаратном составе ввести на следующей станции в состав штатных, постоянно действующих систем.

Решение это базировалось на том, что система на предыдущих космических станциях, особенно на «Салюте-6», показала свою эффективность, в том числе возможность существенного снижения загрузки экипажа, увеличение продолжительности работы станции за счет снижения загрузки приборов командной радиолинии, имеющих ограниченный ресурс, разгрузки каналов радиосвязи с экипажем и наземных КИК. Штатная работа системы «Дельта» позволила бы увеличить маневренные возможности станции, расширить проведение астрофизических экспериментов.

Правда, как уже выше упоминалось, к этому времени были выпущены проектные материалы, в которых система управления движением и навигации (с расширенными функциями «Дельты») на долговременной станции нового поколения базировалась и на новом информационно-вычислительном комплексе «Салют-4», эскизный проект на который, по финансовому договору НПО «Энергия» с НПО «ЭЛАС», был выпущен еще в 1974 году. Однако в силу закрытия в НПО «Энергия» работ по БЦВМ «Салют-4» пришлось на следующей станции останавливаться на устаревшей уже БЦВМ «Салют-2М» и других приборах комплекса 2СТ.

И, тем не менее, функции системы «Дельта» на новой станции расширились, и вводились новые режимы, например:

- отдельного управления различной аппаратуры бортового радиокомплекса;
- совместно с аппаратурой СОУД и «Каскад» поддержания ориентации станции выбранной осью на соответствующие направления;
- выполнения программных разворотов для ориентации станции в инерциальном пространстве, сканирования участков небесной сферы выбранной осью для проведения научных экспериментов;
- вращения станции вокруг выбранной оси с необходимой угловой скоростью;
- управления комплексом научной аппаратуры с одновременной ориентацией станции на выбранный участок небесной сферы;
- автоматизированной обработки данных, снимаемых с бортовой медицинской аппаратуры «Аэлита-01» и «Вега-3», и проведения кардиологического анализа экипажа;
- автоматизированной обработки, учета и хранения данных о расходуемых материалах и заменяемом оборудовании на станции.

Для выполнения увеличенного круга задач был несколько расширен и изменен состав системы. В частности, для обеспечения командного управления в состав системы был введен матричный коммутатор команд, а для повышения точности определения моментов захода/восхода Солнца были применены новые датчики Солнца с увеличением их числа до 6, ОРВ заменен на модернизированный.

Приборы БЦВК для системы «Дельта» в НПО «ЭЛАС» прошли, с учетом имеющихся замечаний по работе на станции «Салют-6», расширенный объем испытаний, а после поставки в НПО «Энергия» — испытания в составе системы «Дельта» на стенде, включая проверку программного обеспечения, электрических связей и логики управления в основных режимах.

Далее система «Дельта» в составе изделия прошла два этапа заводских испытаний: первый этап с технологическими приборами на КИСе НПО «Энергия», второй этап — со штатными приборами. В начале июня 1980 года, с учетом результатов работы на предыдущих пяти орбитальных станциях, система была допущена к дальнейшим испытаниям на ТК и к натурным испытаниям в пределах своего ресурса, как штатная постоянно действующая система изделия. Замечание по ресурсу было введено в Заключение на допуск системы, в связи с тем что гарантийного ресурса эксплуатации установленных приборов 2СТ уже не хватало для планировавшегося трехлетнего срока работы станции.

Начальник ПЗ Л.И.Енуков своим письмом в адрес заместителя генерального конструктора, главного конструктора станции Ю.П. Семенова поставил вопрос о необходимости изготовления дополнительно не менее четырех комплектов приборов 2СТ-1М, 2СТ-П и ВЗУ для обеспечения трехлетней эксплуатации станции путем замены указанных приборов в процессе полета. Как видим, доставка на борт станции ЗИПа и проведение космонавтами ремонтных работ стало нормальным явлением обеспечения длительного ресурса эксплуатации приборов.

Ю.П.Семенов поручил К.П.Феоктистову — руководителю проектного отделения и В.П.Легостаеву — руководителю отделения управления решить вопрос с ЗИП приборов БЦВК 2СТ. В конечном счете было решено, с одной стороны, несколько ограничить время включенного состояния приборов системы «Дельта», с другой — заказать изготовление дополнительных комплектов, о чем за подписью Ю.П.Семенова были отправлены просьбы в НПО «ЭЛАС» Г.Я.Гуськову (по комплексу 2СТ) и в НПО «Радиоприбор» Л.И.Гусеву (по ВЗУ ЭА-006 и ДИРС). Конечно, это требовало значительного финансирования, но на это шли.

Серьезных замечаний и отказов приборов БЦВК и других приборов системы «Дельта» на последующих этапах испытаний не было.

19 апреля 1982 года станция «Салют-7» была успешно выведена на орбиту. С этого времени и по 25 июня 1986 года на станции работали четыре основные экспедиции и пять экспедиций посещения.

При подготовке очередной основной экспедиции выпускались заключения по всем системам станции об их допуске к работе. В заключениях на систему «Дельта» приводился анализ состояния с остаточным ресурсом по всем приборам и рекомендации по обеспечению ресурса.

Были в процессе работы системы и замечания. Так, во время работы первой экспедиции 17 ноября 1982 года были зафиксированы сбои в работе ВЗУ — неправильная выборка адреса зоны при чтении. Анализ показал, что в приборе произошел отказ, в связи с чем требовалась его замена. На борт был доставлен новый прибор, причем вместе с ним была доставлена кабельная вставка, которая позволяла до замены дефектного прибора подключить второй ВЗУ и переписать на него с первого довольно большой объем данных.

Таким приемом фактически был реализован способ «горячего» резервирования ВЗУ. К сожалению, за время функционирования системы «Дельта» на станции «Салют-7», особенно при работе первой основной экспедиции, было много замечаний, связанных с неправильными действиями космонавтов и ошибками в эксплуатационной документации, что было следствием как недостаточной подготовки экипажей, так и недостаточной отработанностью летной документации в части парирования различных нештатных ситуаций.

С завершением работы станции «Салют-7» закончился 15-летний период практического использования космических БЦВМ «Салют-2М», других уникальных и пионерских приборов, бортового программного обеспечения и созданных на их базе различных модификаций систем автономной навигации «Дельта».

На этих работах выросли руководители, специалисты и целые коллективы. Для нас это было время перманентных прорывов в новую область космической техники — создание сложных бортовых систем на основе БЦВМ.

Это были годы активной, интересной и тяжелой работы, результатом которой, кроме созданных систем, приборов, программного обеспечения, алгоритмов и методик решения новых задач, был бесценный опыт практического воплощения новых идей и творческих замыслов.

Это было время формирования и проверки на деле созданной кооперации смежных предприятий, также самоотверженно и преданно отдававших все силы для реализации новых задач в космической науке и технике.

Для формирования цельного представления об истоках создания и применения БЦВМ в космической технике коснусь некоторых аспектов разработки других БЦВМ из ряда «Салют».

## БЦВМ «Салют-3»

Как уже ранее упоминалось, после определения НИЭМ ГКРЭ головным предприятием по созданию бортовых электронных вычислительных машин для ракет, самолетов, ИСЗ и т.п. нами был подготовлен и выдан в НИЭМ в сентябре 1964 года утвержденный Б.Е.Чертоком проект ТЗ на разработку бортовой ЦВМ системы централизованного контроля и управления (ЦКОиУ) пилотируемого космического корабля длительного существования.

Работы по космическим аппаратам для освоения Луны тогда еще не были развернуты, поэтому эта БЦВМ нами рассматривалась не только для возможного применения в проекте «Союз», но и как перспективная, для будущих космических проектов, в появление которых мы очень верили.

В основу требований к этой БЦВМ были положены улучшенные характеристики (увеличение объема запоминающих устройств, сокращение массы, уменьшение электрической мощности, расширение внешних связей) уже разработанной нами БЦВМ «Вычислитель».

К сожалению, по мнению С.А.Крутовских, БЦВМ с приведенными в проекте ТЗ характеристиками не могла быть разработана и изготовлена в ближайшие два года из-за отсутствия необходимой микроэлектронной базы, создание которой было возложено на предприятия ГКЭТ.

Естественно, начав успешно работать по созданию БЦВМ в НИИМП («Салют-1» и далее «Салют-2»), другие цифровые приборы на базе разработанной в этом институте уникальной тонкопленочной элементной базы «2С»), мы обратились к НИИМП и по части создания нашей перспективной БЦВМ, понимая, что развертывание работ по лунной программе потребует более мощных вычислительных средств, чем «Салют-2».

Расширить работы по перспективной БЦВМ мы смогли, выделив группу сотрудников в моей лаборатории, освободившихся от работ по ПВУ КА 4МВ после передачи в 1964 году этих кораблей в КБ им. С.А.Лавочкина.

Проект ТЗ на эту БЦВМ мы выдали летом 1966 года в НИИМП, где разрабатываемая по нему БЦВМ получила индекс «Салют-3».

С этого времени я, К.Чернышев, В.Шаров, Р.Казаринов, Г.Казаринов, М.Власюк, П.Масенко, А.Гелюх совместно с ведущими сотрудниками НИИМП А.Новожиловым, В.Мельшияном, В.Темником, А.Шпилевой проводили интенсивную проработку и уточнение аппаратных и математических характеристик этой БЦВМ.

Много времени было уделено выбору системы команд БЦВМ. Хотя в основу была положена уже проверенная система команд БЦВМ «Вычислитель», тем не менее, для новой перспективной машины ее хотелось оптимизировать.

Время унифицированных систем команд тогда еще не пришло, и для новой БЦВМ задача выбора, вернее составления системы команд была одной из основных.

Учитывая то, что для БЦВМ, работающей в системе централизованного контроля и логического управления, вопросы массового сбора и преобразования данных от различных систем космического корабля являются одними из главных, мы в лаборатории развернули работы по созданию подсистем сбора и преобразования данных, ориентированных на работу с БЦВМ «Салют-2» и «Салют-3».

ТЗ на разработку бортовых систем адресного сбора и преобразования данных, подготовленные П.Масенко, Н.Рукавишниковым и Г.Казариновым, были выданы в

Запорожский филиал института автоматики Украины (ЗФИА) и во Всесоюзный научно-исследовательский институт приборостроения в Ленинграде (ВНИИП).

Разрабатываемые пульт космонавта, внешнее запоминающее устройство на магнитной ленте также ориентировались на работу с перспективной БЦВМ.

Ранее я упоминал, что в ОКБ-1 с 1958 года велись работы по созданию программно-временных устройств для различных КА. Для спутников военного назначения «Зенит» в лаборатории И.А.Сосновика были разработаны цифровые ПВУ «Ритм». Разработка и испытания первого типа КА «Зенит» были завершены успешным выводением на орбиту в апреле 1962 года спутника разведчика обзорного наблюдения «Зенит-2». Серийное производство спутников «Зенит-2» было поручено заводу «Прогресс» (г.Куйбышев), а конструкторское сопровождение изготовления — куйбышевскому филиалу № 3 ОКБ-1, коллектив которого уже принимал участие в изготовлении и испытании этого КА.

На базе спутника «Зенит-2» наше предприятие совместно с филиалом № 3 разработали спутник «Зенит-4», на котором практически в неизменном виде использовалось ПВУ «Ритм».

В 1964 году С.П.Королев передал в филиал № 3 все работы по созданию космических аппаратов дистанционного зондирования Земли военного назначения. В 1965 году спутник «Зенит-4» был принят на вооружение с ПВУ «Ритм».

Весной 1966 года в филиале № 3 наряду с проработкой новой серии КА «Зенит» началась разработка пилотируемого космического аппарата 7К-ВИ, для которых стала рассматриваться возможность использования БЦВМ в системе управления. Еще не имея опыта разработки БЦВМ, сотрудники филиала обратились за помощью к нам. Их представителям во главе с А.Меркуловым, командированным к нам на длительное время, было показано все, что мы к тому времени имели, а также передан ряд материалов, в том числе и ТЗ на БЦВМ «Салют-3». На основе нашего ТЗ в филиале № 3 разработали свое ТЗ на БЦВМ и выдали его на проработку также в НИИМП.

В августе 1966 года заместитель главного конструктора филиала № 3 А.М.Солдатенков обратился к заместителю начальника комплекса ЦКБЭМ Б.В.Раушенбаху и в копии к главному инженеру НИИМП Б.Ф.Высоцкому со следующим письмом:

«В соответствии с предварительной договоренностью направляю Вам ТЗ на разработку и изготовление бортовой вычислительной системы навигационного комплекса корабля (11Ф732).

В связи со сжатыми сроками проектирования и изготовления 7К-ВИ и идентичностью принципов построения и назначения бортовых вычислителей, разрабатываемых применительно к комплексу Н1-Л3 и 7К-ВИ, НИИМП просит рассмотреть вопрос о возможности разработки единых требований к бортовым вычислителям указанных комплексов в части структуры и принципов связи с внешними устройствами в сроки до 10.09. с.г.

Нам кажется целесообразным проведение 3-стороннего обсуждения указанных требований в Вашей организации. Прошу сообщить срок.

Приложение ТЗ на 15 листах.»

Б.В.Раушенбах 25 августа 1966 года направил письмо В.П.Легостаеву и мне для подготовки ответа. Ответ с подтверждением согласия на организацию 3-стороннего обсуждения требований был направлен в оба адреса.

Встреча представителей ЦКБЭМ, филиала № 3 и НИИМП состоялась у нас под председательством Б.В.Раушенбаха. На ней было решено, что основные характеристики БЦВМ для нас и для филиала будут идентичны. Подготовку окончательного варианта ТЗ мы взяли на себя.

В конце ноября 1966 года главный конструктор филиала № 3 Д.И.Козлов направляет Б.Е.Чертоку следующее письмо:

«Технические требования к БЦВМ 11Ф73 полностью соответствуют требованиям к БЦВМ комплекса ЛЗ, изложенным в ТЗ на БЦВМ ЛЗ.

В связи с этим и в соответствии с договоренностью ОКБ-1 и НИИМП прошу выслать в наш адрес экземпляр упомянутого ТЗ для оформления подписей от филиала ОКБ-1 и снять копии.

В это же время с просьбой о срочном направлении на согласование ТЗ на БЦВМ корабля 7К-ВИ и комплекса ЛЗ обратился к Б.Е.Чертоку, Д.И.Козлову и И.Н.Букрееву начальник ВП МО при филиале № 3 ОКБ-1.

ТЗ на БЦВМ «Салют-3», утвержденное 3 ноября 1966 года директором Центра микроэлектроники Ф.В.Лукиным и главным конструктором ЦКБЭМ В.П.Мишиным, подписанное с нашей стороны Б.Е.Чертоком, Б.В.Раушенбахом, В.П.Легостаевым, мной, А.А.Шустовым, со стороны Центра микроэлектроники — И.Н.Букреевым и Б.Ф.Высоцким, согласованное от ОПМ МИ АН СССР с В.А.Егоровым, было размножено и направлено в филиал № 3, в ВП МО при филиале, в НИИМП.

Это же ТЗ было также направлено в НИЭМ и на предприятие В.Н.Челомея (Реутов), на котором тоже прорабатывался вариант лунного корабля, и началась разработка орбитальной пилотируемой станции (ОПС) военного назначения «Алмаз». Представители предприятия В.Н.Челомея побывали у нас и познакомились с разработками по БЦВМ.

Немного раньше, по личной просьбе Ф.Г.Староса, ТЗ с небольшими изменениями было отправлено в КБ-2 в Ленинград. На это время основные характеристики разрабатываемой БЦВМ «Салют-3» были следующими:

- одноадресная параллельного действия с фиксированной запятой;
- разрядность — 24 двоичных разряда;
- ОЗУ — 1024 24-разрядных числа;
- ПЗУ программ и команд — до 16 384 24-разрядных чисел;
- быстродействие — 150 тыс. операций/сек;
- ввод/вывод (обмен с пультом) десятичными числами, угловыми величинами, параметрами времени;
- универсальная система команд с выполнением операций, с одинарной и удвоенной точностью;
- ввод данных с аппаратуры автономной навигации, управления движением, командной радиолинии, орбитального высотомера — последовательным двоичным 13-разрядным кодом;
- выдача данных позиционным кодом и параллельным двоичным кодом;
- масса — 15 кг (в одноканальном варианте);
- электрическая мощность в рабочем режиме — 150 Вт, в дежурном режиме — не более 20 Вт;
- вероятность безотказной работы за 1000 часов непрерывной работы — 0,99.

С руководством филиала № 3 и НИИМП мы договорились, что финансовый договор с НИИМП на эту БЦВМ будет в первую очередь оформлять филиал № 3.

Однако мы к «Салюту-3» так и не вернулись.

Увязнув в работах по первому этапу лунной программы, а далее по орбитальным станциям все свои усилия в части бортовых вычислительных систем мы на длительное время (до 1972 года) сосредоточили на БЦВМ «Салют-1», «Салют-2», их модернизациях и совершенствовании комплекса смежных цифровых приборов (пульт космонавта, внешнее ЗУ на магнитной ленте, блоки внешних связей и т.п.), большинство из которых создавалось по нашим ТЗ также в НИИМП.

Дальнейшая работа по разработке, использованию для разных КА и модернизациям БЦВМ «Салют-3» целиком легла сначала на филиал № 3 и далее уже на самостоятельное предприятие — ЦСКБ, а также на коллектив Харьковского производственного объединения «Монолит», на котором было налажено серийное производство БЦВМ «Салют-3», модернизированной БЦВМ «Салют-3М» и БЦВМ «Салют-5».

Примерно за 25 лет на этом предприятии были изготовлены и поставлены для комплектации различных КА (в основном военного применения) сотни этих БЦВМ.

С 1968 по 1970 год продолжалась наша совместная работа с филиалом № 3 в части унификации аппаратуры систем управления движением (СУД) и систем автономной навигации (АНС) для кораблей комплекса «Союз-ВИ» (разработки филиала) и нового транспортного корабля 11Ф732 (разработки ЦКБЭМ).

По протоколу, утвержденному в октябре 1968 года Б.Е.Чертоком и Д.И.Козловым, было принято решение об унификации ряда датчиков системы управления движением и ручек управления, использования унифицированного ПВУ по ТЗ ЦКБЭМ (разрабатываемого НИИМП), согласованного с филиалом № 3.

Было также принято следующее решение:

«5. На объекте 11Ф731 устанавливается унифицированная штатная аппаратура ручной АНС, разработки ЦКБЭМ.

Предусматривается проведение экспериментальной отработки автоматической и ручной АНС с использованием БЦВМ "Салют-3".

ЦКБЭМ по ТЗ, согласованному с филиалом, разрабатывается унифицированное устройство ручного ввода уставок».

Упомянутая в протоколе ручная АНС была системой автономной навигации, создаваемой на базе БЦВМ «Салют-2» для ЛЗ, а устройство ручного ввода уставок — это РВУ, разрабатываемое в нашей лаборатории также для ЛЗ.

В январе 1969 года было выпущено ТЗ на разработку унифицированной аппаратуры программно-временного управления «Спектр-2», разработанное в ЦКБЭМ в лаборатории И.А.Сосновика, утвержденное также руководителями НИИМП Г.Я.Гуськовым, филиала № 3 ЦКБЭМ Д.И.Козловым и НИИ-648 А.С.Мнацаканяном. От ЦКБЭМ ТЗ утвердил Б.Е.Черток.

В ТЗ была введена запись о том, что на изделии 11Ф73 ПВУ («Спектр-2») работает с БЦВМ «Салют-3», которая как бы являлась базой для проведения совместных испытаний «Спектра-2» и «Салют-3», создаваемых на одном предприятии — НИИМП.



## Информационно-вычислительный комплекс «Салют-4»

Параллельно с созданием системы автономной навигации «Дельта-5» на средствах вычислительного комплекса 2СТ с БЦВМ «Салют-2М» в нашей лаборатории с участием сотрудников НИИМП начали проводиться работы по разработке новой БЦВМ и других средств, на базе которых возможно было бы создание вычислительной системы для решения всего комплекса задач проектируемой новой станции.

Ставилась задача разработать БЦВМ и вычислительную систему не только с существенно лучшими характеристиками, но и с принципиально новым подходом к обеспечению надежности и живучести, структурно перестраиваемую, с меньшими массами и электрической мощностью на новой микроэлектронной базе высокой степени интеграции.

Летом 1971 года я выступил с предложением создания новой БЦВМ на базе вычислительных средств, программно совместимых с наземными ЭВМ Единой серии (ЕС ЭВМ), которая была отечественным аналогом американской вычислительной машины (системы) IBM-360.

Немного коснусь предпосылок, которые лежали в основе этого предложения.

В середине 50-х годов прошлого столетия в высших партийных и правительственных кругах стало созреть понимание того, что отечественная промышленность отстала от зарубежной в части создания, производства и применения быстродействующих вычислительных машин, несмотря на то что советская математическая школа, в том числе и в области вычислительной математики, занимала передовые позиции в мире. Это отставание сказывалось на военном потенциале страны. В одном из документов ЦК КПСС отмечалось, что «наличие специальной вычислительной техники приобретает не меньшее значение, чем наличие того или иного оружия и транспортирующих его ракет».

Чтобы ликвидировать это отставание, необходимо было на государственном уровне сконцентрировать огромные средства и организовать научные силы и промышленность, в том числе металлургию и химию, на решении многих проблем: получении материалов для электронной промышленности, становлении производства компонентов машин, создании новой технологической базы и серийных заводов, организации коллективов математиков и программистов, массовой подготовке кадров в техникумах и вузах и еще много и много других.

Вскоре встал вопрос о том, по какому пути развивать отечественную промышленность массового производства вычислительных машин для оборонных и народно-хозяйственных нужд страны — на основе отечественных разработок или на основе копирования лучших зарубежных разработок.

Вопрос тем более непростой, учитывая, что СССР и другие страны соцлагеря находились в условиях блокады поступления в них новых зарубежных технологий и разработок, к которым относились и разработки по вычислительным машинам.

После многих лет сомнений и шатаний и форменной борьбы сторонников и противников двух направлений верх одержало направление на копирование ЭВМ System-360 разработки американской фирмы IBM. Причем необходимо отметить, что задача копирования ставилась в условиях, когда легального доступа к оригиналу предприятия СССР не имели!

В мае 1967 года в Варшаве на совещании представителей Совета экономической взаимопомощи (СЭВ) было принято решение о необходимости создания единой системы электронно-вычислительных машин (ЕС ЭВМ). В декабре 1967 года по этому вопросу вышло Постановление ЦК КПСС и Совета министров.

Как говорится, русский человек долго запрягает, но быстро едет. Так и в этот раз — долго собирались, но когда решили — всё понеслось.

Вся наша страна стала делать ЭВМ единой серии. Разные типы ЭВМ разрабатывались и производились в Москве, Минске, Казани, Ереване и других городах. Отдельные типы ЭВМ и разные комплектующие выпускались в странах СЭВ.

Практически к 1972 году ЭВМ единой серии семи моделей: ЕС-1010 (разработка и изготовление ВНР), ЕС-1021 (ЧССР), ЕС-1020 (СССР), ЕС-1030 (СССР), ЕС-1040 (ГДР), ЕС-1050 (СССР) и ЕС-1060 (СССР) становятся, вернее сказать — должны стать основой вычислительных систем и в оборонной, и в других отраслях промышленности.

Несколько позже на базе ЕС ЭВМ стали разрабатываться и автоматизированные системы управления (АСУ) в различных отраслях народного хозяйства. Значение свойства совместимости программ в разных моделях ЕС ЭВМ было неопределимо. Прямая совместимость младших и старших моделей ЕС ЭВМ позволяла использовать без дополнительных затрат программное обеспечение, созданное для какой-то вычислительной системы или АСУ.

Усилиями руководства произошло переоснащение этими ЭВМ и нашего предприятия. Они становились основой вычислительных средств нашего Вычислительного центра, и практически все задачи моделирования и отладки бортовых программ по системе «Дельта» теперь стали проводиться на ЕС ЭВМ. Это стало одной из предпосылок идеи создания БЦВМ, программно совместимой с ЕС ЭВМ.

Проработку новой БЦВМ вели бригадным методом, можно сказать, мозговым штурмом. Кроме меня, в бригаде были наши ведущие специалисты, обкатанные на «Салютах»: К.Чернышев, В.Шаров, Ю.Стишёв, Ю.Багдасарян, В.Шутенко, Р.Казаринов. Тесно с нами работали и много помогли в освоении ЕС ЭВМ два Бориса — Бугеря и Барун из отдела А.Термососова. Они уже неплохо разбирались в ЕС ЭВМ, одна из моделей которых планировалась к использованию в составе автоматизированной испытательной станции (АИС) перспективных космических кораблей. Участвовали в обсуждении особенностей будущей БЦВМ Э.Гаушус и его сотрудники, которым предстояло развивать задачи автономной навигации на базе этой новой машины.

В течение 1,5-2 месяцев было подготовлено предварительное ТЗ для обсуждения с ведущими сотрудниками НИИМП. К тому времени это предприятие стало уже главным разработчиком бортовой цифровой аппаратуры в микроэлектронном исполнении для космических кораблей нашей разработки.

Основные положения по проектируемой БЦВМ, воплощенные в проекте ТЗ, были доложены В.П.Легостаеву (он стал начальником отдела, куда перешла моя лаборатория) и Б.Е.Чертоку, получили одобрение и поддержку.

Следующим этапом был выход на обсуждение идеи создания такой БЦВМ с руководством НИИМП. В рабочем порядке многие вопросы создания машины уже были обсуждены с сотрудниками НИИМП А.Новожиловым, В.Филатовым,

В.Клубковым, А.Литавриным, В.Мельшияном и другими, и уже они поставили в известность о наших предложениях Г.Я.Гуськова.

Надо сказать, что идея создания БЦВМ, программно совместимой с наземными ЕС ЭВМ, не у всех в НИИМП нашла поддержку. Более того, были специалисты, которые стали довольно активно выступать против.

Это были люди, которые занимались модернизацией БЦВМ «Салют-3» и созданием нового (очень дорогого) отладочного наземного комплекса для этой машины. Главным их доводом было то, что такая БЦВМ будет слишком «переразмерена» по разрядности, составу и возможностям, которые для бортовой ЦВМ и не нужны, а программная совместимость не даст большого эффект и все равно придется создавать отладочные средства. Эта точка зрения была доведена и до Г.Я.Гуськова. К сожалению, противники этой БЦВМ появились и на нашем предприятии, но об этом — чуть позже.

В январе 1972 года в Зеленограде состоялась встреча Б.Е.Чертока и меня с Г.Я.Гуськовым по обсуждению ряда вопросов, связанных с установкой БЦВМ «Салют-1» на новой орбитальной станции и по разрабатываемому комплексу 2СТ (БЦВМ «Салют-2», ПУ «Свет» и др.). На этой встрече нами был поднят и предварительно обсужден вопрос о новой БЦВМ, программно совместимой с ЕС ЭВМ.

В целом мнение Геннадия Яковлевича по развертыванию работ по созданию такой ЭВМ было положительным. Договорились о совместной подготовке ТЗ и заключению финансового договора на разработку эскизного проекта.

Разработка и согласование первого варианта ТЗ были проведены уже в феврале 1972 года, и с НИИМП был заключен финансовый договор № 113а от 10.03.1972 г. на разработку эскизного проекта БЦВМ, которому дали название «Салют-4».

Непросто рождался этот проект. Во-первых, не хватало времени и человеческих сил, которые в первую очередь уходили на решение текущих вопросов; во-вторых, задача создания программно-совместимой БЦВМ при более глубоком рассмотрении и продвижении вперед обрастала все новыми и новыми проблемами. Заново надо было сделать систему обмена данными вычислителя с внешними абонентами и систему прерывания, что уже приводило к отклонению от программной совместимости с ЕС ЭВМ. Аппаратно-программным способом решали вопрос надежности и живучести бортовой системы, чего, естественно, не было в оригинальном прототипе, ну и много других вопросов. В связи с этим выпуск эскизного проекта затянулся до первого квартала 1974 года. Правда, теперь в проекте, кроме БЦВМ «Салют-4», уже были рассмотрены различные компоненты унифицированной информационно-вычислительной системы того же названия. Утвердили многотомный эскизный проект директор НИИМП Г.Я.Гуськов и заместитель генерального конструктора НПО «Энергия» Б.Е.Черток.

В мае 1974 года было выпущено ТЗ с индексом 17К на унифицированный информационно-вычислительный комплекс (УИВК) «Салют-4». Индекс 17К в ТЗ говорит о том, что этот комплекс разрабатывался для новой пилотируемой космической станции.

ТЗ это уже было нами подготовлено в отделе Е.А.Башкина, куда в апреле 1974 года с целью усиления работ по аппаратной части системы управления движением и навигации для новой станции, в том числе и с применением БЦВМ, была переведена наша лаборатория из отдела В.П.Легостаева.

В этом же отделе сосредоточили работы и по системе «Дельта». Более того, в секторе Э.Гаушуса, наряду с алгоритмами и программированием задач автономной навигации совместно с сектором А.Сверчкова — коллективом, который вел все текущие вопросы динамики ДОС и математическую сторону системы управления движением, были начаты работы по СУД новой станции на базе БЦВМ «Салют-4».

В отделе Легостаева были сосредоточены работы по математическим аспектам управления и динамике транспортного корабля 11Ф732, вопросы дальнего и ближнего сближения с кооперируемыми объектами, все теоретические вопросы бесплатформенных систем управления и алгоритмов спуска транспортных кораблей с орбиты. Одновременно в этом отделе были оставлены работы по сопровождению и программному обеспечению БЦВМ «Аргон-16», в том числе и вопросы ее возможной модернизации.

Таким решением о проведении работ по БЦВМ в разных отделах были заложены, правда, тогда не очень просматриваемые, элементы конкуренции и соперничества, с которыми мы уже сталкивались 13 лет до того на поле УМ-2М и «Вычислителя». Но тогда у сторон были разные «большие начальники», а в этом случае «большой начальник» был уже один — Б.Е.Черток, чуть пониже по вертикали власти — еще один начальник, Б.В.Раушенбах. Расходились же задачи на уровне отделов.

Но оказывается, что амбиции и противостояние снизу при соответствующих качествах «больших начальников», в основном в части твердости, принципиальности и ответственности за риск в проведении определенной технической политики, могут играть и решающую роль в принятии решений, последствия которых выходят далеко за рамки, например, отделов.

В июне 1975 года разработка БЦВМ «Салют-4» практически была закончена. Более того, были определены принципы построения, структура и логика работы информационно-вычислительных комплексов на базе БЦВМ «Салют-4».

В НПО «ЭЛАС», так теперь стала называться новая организация под руководством генерального конструктора Г.Я.Гуськова, образованная на базе НИИМП, заводов «Компонент», «Микроприбор» и СЭМЗ, была разработана рабочая документация на создание всех составных частей системы. Экспериментально подтверждена работоспособность и характеристики больших интегральных схем на МОП-структурах, как основе построения ИВК «Салют-4».

ИВК «Салют-4» мог включать до 8 процессоров (активные приборы — АП), которые могли вступать в обмен данными с абонентами (пассивные приборы — ПП) через унифицированный интерфейс. Подключение ПП к интерфейсу осуществлялось через различные модули обмена (МО).

Обеспечение подключения резервных устройств ИВК осуществлялось через надежный блок управления конфигурацией (БУК). Система могла иметь несколько интерфейсов, объединенных в единую систему через модуль межинтерфейсного обмена — ММО. Число интерфейсов, подключаемых к ММО, достигало 7.

Была детально разработана и промоделирована логика взаимодействия всех устройств ИВК «Салют-4».

В БЦВМ «Салют-4» форматы команд, представление и кодировка данных полностью совпадали с форматами команд и данных ЕС ЭВМ, «Салют-4» содержала такое же количество 32-разрядных регистров общего назначения, регистры плавающей запятой и основную память, которая делилась на оперативную и постоянную,

адресация данных и команд производилась до байта. Система команд БЦВМ «Салют-4» представляла подмножество набора операций ЕС ЭВМ, а команды выполнялись так же, как и команды ЕС ЭВМ. Исполнение команд ввода-вывода «Салют-4» было сделано не так, как в ЕС ЭВМ, потому что в этой части необходимо было сделать существенное упрощение и повышение быстродействия. Система прерываний БЦВМ «Салют-4» по структуре и принципам действия с небольшими отличиями повторяла систему прерываний ЕС ЭВМ с расширением возможностей в отношении числа внешних сигналов прерывания и некоторых структурных особенностях исполнения прерывания.

Для повышения надежности и живучести ИВК все его унифицированные элементы выполнялись с 3-кратной избыточностью с возможностью работы в различной конфигурации, в том числе в одноканальном варианте.

Основные характеристики ИВК «Салют-4», отраженные в выпущенном ТЗ и реализованные частично в макетном образце, были следующие.

## **БЦВМ**

БЦВМ, совместимая по системе команд с ЕС ЭВМ.

1. Разрядность чисел — 16/32/48.

2. Разрядность команд — 16/32.

3. Система операций — подмножество операций ЕС ЭВМ, кроме десятичной арифметики и команд ввода/вывода (команд канала ЕС ЭВМ).

4. Управление выполнением операций — микропрограммное.

Выполняются операции с фиксированной и плавающей запятой.

Число команд — 128.

5. Емкость ОЗУ — 4 тыс. 32-разрядных слов (минимально).

Память электронная на МОП-транзисторах.

6. Емкость ПЗУ — 32 тыс. 32-разрядных слов. ПЗУ трансформаторного типа.

7. Быстродействие:

— сложение двух 32-разрядных чисел — 120 тыс. опер./с;

— умножение двух 32-разрядных чисел — 30 тыс. опер./с.

8. Масса процессора с ОЗУ на 4 тыс. 32-разрядных слов — 3,5 кг (один канал).

9. Мощность процессора 15 Вт (один канал), в дежурном режиме с подачей питания ОЗУ — 6 Вт.

10. Надежность: среднее время до отказа на один канал 5000 ч.

11. Наличие средств программно-аппаратного контроля работоспособности.

### **Обмен с датчиками и исполнительными органами**

1. Через адресуемые модули обмена (МО), включающие модули;

— выдачи релейных сигналов фиксированной длительности (контактные и бесконтактные);

— выдачи релейных сигналов управляемой длительности (контактные и бесконтактные);

— выдачи импульсных сигналов (параллельный код);

— приема импульсных и релейных сигналов;

— прерывания;

— преобразования аналог-код;

— преобразования код-аналог;

— приема числоимпульсного кода;

— счета временных интервалов (таймеры);

— приема-выдачи последовательного кода;

— модуль обмена с системой отображения;

— модули обмена с ВЗУ.

2. Связь с абонентами происходит по стандартным информационным шинам длиной до 30 м (унифицированный интерфейс). Пропускная способность линии — 1 МГц.

## Организация системы

1. На один унифицированный интерфейс возможно подключение до четырех БЦВМ «Салют-4».

2. БЦВМ и абоненты, подключенные к различным интерфейсам, могут быть связаны между собой через специальный модуль межинтерфейсного обмена.

3. Обеспечение надежности системы производится изменением конфигурации. Все элементы системы (БЦВМ, интерфейс и модули обмена) троированы (каналы А, Б, В). Элементы системы автоматически либо по внешним командам могут работать в состояниях мажоритарного включения, одноканального (А, или Б, или В) с отключением двух других. Возможно перекрестное включение элементов.

Осенью 1975 года в секторе А.Сверчкова с участием секторов Г.Носкина и Э.Гаушуса была начата разработка ТЗ на комплекс управления движением и навигации (КСУДН) долговременных орбитальных станций, базирующийся на широком применении дискретной техники и БЦВМ «Салют-4» с единым каналом обмена информации.

КСУДН охватывал:

— все задачи автономной навигации, реализуемые на работающей на орбите системе «Дельта-5»;

— задачи построения и длительного поддержания трехосной ориентации в инерциальной системе координат, в том числе стабилизацию станции с точностью  $\pm 1^\circ$  во время работы корректирующих двигателей;

— выполнение программных разворотов для ориентации станции в инерциальном пространстве, сканирование участков небесной сферы выбранной осью для проведения научных экспериментов;

— вращение станции вокруг выбранной оси с необходимой угловой скоростью;

— управление комплексом научной и прикладной аппаратуры с одновременной ориентацией станции на выбранный участок земной поверхности или небесной сферы;

— реализацию ручных режимов управления движением станции.

Уже в процессе разработки ТЗ на КСУДН вышло Постановление ЦК КПСС и СМ СССР № 132-51 от 17.02.1976 г. «О создании многофункциональных космических систем и перспективных космических комплексов, ТТЗ на разработку и создание усовершенствованных долговременных орбитальных станций», которое и стало основанием для разработки ТЗ на КСУДН.

Одновременно с разработкой ТЗ на КСУДН в отделе Ю.Карпова (сектор И. Федосеева) разрабатывалась концепция ТЗ на систему управления бортовым комплексом управления (СУБК) ДОС-7КМ также с широким использованием ИВК «Салют-4», т.е. ставилась задача реализации идеи 60-х годов о создании системы централизованного контроля и управления КА.

Надо сказать, что начальники отделов Е.Башкин и Ю.Карпов стали активными сторонниками создания систем управления новой станцией на базе ИВК «Салют-4».

Для создания ИВС на базе БЦВМ «Салют-4» необходим был ряд приборов, дополняющих возможности новой БЦВМ.

В первую очередь требовалось расширить возможности бортовой системы отображения информации и ручного управления. В этой части мы пошли двумя взаимодополняющими путями.

Первый путь заключался в том, что в 1973 году нами был разработан проект ТЗ на новый пульт управления «Свет-2», который шел на смену старого пульта «Свет», входящего в комплекс 2СТ с БЦВМ «Салют-2М».

Одним из новшеств в «Свет-2» было то, что в нем использовались новые газоразрядные матричные индикаторы (МИ) переменного тока на 512 знакомест (вначале на 256) разработки Рязанского института газоразрядных приборов (НИИ ГРП). Разработка «Свет-2» проводилась в НПО «ЭЛАС», и, естественно, электронная база в основном была та же, что и в БЦВМ «Салют-4». Главным конструктором «Свет-2» был Владимир Мельшиян, и практически вся разработка этого сложного прибора велась в его лаборатории и под его руководством.

«Свет-2» строился по модульному принципу, что обеспечивало гибкое изменение его конфигурации по составу и возможностям в зависимости от поставленных задач. Экраны отображения информации конструктивно могли включать до четырех МИ, хотя программно поле отображения информации рассчитывалось на 64 МИ.

В состав устройства управления «Свет-2» входил специальный процессор, ЗУ микрокоманд и буферное ОЗУ объемом 2 Кбайт, а также пульта, включающие алфавитно-цифровые, управляющие и редакционные клавиши. В системе предусматривалась одновременная работа до восьми операторов по набору и вводу информации в ИВК «Салют-4». Система отображения информации с применением газоразрядных панелей переменного тока была рассчитана на ресурс работы в 5000 ч, что тогда было на порядок больше по сравнению с отображением информации на электронно-лучевых трубках.

В.П.Легостаев, став руководителем комплекса, вначале не поддерживал развитие системы отображения в отделе Е.А.Башкина, поскольку в его представлении развитием систем отображения для КА должен был заниматься отдел Ю.С.Карпова. Сохранилась даже резолюция В.П.Легостаева по этому вопросу. Однако позже и Ю.С.Карпов с сотрудниками поддержали создание «Света-2».

В 1975 году совместно с НПО «ЭЛАС» был разработан и выпущен документ «Принципы построения и функционирования системы отображения информации "Свет-2" на матричных экранах (модулях)». В документе были подробно рассмотрены вопросы логики работы и обмена данными с БЦВМ «Салют-4», кодирования и адресации информации, а также алгоритмы диалогового взаимодействия с операторами.

В подготовленном договоре с НПО «ЭЛАС» срок поставки первого комплекта «Свет-2» определялся II кварталом 1977 года.

Второй путь в создании систем отображения заключался в том, что совместно с КБ Красногорского механического завода мы решили развивать прибор отображения информации «Эридан» в части перевода его запоминающей среды с микрофильма на плоский голографический носитель (голографическое ЗУ), что позволяло почти на порядок (до 2000) увеличить объем кадров индикации, выбираемых из ГЗУ, по командам из БЦВМ за время менее 0,05 с.

В марте 1974 года на этот прибор было выдано ТЗ и заключен договор на разработку макетного образца. Кстати, одновременно с голографическим ЗУ для системы отображения информации было выдано ТЗ и на голографическое ПЗУ для хранения большого объема данных для БЦВМ, которое получалось по массе с лучшими характеристиками, по сравнению с ПЗУ на магнитных элементах.



Кроме этих приборов, совместно с НПО «ЭЛАС» решили провести разработку нового внешнего запоминающего устройства на магнитной ленте (на замену работающего с БЦВМ «Салют-2М» ВЗУ ЭА-006) для работы с БЦВМ «Салют-4». Эта работа выполнялась по тому же договору, что и «Салют-4».

Из других работ в рамках создания ИВК следует отметить разработку нового, управляемого от БЦВМ, бортового быстродействующего регистратора данных «Рассвет» на термобумаге.

ТЗ на создание этого прибора было выдано нами в Калужское НИИ телемеханических устройств (КНИИТМУ). В марте 1974 года на создание опытного образца был заключен финансовый договор, и в начале 1975 года у нас уже появился первый образец. К сожалению, а может, и наоборот, вести эту разработку пришлось нам самим, потому что отдел радистов, в ведении которого было печатающее устройство «Строка» (на которое из БЦВМ отправлялись данные на регистрацию), как в случае с радиовысотомером, отказался вести этот прибор.

Наряду с созданием ИВК «Салют-4» и новых приборов в этот период были развернуты работы с ЛИТМО и с ЛВИКА им. Можайского по математическому моделированию дискретных систем управления и с МВТУ им. Баумана по моделированию цифровой вычислительной системы.

Чем же, в целом, привлекателен был для нашего предприятия проект ИВК «Салют-4»? Основные ответы на этот принципиальный вопрос состояли в следующем.

1. Создавалась бортовая цифровая многофункциональная система, способная обеспечить решение всего многообразия задач на различных пилотируемых и беспилотных космических аппаратах, как проектируемых в ближайшие 3-5 лет, так и перспективных, которые могли создаваться через 10 и более лет. Предпосылки этого — заложенные в систему возможности увеличения вычислительной мощности и трансформированности под новые объекты.

2. Большинство аппаратных средств системы (БЦВМ, пульты пилота и средства отображения информации, многочисленные модули) создавались на единой конструктивной, технологической и микроэлектронной базе одним разработчиком — НПО «ЭЛАС», которое стало в своем роде уникальным предприятием системного проектирования, способным разрабатывать и изготавливать широкий спектр бортовых приборов космического применения в микроминиатюрном исполнении посредством сборки электронных интегральных чипов в микроминиатюрные модули.

Кроме того, это было дружественное нам предприятие, в котором космическое приборостроение создавалось в первую очередь для нас и на наши деньги, а позже и для других предприятий Минобщемаша.

Это создавало предпосылки, с одной стороны, тщательной отработки и надежности создаваемой бортовой техники, а с другой — закрепления за предприятием надежного перспективного смежника, владеющего новой элементной и технологической базой космического приборостроения.

3. Базовое программное обеспечение БЦВМ «Салют-4», являющееся подмножеством программного обеспечения наземных ЭВМ единой серии (ЕС ЭВМ), позволяло использовать наземные ЕС ЭВМ для отработки бортовых программ и создания моделирующих и отладочных комплексов с минимальной затратой средств и времени, а также использовать для разработки штатных программ БЦВМ такие средства ОС ЕС ЭВМ, как:

- алгоритмические языки высокого уровня (PL-1, Фортран) для программирования задач вычислительного характера;
- ассемблер ЕС ЭВМ для программирования операционной системы БЦВМ;
- системные программы управления заданиями, задачами и данными для отладки штатных программ БЦВМ в пакетном режиме работы ЕС ЭВМ.

Программная совместимость БЦВМ с ЕС ЭВМ предполагала создание и отработку бортовых программ по следующим этапам, обеспечивающим их высокое качество и надежность:

**Этап 1.** Работа ведется на ЕС ЭВМ в дисковой операционной системе (ДОС) с программной моделью системы прерывания, с векторной моделью внешнего потока заявок и с интерпретацией (имитационной моделью) абонентов.

**Этап 2.** Проверка отлаженных программ и работа в реальном масштабе времени на технологическом наземном комплексе, включающем:

- технологический комплект БЦВМ «Салют-4» с необходимым набором модулей обмена данными;
- ЕС ЭВМ, расположенную в вычислительном центре предприятия и связанную быстродействующей линией передачи данных с технологической БЦВМ;
- адаптер обмена данными БЦВМ с ЕС ЭВМ;
- технологическая оперативная память, имитирующая и подменяющая ПЗУ БЦВМ;
- средства ввода и регистрации данных отладки и подготовки бортовых программ (прошивок) для ввода в штатные БЦВМ.

**Этап 3.** Обеспечение проверочных включений и комплексных испытаний ИВК «Салют-4» и смежных систем в составе космической станции в КИСе и на ТК с использованием контрольно-испытательной аппаратуры (КИА), включающей в свой состав:

- вычислитель «Салют-4»;
- технологическую оперативную память для подмены ПЗУ при проведении коррекции штатного программного обеспечения и проведении частных программ (ЧП) без снятия вычислительной аппаратуры с борта;
- адаптер обмена данными вычислителя с ЕС ЭВМ КИСа или ВЦ ТК;
- средства ввода и регистрации данных испытаний;
- модули обмена данными с бортовым ИВК;
- модули обмена с автоматической испытательной станцией (АИС) космического аппарата, построенной на базе использования ЕС ЭВМ.

4. Унифицированная система создавала преемственность в создании БЦВК и ЦВС различных космических аппаратов, позволяла принципиально сокращать сроки проектирования и отработки аппаратных и программных средств.

5. Создавались предпосылки для создания интегрированных систем управления перспективных пилотируемых станций, базирующихся на унифицированных БЦВМ, решающих задачи СУДН, СУБК, СЕП, СБИ, СОИ и объединенных в многомашинный информационно-вычислительный комплекс.

6. Преемственность аппаратно-программных средств для различных КА существенно облегчала проблему обеспечения предприятия высококвалифицированными специалистами в области цифровых устройств, цифровых систем и программирования.

7. Обеспечивалась программно-аппаратная совместимость бортового ИВК с новой наземной автоматизированной испытательной станцией КА, которая создавалась на нашем предприятии на базе использования ЕС ЭВМ.

8. Сохранялась приоритетность нашего предприятия в создании и использовании новой уникальной цифровой системы и других систем на ее базе, что было очень важным в условиях того времени, когда основные космические предприятия стали кардинально перестраивать свои производства для создания цифровых систем. Мы же, к сожалению, имели довольно слабое приборное производство без серьезных планов его перестройки.

В технических предложениях по новой станции, выпущенных в НПО «Энергия» в середине 1976 года, все задачи КСУДН и СУБК решались с использованием ИВК и БЦВМ «Салют-4».

В первом квартале следующего года планировался выпуск эскизного проекта по ДОС-7КМ (такой индекс получило изделие ДОС-7К№ 7) и нам было предписано в срочном порядке сформировать предложения по предполагаемой кооперации для включения в готовящееся очередное постановление правительства по этому изделию. Естественно, что ИВК и БЦВМ «Салют-4», а также другая упоминавшаяся выше аппаратура вошли в эти предложения.

В августе 1976 года ОКР по созданию БЦВМ «Салют-4» была завершена, в сентябре был подписан акт приемки ОКР.

От нашего предприятия акт подписали В.П.Легостаев, Е.А.Башкин и я; от НПО «ЭЛАС» — В.Н.Филатов, А.С. Новожилов, В.В.Ильинский, И.Д.Якушев.

Утвердили акт Г.Я.Гуськов и Б.Е.Черток. В силу исторической важности этого документа приведу некоторые фрагменты из его содержания:

В результате рассмотрения материалов ОКР установлено:

1. НПО «ЭЛАС» разработало технологию МОП БИС — основу построения вычислительных машин семейства «САЛЮТ» и УИВК.

2. Выпущен комплект конструкторской документации на вычислительное устройство «Салют-4».

...

5. По разработанной технологии МОП БИС изготовлены два макетных образца вычислительного устройства «Салют-4».

6. Разработаны и отработаны на работающем макете микропрограммы (внутреннее математическое обеспечение) вычислительного устройства «Салют-4».

7. По отработанной технологии МОП БИС запущены в производство и находятся в процессе изготовления для последующих поставок изделия «Салют-4» для предприятий-заказчиков.

8. По результатам проведенных работ выпущен научно-технический отчет.

Представители предприятий НПО «Энергия» и НПО «ЭЛАС» считают:

1. Технология МОП БИС отработана до степени, позволяющей произвести запуск в производство опытных образцов изделий вычислительной техники.

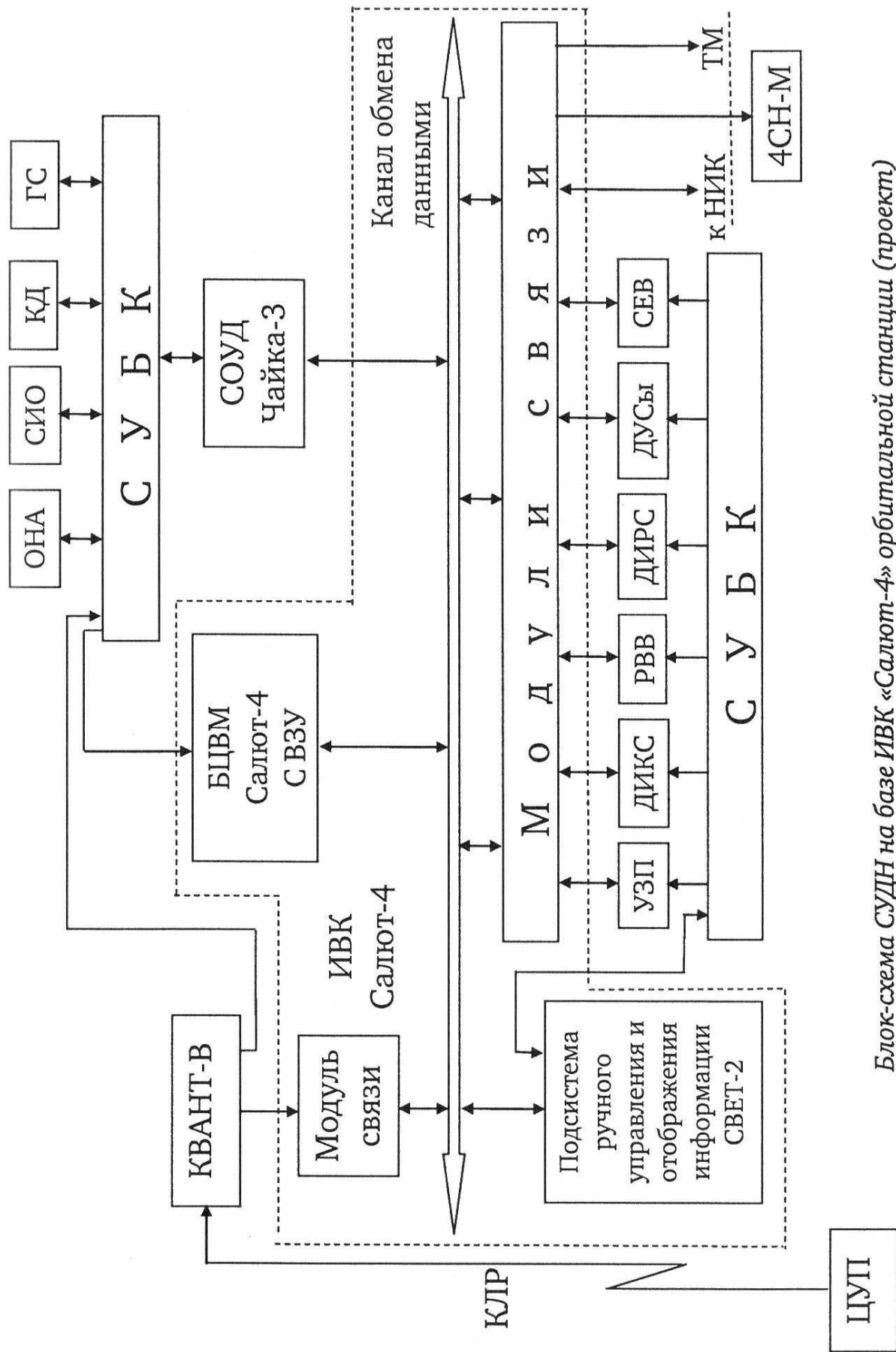
2. Система конструкторской документации отработана для разработки вычислительных устройств на основе МОП БИС.

3. НПО «ЭЛАС» и завод «Компонент» полностью оснащены для изготовления опытных образцов вычислительной техники на основе МОП БИС

4. ОКР «САЛЮТ-4» выполнена в полном объеме, в установленные сроки и на высоком техническом уровне.

5. В соответствии с настоящим актом договор от 10.03.72 г. считать закрытым, этапы 8 и 9 календарного плана подлежат оплате.

В октябре 1976 года был подписан последний финансовый акт на оплату работ по договору. Общая стоимость работ по созданию ИВК «Салют-4» с марта 1972 года по октябрь 1976 года составила 2780 тыс. рублей. Конечно, это была немалая сумма, но и не такая и большая для разработки новой бортовой вычислительной системы.



Блок-схема СУДН на базе ИВК «Салют-4» орбитальной станции (проект)

В сентябре 1976 года выходит решение ВПК при Президиуме СМ СССР № 227 от 1.09.1976 г., определившее кооперацию по созданию бортовых и наземных систем для комплектации космических станций ДОС-7КМ.

В соответствии с этим решением определялись следующие сроки изготовления и поставки аппаратуры ИВК «Салют-4»:

— первый технологический комплект с наземным испытательным оборудованием — IV кв. 1978 г.;

— второй технологический комплект — II кв. 1979 г.;

— первый штатный комплект — I кв. 1980 г.;

— второй штатный комплект — III кв. 1980 г.

Этим же решением определялись сроки изготовления и поставки другой бортовой аппаратуры, сопрягаемой с ИВК «Салют-4».

В соответствии с решением НПО «ЭЛАС» в конце 1976 года представил нашему предприятию подписанный Г.Я.Гуськовым финансовый договор на изготовление и поставку аппаратуры ИВК «Салют-4» со сроками, определенными упомянутым решением ВПК. Сумма договора на изготовление и поставку трех комплектов ИВК «Салют-4» составляла около 6 млн. рублей.

В это же время НПО «ЭЛАС» подготовило материалы для эскизного проекта по ДОС-7КМ № 7, 8, который мы согласовали в начале марта 1977 года. На титульном листе с утверждающей подписью Г.Я.Гуськова была согласующая подпись Б.Е.Чертока. В феврале 1977 года ТЗ на ИВК «Салют-4» было согласовано со старшим представителем Заказчика при НПО «ЭЛАС» М.Д.Белугиным.

Таким образом, работа над ИВК «Салют-4» фактически вышла из проектного этапа и по всем направлениям вступала в стадию изготовления и конкретной реализации. Находящийся у нас договор на изготовление и поставку трех комплектов ИВК «Салют-4» надо было подписывать.

Однако чуть раньше этого времени (IV кв. 1976 г.) работы по ИВК «Салют-4» и его применению на проектируемой станции стали буксовать. На мой взгляд, основными причинами пробуксовки были следующие.

1. Сокращение у нас фронта работ по ИВК в связи с принятием решения о сборке и испытании станции ДОС № 5-2, практически повторяющим проект выведенной на орбиту в сентябре 1977 года станции ДОС №5 («Салют-6»).

Предложение Е.А.Башкина, Э.В.Гаушуса и мое уже на этой станции создать систему автономной навигации (модернизацию системы «Дельта-5») с использованием БЦВМ «Салют-4» руководством не было принято, поскольку линия «в основном ничего не менять» стала действительно основной для ДОС № 5-2.

Такое решение, естественно, потребовало направить усилия коллективов Э.Гаушуса, моего и К.Чернышева на обеспечение работ по системе «Дельта-6» с морально и технически устаревшим БЦВК на основе БЦВМ «Салют-2М».

2. Сдвиг сроков выпуска эскизного проекта по ДОС (и по КСУДН также) в связи с переключением ряда коллективов предприятия и комплекса Б.Е.Чертока к разворачиванию работ по многофазовой транспортной космической системе «Энергия-Буря», по которой в соответствии с Постановлением правительства (февраль 1976 года) НПО «Энергия» определялось головным разработчиком.

3. Как следствие сдвига сроков эскизного проекта по ДОС, появление новых вариантов и уточнений технической реализации систем, в том числе появление варианта построения КСУДН станции ДОС № 7, основанного на применении

модернизированного варианта БЦВМ «Аргон-16», на базе которой в то время создавалась система управления транспортного корабля 11Ф732 и были начаты работы по созданию системы управления специального орбитального модуля.

Вообще говоря, некоторое противостояние БЦВМ «Аргон-16» и «Салют-4» началось еще в 1974 году после выпуска ЭП по «Салют-4». Как я уже отмечал выше, ведение работ по БЦВМ «Аргон-16» сохранилось в отделе В.Легостаева. В отделе стали прорабатываться и вопросы модернизации БЦВМ «Аргон-16» как перспективной БЦВМ для новых космических аппаратов. Вполне логично, что из этого отдела стала формироваться критика в адрес разработки БЦВМ «Салют-4», в основном устами В.Н.Бранца. Критические замечания настойчиво доводились до вышестоящего руководства (В.П.Легостаев, Б.Е.Черток), что не могло не сказываться на их отношении к этой работе на последующих этапах. Причем замечания в основном те же, которые высказывались рядом сотрудников НПО «ЭЛАС» в начале этой разработки. О них упоминалось ранее, и главное в них было то, что эта БЦВМ «переразмерена» и «такие характеристики не требуются даже для перспективных космических аппаратов».

Надо сказать, что если не прогнозировать развитие задач космической техники, смотреть на них с позиций текущих потребностей, то действительно можно отметить, что по техническим характеристикам БЦВМ «Салют-4» обладала такими возможностями, реализовать которые полностью при решении только одного класса задач затруднительно. Но ведь в том-то и состояло преимущество этой разработки, что она создавалась как унифицированный многофункциональный комплекс, на элементах которого возможно построение централизованных и децентрализованных систем различного назначения.

После назначения В.П.Легостаева руководителем комплекса начальником отдела стал В.Н.Бранец, который и явился главным оппонентом «Салюту-4» и главной поддержкой создания в НИЭМ модернизированной БЦВМ, вначале получившей условное название «Аргон-20».

В этот период проходили многочисленные встречи В.Бранца, Г.Носкина, Э.Гаушуса, И.Шмыглевского и других сотрудников по обсуждению и сравнению характеристик БЦВМ «Аргон-20» и «Салют-4». Многие встречи проходили по инициативе и с участием В.Легостаева.

Но довольно скоро от БЦВМ «Аргон-20», которая существовала пока в проекте, отказались в пользу уже опробованной БЦВМ «Аргон-16» в модернизированном варианте, названном «Аргон-16М». Для сравнения этих разработок приведем основные проектные характеристики БЦВМ «Аргон-16М»:

- разрядность чисел — 16;
- разрядность команд — 16;
- адресность — одноадресная;
- система операций — набор операций с фиксированной и плавающей запятой;
- управление выполнением операций — микропрограммное;
- число команд — 78;
- емкость ОЗУ (минимальное) — 256 16-разрядных слов;
- емкость ПЗУ — 32 тыс. 16-разрядных слов;
- быстродействие — сложение — 500 тыс. опер./сек;
- масса процессора — 3,0 кг (три канала);
- мощность процессора — 15 Вт (три канала);

- надежность — мажоритирование блоков и каналов, изменение конфигурации по внешним командам;
- схемотехника — интегральные схемы средней интеграции;
- работа с абонентами через мультиплексный канал обмена;
- структурные особенности — возможность создания много процессорных систем.

Характеристики хорошие, коллектив НИЭМ, создающий БЦВМ «Аргон» — высокопрофессиональный. Но эта БЦВМ все-таки была нацелена на задачи сегодняшнего дня и разработка ее не несла тех перечисленных выше качеств и принципов, которые легли в основу создания ИВК «Салют-4».

С появлением варианта построения КСУДН ДОС № 7 на базе БЦВМ «Аргон-16М» продолжался процесс объективного сравнения разных вариантов.

К сожалению на фоне этого, в общем-то нормального, процесса развилось противостояние отдельных личностей, начальников и коллективов, когда уже стали преобладать в основном субъективные, не отвечающие перспективным интересам предприятия выводы и решения. И не нашлось мудрого вышестоящего руководителя, который бы решил этот вопрос, исходя из перспективных интересов предприятия.

Во всяком конфликте есть движущие его мотивы: человеческие и личностные (карьера, стремление задавить ближнего или оппонента, просто отстоять свой подход, независимо от того, хорош он или плох), производственно-технические, определяемые уровнем компетентности и профессионализма принимающего решение (как правило, начальника) и степенью риска в реализации решения, объективным стремлением к улучшению и заботой о перспективе одной стороны и субъективные контрдоводы другой, моральная обстановка в коллективе, в том числе патриотизм, энтузиазм, уровень материального поощрения, взаимопонимание руководителей и исполнителей.

В вопросе выбора направления дальнейшего развития бортовой вычислительной техники на предприятии, ставшего в какой-то степени конфликтным, присутствовали, пожалуй, все вышеупомянутые движущие мотивы.

Б.Е.Черток, испытывая давление противоборствующих начальников и коллективов, с одной стороны, и НПО «ЭЛАС» (Г.Я.Гуськова), с другой (у нас лежал договор на изготовление штатных комплектов «Салюта-4»), делал попытки найти компромиссное решение.

К этому подталкивало и еще одно обстоятельство, суть которого заключалась в том, что самостоятельный интерес к применению ИВК «Салют-4» проявил новый заместитель главного конструктора, начальник комплекса управления полетами космических кораблей, дважды Герой Советского Союза, космонавт А.С.Елисеев, в подчинении которого находились службы подготовки космонавтов, разработки бортовой документации (БД), комплексные моделирующие стенды для отработки программ управления и БД, а также отряд космонавтов НПО «Энергия». В отряде космонавтов, правда уже при начальствующей должности, находился и бывший сотрудник нашей лаборатории, тоже дважды Герой Советского Союза, космонавт Николай Рукавишников, который, как уже выше было отмечено, был одним из активных создателей БЦВМ «Кобра», «Вычислитель» и других бортовых приборов для КА.

Находясь теперь в комплексе А.Елисеева, Н.Рукавишников вспомнил и решил развить нашу старую идею времен «Кобры» — загнать бортовую документацию (объем которой на ДОСах стал достигать десятков килограмм) в БЦВМ и по



требованию космонавтов в диалоговом режиме представлять ее на многофункциональных средствах отображения, т.е. перейти от традиционного бумажного архива к электронному, сэкономив для корабля значительную массу для размещения полезной нагрузки.

А.Елисеев идею одобрил, подключил к этой проблеме молодой коллектив группы А.Адрова, который под идейным руководством Н.Рукавишникова стал создавать идеологию бортовой информационной системы (БИС).

Естественно, что за советом по вопросам технической и программной реализации БИС, и в первую очередь выбора БЦВМ, Н.Рукавишников обратился в свой бывший коллектив, единственный на предприятии, который практически работал и эксплуатировал БЦВМ на ДОСах, тем более что Николай сам при подготовке к полетам на станции на наших стендах проходил тренировки по работе с системой автономной навигации «Дельта» на БЦВМ «Салют-1» и «Салют-2М», начиная с первой орбитальной станции «Салют-1» в 1970-1971 годах.

После многочисленных бесед со мной и другими сотрудниками лаборатории, ознакомившись с эскизным проектом на ИВС «Салют-4» и с ТЗ на подсистему ручного управления и отображения «Свет-2», побывав в НПО «ЭЛАС», Н.Рукавишников и его коллеги посчитали, что создание БИС для ДОС № 7 надо осуществлять на базе вычислительных средств «Салют-4» и «Свет-2».

Вначале они предполагали, что эту функцию будет выполнять разрабатываемая в комплексе Б.Е.Чертока система управления бортовым комплексом на базе перспективных вычислительных средств НПО «ЭЛАС». Однако увидев, что в нашем кусте в вопросах БЦВМ появился некоторый «раздрай», не способствующий оперативному решению вопросов по созданию БИС, А.Елисеев ориентацию на технику НПО «ЭЛАС» поддержал, но решил создавать БИС как самостоятельную бортовую систему по своему финансовому договору, только технически базирующуюся на наших с НПО «ЭЛАС» разработках.

Честно говоря, такой подход нельзя было считать правильным. В проектном плане он нарушал единую концепцию системы управления станции и приводил к избыточности технических средств на борту.

В организационном плане комплекс А.С.Елисеева принимал на себя не свойственные ему функции, а комплекс Б.Е.Чертока сужал сферу своей управленческой деятельности на борту станции.

Е.Башкин, Э.Гаушус, Ю.Карпов и я предлагали Б.Е.Чертежу не идти на такое разделение работ с комплексом А.Елисеева, но позиция А.Елисеева и Н.Рукавишникова оказалась активнее, тверже, и БИС с декабря 1976 года стала создаваться под их руководством.

Весь четвертый квартал 1976 года проходили интенсивные обсуждения состава системы управления ДОС-7КМ № 7, готовились многочисленные плакаты к обсуждениям и сравнениям вариантов, с НПО «ЭЛАС» шлифовались технические и программные детали ИВК «Салют-4» и «Свет-2».

12 ноября 1976 года Ю.Карпов, Э.Гаушус и Г.Носкин были у Б.Е.Чертока по вопросу принятия решения по применению ИВК «Салют-4» на ДОС № 7 и с предложением поехать к Г.Я.Гуськову договориться о сроках принятия решения и оформления находящегося у нас договора. Борис Евсеевич эту встречу закончил фразой: «Пока не скажут, что за ДОС будем делать, я к Гуськову не поеду».

Несмотря на наши задержки с решением по «Салюту-4» и, естественно, дошедшей до Г.Я.Гуськова информацией о варианте использования модернизированного «Аргон-16», он дал указания В.Филатову и А.Новожилову эскизный проект по ИВК «Салют-4» для ДОС № 7 представить в заданные сроки.

К этому времени относятся и события, определившие в дальнейшем, можно сказать, судьбу БЦВМ «Салют-4».

События эти заключались в том, что наше предприятие и НПО «ЭЛАС» за небольшой промежуток времени несколько раз посетила группа специалистов НПО прикладной механики из Красноярска (главный конструктор М.Ф.Решетнев) во главе с начальником отдела В.П.Ганженко (впоследствии первый заместитель генерального конструктора НПО ПМ), перед которыми стояла задача создания системы управления для нового класса космических аппаратов, обеспечивающих ретрансляцию информации в интересах Министерства обороны и народного хозяйства.

Сложность и объем задач, решаемых новыми КА, объективно требовали создавать систему управления с базированием на БЦВМ. Опыта в разработке цифровых систем управления и применения БЦВМ в КБ ПМ еще не было, и они поехали в первую очередь к нам посмотреть на наши разработки, организацию процесса и технологию создания систем с БЦВМ. Все, что имели, мы им показали, в том числе ТЗ и документацию по ИВК «Салют-4». Рассказали им и о наших проблемах, касающихся реализации проекта ИВК.

Вскоре после этих посещений руководство КБ ПМ при активной поддержке Г.Я.Гуськова и нашем согласии как разработчика ТЗ принимает решение об использовании БЦВМ «Салют-4» в новых разработках КБ ПМ.

В связи с тем, что единственный финансовый договор на разработку и поставку трех комплектов ИВК «Салют-4» в НПО «Энергия» лежал несколько месяцев без движения с неясными перспективами на подписание, решение об использовании «Салюта-4» и заключение финансового договора с КБ ПМ на разработку и поставку также трех комплектов БЦВМ «Салют-4» было для НПО «ЭЛАС» выходом из сложившейся ситуации.

Правда, в отличие от нас, у которых первое применение ИВК «Салюта-4» планировалось на пилотируемой станции, для КБ ПМ не требовались средства для обеспечения работы экипажа типа «Свет-2» и других.

Итак, у БЦВМ «Салют-4» появился еще один заказчик, который теперь уже раньше нас, подписав договор с НПО «ЭЛАС», очень оперативно развернул работы в этом направлении.

БЦВМ «Салют-4» для КБ ПМ получила индекс «Салют-4К». В конце ноября 1976 года я в Москве у метро на Ярославском вокзале встретился с В.П.Ганженко, который приехал в этот день из Зеленограда, а поздно вечером улетал в Красноярск. Мы договорились встретиться и кое-что обсудить по вопросам применения «Салют-4».

В.П.Ганженко рассказал мне о проектируемой ими системе отладки алгоритмов и программ, планируемых к реализации на БЦВМ «Салют-4». До получения технологического образца БЦВМ они решили отработку задач вести на двух информационно-связанных ЕС ЭВМ: ЕС-1050 и ЕС-1020. На первой ЭВМ они планировали моделировать задачи и окружение БЦВМ, на второй ЭВМ — моделировать БЦВМ, т. е. красноярские ребята на полную катушку решили использовать программную совместимость БЦВМ «Салют-4» с ЕС ЭВМ.

К вопросам моделирования БЦВМ «Салют-4» они уже подключили квалифицированных специалистов лаборатории программирования А.П.Ершова из ВЦ СО АН СССР в Новосибирске. Для испытания системы управления кораблей с БЦВМ решили применить малую ЭВМ М-6000. В общем, такому активному и целенаправленному развороту работ в КБ ПМ можно было только позавидовать.

У нас проработка вопросов применения «Салюта-4» и «Света-2» продолжалась. С НИИ ГРП (г. Рязань) достигли соглашения о разработке и поставках с I квартала 1979 года — по I квартал 1980 года для комплектации «Свет-2» матричных модулей индикации (МИ) зеленого свечения размерностью 256 x 512 элементов с военной приемкой. Схемы управления МИ разрабатывались НПО «ЭЛАС».

4 января 1977 года Б.Е.Черток на стенде системы «Дельта» собрал совещание с приглашением Ю.Карпова по обсуждению состояния работ по ИВК «Салют-4» и «Свет-2», а также по вопросу взаимодействия с комплексом А.Елисеева. Позже на это совещание были приглашены Н.Рукавишников и А.Адров. По результатам совещания Б.Е.Черток поручил Е.Башкину и мне совместно с Ю.Карповым подготовить предложения по нашему участию в создании БИС.

Предложения, и не только по нашему участию в создании БИС, Б.Е.Чертоку были подготовлены и представлены через три дня. Они также включали структуру систем и аппаратуру, разрабатываемую НПО «ЭЛАС», для реализации задач СУДН и СУБК на БЦВМ «Салют-4» и «Свет-2». Кроме собственно БЦВМ «Салют-4», аппаратный состав включал 13 типов бортовых модулей обмена и преобразования данных, внешнее ЗУ на магнитной ленте, а для решения задач СУДН предлагалось использовать и один комплект спецвычислителя «Струна-4М». Была предложена и уточненная структура наземных средств подготовки и отладки бортового программного и информационного обеспечения.

11 января в Подлипках во Дворце им. М.И.Калинина было устроено торжественное собрание, посвященное 70-летию Сергея Павловича Королева, на которое были приглашены и руководители основных смежных предприятий. По просьбе Б.Е.Чертока мне перед собранием нужно было передать пригласительные билеты Г.Я.Гуськову и Г.Н.Пашкову, который теперь работал консультантом Г.Я.Гуськова. При этой встрече, несмотря на то что, времени было очень мало, Геннадий Яковлевич все-таки поинтересовался состоянием вопроса по «Салюту-4» и высказал в очередной раз сожаление о том, как идут дела в этом направлении.

В середине января Б.Е.Черток собрал расширенное совещание по вопросу применения вычислительных средств на ДЭС № 7, на котором обнародовал следующее «окончательное решение» (по его выражению), как бы удовлетворяющее всех: СОУД станции будет строиться с использованием БЦВМ «Аргон-16», а в системе автономной навигации и системе управления бортового комплекса будет использоваться ИВК «Салют-4». Как связать эти разные вычислительные средства?

Для решения этого вопроса Борис Евсеевич предложил двум группам садиться и договариваться. Кстати еще раз о группах. Группу «Аргона» на встречах и разборках представлял В.Бранец при неявной поддержке В.Легостаева, группу «Салюта» — Э.Гаушус, я и Е.Башкин при явной поддержке Ю.Карпова в части решения задач СУБК.

В поисках путей договоренности прошло несколько месяцев, но обе группы, отстаивающие интересы управления движением и навигации, достигли единства в

одном вопросе — в том, что эти задачи необходимо решать в одной системе с БЦВМ одного типа. Весь вопрос — на какой? Здесь группы стояли на своих позициях.

В конце февраля 1977 года НПО «ЭЛАС» разработал и представил нам ЭП по ИВК «Салют-4» для ДОС 7КМ № 7, 8, который был утвержден Б.Е.Чертоком в начале марта 1977 года. К работам по ИВК «Салют-4» подключились и представители МО при НПО «ЭЛАС».

В конце февраля 1977 года в адрес руководителя Заказчика М.Д.Белугина за подписью Б.Е.Чертока и Л.И.Енукова было отправлено письмо с просьбой о рассмотрении и согласовании ТЗ на ИВК «Салют-4» с одновременным сообщением сроков поставки аппаратуры «Салют-4», в том числе двух штатных комплектов в I и III кварталах 1980 года, а двух технологических комплектов в IV квартале 1978 года и II квартале 1979 года.

Однако, несмотря на это письмо, финансовый договор по изготовлению и поставкам «Салют-4» продолжал лежать неподписанным. Как уже отмечалось выше, пока шли выяснения по базовой БЦВМ, работы по «Свету-2» и уже появившемуся на бумаге «Свету-3» интенсивно развивались. Ускорение этим работам придавала опять же твердая позиция А.Елисеева и Н.Рукавишникова по созданию БИС.

Так как интегральные матричные индикаторы (МИ) были одним из главных элементов «Света-2» и «Света-3», надо было ускорять их разработку и гарантировать поставки.

С этой целью 29 марта 1977 года была организована поездка сотрудников НПО «Энергия» (Н.Рукавишников, О.Макаров и я) и НПО «ЭЛАС» (В.Филатов, В.Мельшиян) в Рязанский НИИ ГРП.

Естественно, приезд на предприятие двух космонавтов, их встречи с коллективом предприятия, беседы с руководством института в формальной и неформальной обстановке (с незабываемым посещением места рождения поэта Сергея Есенина) помогли показать важность проводимых работ, уточнить технические характеристики МИ и сроки их поставки.

По указанию А.Елисеева в его комплексе стал готовиться договор на изготовление и поставку технологического и штатных комплектов «Свет-2». Задержка с окончанием его оформления и определением цены фактически определялась типом спецвычислителя, который входил в состав «Свет-2».

При использовании ИВК «Салют-4» спецвычислитель для «Свет-2» тоже представлял собой надежный, но сильно упрощенный канал БЦВМ «Салют-4», что снимало все вопросы по информационным связям с «Салют-4», входящим в систему управления. Если «Салюта-4» на борту не будет, то возможно придется решать, какой спецвычислитель лучше применять.

Наконец, осенью 1977 года В.П.Легостаев предложил решить вопрос выбора БЦВМ на узком совещании представителей групп противостоящих точек зрения, пригласив главного проектанта ДОС № 7 К.П.Феоктистова, как лицо, заинтересованное в наилучшем выборе вычислительных средств для проектируемой станции.

Для столь ответственного мероприятия в кабинете Виктора Павловича собрались, кроме него, В.Бранец, Э.Гаушус, я и К.Феоктистов. Выслушав позиции и доводы каждого из собравшихся, по предложению В.П.Легостаева, выбор БЦВМ решили провести демократическим путем — открытым голосованием. В результате

голосования за БЦВМ «Аргон-16М» подали три голоса: В.Легостаев, В.Бранец и К.Феоктистов.

Э.Гаушус и я остались на своих «салютовских» позициях, в том числе и потому, что наш уже приличный опыт работы над различными системами автономной навигации «Дельта» показал, что БЦВМ с характеристиками «Аргон-16М» будет просто недостаточно для реализации планируемых задач СУДН новых орбитальных станций.

Конечно, решение использовать БЦВМ «Аргон-16М» было проще и спокойнее, чем раскручивать новую систему, тем более что в коллективе В.Бранца уже появился опыт работы с этой БЦВМ по постановке и программированию задач управления для нового транспортного корабля.

Виктор Павлович доложил Б.Е.Чертоку о принятом решении и получил от него указания на последующие действия. Я позвонил в НПО «ЭЛАС» А.Новожилову и сообщил о принятом у нас решении. Он доложил об этом Г.Я.Гуськову, а о реакции и выражениях по этому поводу последнего лучше и не писать.

Это привело к тому, что подписанный НПО «ЭЛАС» договор на создание трех комплектов ИВК «Салют-4» со стороны НПО «Энергия» так и остался не подписанным, пролежав у меня в секретном портфеле около года.

В НПО «ЭЛАС» работа по БЦВМ «Салют-4» для нашего предприятия была прекращена фактически на стадии запуска в производство штатных комплектов и целиком переориентирована на изготовление этой БЦВМ для НПО ПМ.

Поскольку таким образом решился вопрос с выбором БЦВМ для системы управления движением ДОС-7КМ, ТЗ на разработку комплекса СУДН для этих кораблей на базе БЦВМ «Салют-4» было В.Львовым (сотрудник отдела Е.Башкина — разработчик этого ТЗ) в начале ноября 1977 года сдано в архив.

Приняв в 1977 году решение об отказе применения БЦВМ «Салют-4», мы тем самым резко сократили наш объем работ с НПО «ЭЛАС», оставив там от ИВК «Салют-4» в основном работы по системе отображения «Свет-2» и «Свет-3».

Это привело не только к большому сокращению наших работ с НПО «ЭЛАС», но и к охлаждению дружеских и творческих отношений с руководством НПО, которые всегда сочувствовали нам в совместной работе.

Работы по системам «Свет» и БИС стали продолжаться по двум направлениям: одно — под руководством Н.Рукавишникова для БИС и второе — в отделе Ю.Карпова под руководством молодого начальника лаборатории И.Федосеева для системы отображения и логического управления бортовым комплексом. Перед этими коллективами помимо разных организационных и технических задач встал вопрос выбора вычислителя для обеспечения работы систем логического управления, отображения информации и БИС.

Совместно с разработчиками НПО «ЭЛАС» (В.Филатов, В.Мельшиян, И.Якушев и др.) выбор остановили на БЦВМ «Салют-51», которая уже практически была разработана для некоторых задач ЦСКБ Д.И.Козлова. Машина была с ограниченными ресурсами (среднее быстродействие — 15 тыс. операций/сек, ОЗУ — 2 тыс. 32-разрядных слов, ПЗУ — 16 тыс. команд и констант), но вполне достаточными для реализации функций информационно-справочной системы, системы отображения, логического автоматического и ручного управления.

Благодаря напряженной и творческой работе коллективов Ю.Карпова, И.Федосеева, Н.Рукавишникова, А.Адрова совместно с коллективами НПО «ЭЛАС»

аппаратные и программные средства этих систем были отработаны и впоследствии успешно функционировали на орбитальной станции ДОС-7КМ № 7, получившей название «Мир».

По-другому складывались дела по СУДН этой станции. Менее чем через год после отказа от БЦВМ «Салют-4» В.Бранец и его ближайшие сотрудники, поняв, что действительно ресурсов БЦВМ «Аргон-16М» не хватает для решения задач СУДН, при поддержке Б.Е.Чертока обращаются к Г.Я.Гуськову с просьбой о возможности изготовления и поставки в НПО «Энергия» БЦВМ для усиления вычислительного комплекса СУДН ДОС-7КМ № 7, создаваемого на базе «Аргон-16М».

Собственно, речь шла о доработке БЦВМ «Салют-5», являвшейся развитием БЦВМ «Салют-3М». Доработку надо было провести для реализации задач управления и навигации, а также под обеспечение информационного и командного обмена со смежной аппаратурой станции и БЦВК «Аргон-16М».

Г.Я.Гуськов, конечно, пошел навстречу просьбе НПО «Энергия». Была развернута работа по доработке «Салюта-5», и доработанная БЦВМ получила индекс «Салют-5Б».

Теперь на ДОС-7КМ № 7 в разных системах появилось три типа БЦВМ. По типам это было не так уж и много, но из-за слабой организации и координации работ количество каналов БЦВМ значительно увеличилось. В системе СУДН 6 каналов (по 3 канала в «Салют-5Б» и «Аргон-16М»), 9 каналов в СУБК (по 3 канала «Салют-51» в «Свет-2» и «Стеке» и еще 3 канала для задач программно-временного управления и обмена данными с командной радиолинией), 6 каналов в БИС (3 канала «Салют-51» в обработке данных и 3 канала «Салют-51» в отображении «Свет-2»).

В итоге набралось: 21 вычислительная машина в одноканальном исполнении с суммарными массой и мощностью (с приборами связи, средствами отображения) соответственно около 600 кг и (при одновременной работе) 1350 Вт.

Молва о столь мощном вычислительном комплексе на проектируемой станции дошла до чиновников МОМ, что привело к тому, что в соответствии с указанием заместителя министра Б.В.Бальмонта в июле 1978 года была создана комиссия «по вопросу сокращения номенклатуры БЦВМ на борту изделия ДОС-7К № 7, 8».

В решении комиссии были общие рекомендации и поручения по сокращению номенклатуры и количество БЦВМ, которые в конечном счете ни к чему не привели. Да и нельзя было это сделать по чиновничьей указке.

Правда, и сейчас непонятно — чья это была инициатива? Скорее всего, до чиновников министерства дошли слухи о борьбе мнений по вопросу выбора БЦВМ.

К этому времени изготовление БЦВМ «Салют-5» в основном производилось на харьковском ПО «Монолит» для космических аппаратов ЦСКБ Д.И.Козлова.

Вначале предполагалось, что модернизированная БЦВМ «Салют-5Б» тоже будет изготавливаться на ПО «Монолит». Но из-за большой загруженности НПО «ЭЛАС» и ПО «Монолит» руководством Минобщемаша было принято решение о подключении к изготовлению этой БЦВМ для ДОС № 7 «Киевского радиозавода» (КРЗ), хотя и очень загруженного изготовлением бортовой аппаратуры для космической и ракетной техники, в том числе и для нашего предприятия.

Первоначальное подключение КРЗ к нашей тематике происходило еще при С.П.Королеве, когда по инициативе начальника приборного производства нашего предприятия И.Б.Хазанова, в 1963-1965 годах в стране искали заводы для обеспечения

изготовления приборов управления для кораблей Л1, Л3 (лунная программа) по документации ОКБ-1.

В это же время был подключен и Уфимский приборостроительный завод, который участвовал в создании и изготовлении нашей БЦВМ «Вычислитель».

Как КРЗ подключался к работам для новой космической станции, вспоминает бывший главный инженер КРЗ Б.Е.Василенко.

«Первоначально не предусматривалось участие «Киевского радиозавода» в освоении аппаратуры и технологий НПО «ЭЛАС». У нас было много других забот и проблем. С одной стороны — это аппаратура стыковки «Курс» на новых конструктивных и технологических принципах, продолжение изготовления и модернизация аппаратуры стыковки «Игла» (которая также устанавливалась на базовый блок станции, и первый полет на станцию «Мир» осуществлялся стыковкой с помощью аппаратуры «Игла»), а с другой — аппаратура систем управления для новых ракет-носителей, в которых использовались довольно сложные технологии главных конструкторов В.Г.Сергеева, Н.А.Семихатова, А.И.Гудименко и других. И все это спрессовалось на довольно коротком отрезке времени — 1982-1985 годах.

Аппаратура и технологии НПО «ЭЛАС» были уделом харьковского предприятия ПО «Монолит». Однако в какой-то момент мы были вызваны в Министерство с настойчивым предложением Главка взять на себя освоение части приборов НПО «ЭЛАС» для станции «Мир». Мы еще ни разу не были в Зеленограде, не знали конструктивы и технологию нового разработчика, а харьковчане в этом деле уже плавали как рыба в воде. Я до настоящего времени не знаю и никогда не задавался вопросом, почему ПО «Монолит» отказалось от этой части работ, в чем заключался этот тонкий маневр. Поэтому мы оказались в отстающих по освоению комплекса «Салют-5Б».

Освоение и отработка аппаратуры шли трудно. На предприятии сидели не только разработчики, но и министерское руководство. Аппаратура делалась под станцию «Мир», и известно, какой прессинг шел по партийной линии. В Москве для обеспечения работ по станции была создана Межотраслевая оперативная группа (МОГ) с участием многих министерств. Возглавлял эту группу О.Д.Бакланов, бывший в то время первым заместителем министра общего машиностроения. МОГ заседал каждую пятницу в три часа дня. Я еженедельно прилетал во Внуково, меня встречал приезжавший на машине А.С.Моргулев, и мы вместе ехали в Подлипки (Московская обл.), где размещалась РКК «Энергия», на совещание-отчеты по проделанной работе. Иногда оставался на субботу для согласования работ с разработчиками.

Непросто складывалась судьба БЦВМ «Салют-5». Станция «Мир» в феврале 1986 года была выведена на орбиту с бортовой машиной «Аргон-12С» («Аргон-16М». — Г.Н.) разработки Всесоюзного НИИ цифровой вычислительной техники. Она решала минимальные задачи по управлению станцией и была не готова для наращивания комплекса функциональными модулями дооснащения. 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 НПО «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 НПО «ЭЛАС» Геннадий Яковлевич Гуськов со своими специалистами—разработчиками бортового вычислительного комплекса. 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 первого заместителя Генерального конструктора НПО «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» («Аргон-16М». — Г.Н.) была заменена космонавтами на доставленную на борт станции грузовым кораблем «Прогресс» машину «Салют-5», обеспечившую устойчивую работу сложной конфигурации космического комплекса, набранного из станции «Мир», и состыкованных с ней функциональных модулей и прилетающего американского челнока.»

*[Василенко Б.Е. Хождение в ракетную технику. Киев, 2006]*

Это воспоминание примечательно тем, что показывает то дополнительное напряжение, которое свалилось на коллектив КРЗ в связи с размещением у них заказа по изготовлению БЦВМ «Салют-5Б» для космической станции.

А ведь «преодоления этих героических усилий завода» могло и не быть при своевременном принятии решения по построению системы управления станции на ИВК «Салют-4». Несмотря на все трудности, коллектив КРЗ с новой задачей успешно справился — БЦВМ «Салют-5Б» в конце 1985 года для комплектации станции были поставлены.

К этому времени на КРЗ также были изготовлены комплекты БЦВМ «Салют-51» для систем «Свет-2», «Свет-3», «Стек» и БИС.

Однако в вычислительной технике, особенно бортовой, сделать «железо» — это еще полдела. Создать и отработать программное обеспечение, в том числе провести стыковочные и комплексные наземные испытания совместно со смежной аппаратурой или ее имитаторами — это другая половина дела. Так вот, этой половины и не хватило, чтобы установить БЦВМ «Салют-5Б» на борт станции ко времени ее пуска, который состоялся 20 февраля 1986 года. Эта работа в основном должна была выполняться в НПО «Энергия», но к заданному сроку не была выполнена не только потому, что не хватило времени на отработку, но и потому, что не была своевременно подготовлена соответствующая стендовая и моделирующая база. Кроме этого, появилась и новая задача — аппаратная стыковка и отработка программного обеспечения совместной работы БЦВМ «Салют-5Б» и «Аргон-16М».

В результате было принято решение: в начале полета использовать для управления контур БЦВМ с «Аргон-16М», а затем, по готовности математического обеспечения, доставить на борт БЦВМ «Салют-5Б».

Эту доставку последних комплектов аппаратуры «Салют-5Б» на модуле «Квант-2» удалось окончательно реализовать почти через четыре года — 6 декабря 1989 г. после успешной стыковки этого модуля к станции «Мир».

Закрытие у нас работ по БЦВМ «Салют-4», в конечном счете, привело и к прекращению работ по наземной автоматизированной испытательной системе (АИС) перспективных КА, которая создавалась с использованием ЕС ЭВМ.

Такая система была разработана, как уже упоминалось, в отделе А.Термососова, который брал свое начало от лаборатории разработки наземных автоматизированных



испытательных систем космических аппаратов (КА), созданной в новом отделе после присоединения в августе 1959 года ЦНИИ-58 к ОКБ-1.

Для проведения проверочных и комплексных испытаний ИВК «Салют-4» вместе со смежными системами с использованием упомянутой АИС разрабатывались специальные модули обмена, обеспечивающие информационный и командный обмен данными «борт-Земля».

Разработку этих модулей обмена вели опытные специалисты — бывшие сотрудники нашей лаборатории, которые остались в этом отделе после перехода в 1972 году моей лаборатории с разработчиками, программистами и кураторами БЦВМ под начало Б.В.Раушенбаха, в отдел В.П.Легостаева.

Тогда фактически моя лаборатория разделилась пополам. Со мной перешли К.Чернышев, В.Шаров, В.Волошин, Ю.Багдасарян, Ю.Стишев, Р.Казаринов, Е.Буршинов, Н.Миракова, В.Шутенко, Т.Казакова, Б.Тарасенко, В.Константинов и еще некоторые сотрудники.

Под руководством Г.Казаринова в отделе П.Куприянчика (начальник отдела после А.Шустова) была образована лаборатория, в которой, кроме самого Г.Казаринова, остались П.Масенко, Г.Седов, В.Глазнев, А.Ковалев, Ю.Банщиков, А.Трушина, М.Борисова, Л.Калинина и ряд других сотрудников, занимавшихся в основном разработкой приборов.

Начав разработку АИС в конце 1972 г., в начале 1978 г. отдел вышел на ее испытания в КИС, то есть уже после закрытия работ по ИВК «Салют-4». К этому времени у АИС появилось новое название — наземный комплекс управления (НКУ).

Основной задачей НКУ было обеспечение испытаний системы управления движением с использованием БЦВМ «Аргон-16М» в реальном масштабе времени применительно к новой космической станции.

НКУ состоял из двух частей:

— основного пульта от наземной испытательной станции 11Н6110;

— системы обработки данных на базе ЕС ЭВМ-1010, представляющей собой ЭВМ нижнего уровня вычислительных машин единой серии.

Работа была доведена до изготовления первого опытного образца вместе с программным обеспечением ЭВМ ЕС-1010, на котором проводили испытания в КИСе с использованием имитатора космического аппарата.

Однако из-за того, что не удалось удовлетворительно решить задачу обмена данными НКУ с бортовым вычислительным комплексом, разработку НКУ с ЕС ЭВМ пришлось закрыть. Как я ранее упоминал, в ИВК «Салют-4» был разработан специальный модуль обмена данными с АИС, построенной на ЕС ЭВМ.

После того как в КБ М.Ф.Решетнева взяли на вооружение БЦВМ «Салют-4», мы со специалистами этого КБ некоторое время поддерживали контакт и помогали им советом и опытом в решении различных технических вопросов.

Применение БЦВМ «Салют-4» на различных космических аппаратах их разработки продолжалось практически до 1995 года.

Ко всему материалу по истории БЦВМ «Салют-4» хотелось бы сделать некоторый обобщенный анализ причин, по которым мы не реализовали ранее изложенную парадигму «Салюта-4».

Во-первых, после печального завершения лунной программы на нашем предприятии фактически произошла потеря перспектив, за которую, можно сказать, бился С.П.Королев. Это отразилось и в вопросе развития и применения БЦВМ. В

конце 70-х и начале 80-х годов использовался задел по БЦВМ «Салют-1» и «Салют-2М» в авральных работах по долговременным станциям. Решение главного конструктора делать ДОС-7К № 7 «аналогично ДОС-7К № 6 и ничего не менять» тоже работало против перспективных решений.

Период создания орбитальных станций в ЦКБЭМ и в НПО «Энергия» проходил в условиях, когда нужно было делать подарки к красным советским и партийным датам. В таких условиях думать о перспективе даже на 3-5 лет не было сил, времени, денег, и, главное, отсутствовало перспективное амбициозное мышление, инициатива и желание первых руководителей предприятия или их заместителей, отвечающих за определенные направления.

К сожалению, Б.Е.Черток, под крылом которого в этот период находились все вопросы управления космических аппаратов, в том числе и создание БЦВМ, не занимал четкой и активной позиции.

Не хватило мудрости руководителям в понимании того, сколь принципиальным является для предприятия создание перспективной бортовой вычислительной техники и связанное с этим революционным изменение в создании, подготовке, отработке и испытаниях систем любого космического корабля. А ведь именно первые руководители таких предприятий, как НИИАП (Н.А.Пилюгин), НПО «Электроприбор» (В.Н.Сергеев), ЦСКБ (Д.И.Козлов), НПО ПМ (М.Ф.Решетнев), лично возглавляли и активно не только поддерживали, но и шли прямо-таки на революционные преобразования на своих предприятиях ради развития новых подходов в создании цифровых систем управления. Делалось это иногда в разрез текущих директивных указаний руководителей страны. НПО «Энергия» — головное предприятие в пилотируемой космонавтике — ничем не отличалось от вышеупомянутых предприятий, с точки зрения важности вопроса обеспечения устойчивой и перспективной базы для цифровых систем управления.

В качестве примера коротко приведу историю образования и работы комиссии, созданной по указанию секретаря ЦК КПСС Д.Ф.Устинова в октябре 1967 г. для рассмотрения состояния дел в НПО «Электроприбор» (Харьков, главный конструктор В.Г.Сергеев), задерживавшего на 1,5 года создание системы управления новой межконтинентальной баллистической ракеты в связи с переходом на цифровые принципы и разработкой БЦВМ собственного производства.

Председателем комиссии был назначен заместитель председателя ВПК при Президиуме СМ СССР Г.Н.Пашков. В комиссию вошли и представители промышленности: от НИИАП — М.А.Качаров, от НИЭМ — А.Ф.Кондрашев, от ЦКБЭМ — я, от НИИМП — В.В.Ильинский и от ЦНИИмаш — Э.В.Колозезный. В ВПК в Кремле перед нами была поставлена следующая задача: в течение двух дней пребывания в Харькове разобраться в причинах и обоснованности доводов главного конструктора В.Г.Сергеева о «необходимости принципиального пересмотра технических средств системы управления новой ракеты и переходе на цифровые принципы», что приводило к большому сдвигу сроков создания ракеты, и подготовить проект решения комиссии для рассмотрения совместно с Г.А.Пашковым, который должен прибыть через два дня.

В Харькове нас сразу принял В.Г.Сергеев и рассказал о причинах серьезного сдвига сроков по созданию системы управления новой баллистической ракеты. Главная причина — принятое им решение о переходе на этой ракете на цифровую систему управления на базе БЦВМ собственной разработки. В связи с этим на

предприятию не только меняются принципы разработки, отработки и испытания систем управления, но кардинально перестраивается все производство под выпуск элементов цифровой системы управления и изготовления собственной БЦВМ.

В течение двух дней совещаний с ведущими специалистами и руководителями основных подразделений НПО (Я.Е.Айзенберг, А.И.Кривоносов, Б.М.Конарев и другие), ознакомления с состоянием дел на заводе (это была картина «разрухи для созидания») мы подготовили проект решения.

Основные выводы проекта решения были таковы:

— предприятие выбрало правильный и перспективный путь становления систем управления ракет на цифровой технике. Обоснование разработки собственной БЦВМ с выбранными характеристиками было поддержано;

— сдвиг сроков создания системы управления обоснован, и переход на цифровую систему управления позволяет получить принципиально новые качества как системы управления, так и характеристик боевой ракеты;

— принятые руководством предприятия организационные и технические решения закладывают перспективу предприятия на длительный период времени.

Проект решения показали В.Г.Сергееву. На следующий день — совещание у В.Г.Сергеева уже с участием Г.А.Пашкова. После обсуждения приняли решение, в основу которого был положен подготовленный нами проект.

Насколько мне известно, после этого решения, доложенного Д.Ф.Устинову, коллектив предприятия «спокойно» днями и ночами работал над созданием новой цифровой системы управления. В 1969 г. в НПО уже функционировала БЦВМ, созданная по штатной документации, а в 1971 г. был произведен пуск новой межконтинентальной баллистической ракеты с системой управления на базе БЦВМ собственной разработки.

Надо отдать должное главному конструктору В.Г.Сергееву, который выдержал нажим руководства страны по срокам создания системы управления и отстоял принципиальную техническую и стратегическую линию развития предприятия.

Это определило дальнейшее устойчивое развитие и успехи этого предприятия на долгие годы в создании собственной бортовой вычислительной техники, программного обеспечения и систем управления нового качества для разного класса изделий.

Это, собственно, в дальнейшем определило и выдающийся успех в создании отечественной многоцветной космической системы «Энергия-Буран», потому что коллектив НПО «Электроприбор», получивший бесценный опыт создания цифровых систем управления баллистических ракет, сумел в кратчайшие сроки (решение о его подключении к этой работе было принято только в 1979 году) создать и отработать систему управления самой мощной отечественной ракетой «Энергия», обеспечившей выведение орбитального корабля «Буран». Система управления «Энергии» полностью была построена с применением отличных БЦВМ собственной разработки НПО «Электроприбор».

Жизнь показывает, что только смелые амбициозные проекты разгоняют творческий потенциал коллективов. Тяжелые и трудные задачи позволяют создавать новые решения и являются двигателем прогресса. Копирование, многократное тиражирование пройденных путей и решений не могут быть двигателями новой техники и двигателем прогресса. Такой путь, обеспечивая интересы момента, связывает производственные силы и, скорее всего, приводит к застою, учитывая, что

космический аппарат, в отличие от серийной ракетной техники, как правило, в каждой новой реализации уникален.

Во-вторых, сила и мощь головного предприятия создается вкупе со смежными предприятиями. Преданность общему делу, ответственность и перспективное мышление руководителя, квалифицированный коллектив со стимулами к работе, поставленное современное производство смежника — все это залог того, что главная задача, стоящая перед головным предприятием, будет решена.

Работа Совета главных конструкторов под руководством С.П.Королева — прекрасный пример создания Системы, пример взаимодействия головного предприятия с основными смежниками, у каждого из которых была создана и своя надежная кооперация. Из этой кооперации нельзя было убрать ни одного звена без того, чтобы не развалить всю Систему.

НПО «ЭЛАС» для ЦКБЭМ (НПО «Энергия») было тем важнейшим звеном, которое могло бы обеспечивать наше предприятие бортовыми вычислительными средствами широкой номенклатуры для перспективного развития систем управления космическими аппаратами разного типа. Тем более что вопрос развития собственного приборного производства, способного изготавливать бортовые вычислительные средства на современном и перспективном уровне, уже и не поднимался — слишком глубоким было отставание при одновременном отсутствии усилий к изменению его состояния.

Руководству предприятия не хватило мудрости и дальновидности, когда оно фактически отказалось тогда от этого надежного смежника в создании бортовых вычислительных систем, владеющего самой современной элементной базой, хотя еще в 1976 году могли всю систему управления нового ДОСа перевести на вычислительные средства «Салюта-4» и обеспечить себе перспективу для новых проектов.

В 1979 году генеральный директор НПО «ЭЛАС» Г.Я.Гуськов направил письмо генеральному конструктору НПО «Энергия» В.П. Глушко. Письмо было ответом на письмо, подготовленное Э.Гаушусом, согласованное В.П.Легостаевым, Б.Е.Чертоком и Ю.П.Семеновым и направленное в адрес Г.Я.Гуськова за подписью В.П.Глушко в связи с имевшими место замечаниями и отказами в аппаратуре вычислительного комплекса 2СТ на базе БЦВМ «Салют-2М» на орбитальных станциях «Салют».

Приведу выдержку из письма Г.Я.Гуськова:

«...Опыт нашей совместной работы за последние два года показал, что в организации работ между нашими предприятиями имеются негативные стороны, по поводу которых нам хотелось высказать ряд критических замечаний.

Отработка штатного математического обеспечения в Вашей организации недостаточна, а это приводит к значительному количеству перепрошивок штатных блоков ПЗУ, что требует проведения дополнительных испытаний приборов в целом и приводит к уменьшению ресурса их работы...

Ваша организация не понимает трудностей, с которыми нам приходится сталкиваться в процессе производства при изготовлении, испытании и аттестации приборов комплекса 2СТ, которые уже являются морально устаревшими в виду:

- снятия с производства отдельных видов ЭРИ;
- изменения требований ГОСТ, ОСТ и другой нормативной документации.»

Приведу еще выдержку из статьи бывшего сотрудника НПО «ЭЛАС», ныне директора ГУП НПЦ «ЭЛВИС» Я.Я.Петричкова:

«Исторически ГУП НПЦ «ЭЛВИС» происходит из НПО «ЭЛАС» (г.Зеленоград) — известнейшего объединения в Министерстве электронной промышленности с бессменным Генеральным директором и Генеральным конструктором Геннадием Яковлевичем Гуськовым. Это была единственная системная фирма во всем министерстве электронной промышленности.

Компания «ЭЛАС» разрабатывала не только аппаратуру и системы, но и элементную базу для них. В результате продукция НПО «ЭЛАС», в основном космические электронные системы, базировалась на самых передовых технологиях микроэлектроники.

Уже все забыли, но первый КМОП микропроцессорный комплект в стране был создан именно в НПО «ЭЛАС» в 1974 году (*это и была схемотехника «Салюта-4»*. — Г.Н.). Кроме того, НПО «ЭЛАС» было отечественной фирмой № 1 и в области микроминиатюризации РЭА посредством сборки чипов в микроминиатюрные модули. Именно здесь была разработана технология бескорпусных полиамидных микросборок, которая затем довольно широко распространилась в стране.

Среди других достижений — действующая до сих пор система правительственной связи, системы видеонаблюдения Земли из космоса, бортовые управляющие компьютеры и многие другие уникальные комплексы РЭА...

Однако в начале 90-х все стало рассыпаться. Было мучительно видеть, как исчезают технологии, рушатся связи... Страна могла получить принципиально новую технологию, призванную на многие годы определить развитие широкого спектра РЭА двойного назначения. Именно такую амбициозную задачу и ставил перед нами Г.Я.Гуськов...

Специалисты нашего предприятия накопили уникальный в стране опыт — в течение десятков лет мы участвовали в разработках сотен типов оригинальных микросхем. При этом вся элементная база проектировалась «под систему». Практически ни одна фирма в стране не могла тогда себе этого позволить и «перебивалась» стандартной номенклатурой копированных западных схем... «ЭЛАС» обладал уникальным опытом системного проектирования, при котором и система, и элементная база с самого начала рассматриваются как две переменные, которые в процессе проектирования сливаются в единый эффективный организм.»

К сожалению, фирма НПО «ЭЛАС» не была по-настоящему понята и оценена, что и привело к ее потере как одного из основных перспективных смежников.

Техническим аспектом отказа от «Салюта-4» можно считать, как заявляли оппоненты, «переразмеренность» этой БЦВМ для применения на космических аппаратах. В моем понимании и понимании тех, кто создавал эту БЦВМ для перспективных задач, стоящих на пилотируемых космических аппаратах, никакой «переразмеренности» не было. Подтверждением этому стали технические требования к вычислительным системам, разработанные позже для многократных космических аппаратов Space Shuttle и «Буран» и реализованные в созданных в США и в СССР (НИИАП) бортовых многомашинных комплексах, в которых нашли отражение решения, принятые в ЭВМ System/360.

В идее создания БЦВМ, совместимых с ЕС ЭВМ, мы с НПО «ЭЛАС» были не одиноки. К созданию отечественных БЦВМ, совместимых с ЕС ЭВМ, подошли и в НИЭМ. В конце 1972 г. на наше и другие предприятия из НИЭМ были направлены письма с предложением создания семейства унифицированных БЦВМ. Основная концепция предложения формулировалась следующим образом.

1. Создается ряд вычислительных устройств (процессоров) в широком диапазоне параметров на модульном принципе.

2. Процессоры различных уровней имеют программную совместимость и единую систему программно-аппаратных средств обмена с внешними абонентами.

3. Обеспечивается возможность наращивания вычислительной мощности системы путем объединения нескольких процессоров в единую мультипроцессорную систему.

4. Все модули семейства ориентируются на систему команд, близкую к системе команд ЕС ЭВМ «Ряд», но отличающуюся от нее в сторону сокращения оборудования и увеличения эффективности работы в бортовых системах управления.

5. Все модули имеют информационную совместимость между собой и с машинами ЕС ЭВМ «Ряд».

6. Создания автоматизированных систем отладки программ на базе ЕС ЭВМ.

В документе рассматривались характеристики ЭВМ различных уровней, вопросы обеспечения надежности, система команд и обмен с внешними абонентами.

Функциональные характеристики этого семейства модулей во многом были близки к тем характеристикам, которые мы закладывали в БЦВМ «Салют-4». Принципиальное отличие было в технической реализации этих проектов, связанное с существенно большими возможностями НПО «ЭЛАС» в микроэлектронной реализации проекта.

Тем не менее — НИЭМ осуществил реализацию проекта БЦВМ, совместимых с ЕС ЭВМ. Институт создал и серийно выпускал такие БЦВМ, правда, не для космического применения, а для авиационных, танковых и других мобильных систем. Первой такой БЦВМ была машина, законченная в разработке в 1977 году и с 1979 года выпускавшаяся серийно. Развитием этой первой ЭВМ стали более мощные БЦВМ — «Аргон-40», запущенная в серийное производство в 1980 году, и «Аргон-50», запущенная в серийное производство в 1986 году.

Есть такой анекдот. Несколько человек, среди которых был программист, на вопрос, что бы они сделали, если бы попали в 80-е годы, ответили по-разному, а программист сказал: «Повесился бы». — «Почему?» — «А чтоб опять за ЕС ЭВМ не садиться». Ну что сказать по этому поводу. Наверное, только то, что невообразимо быстро меняется окружающий нас технический мир. Молодым специалистам сегодняшнего дня уже трудно представить те проблемы, которые стояли перед нами в 60-70-х годах, и те решения, которые мы принимали, заботясь о перспективе. Программисты нашего предприятия, работавшие на ЕС ЭВМ в 70-х годах, с трудом представляли работу классных программистов нашей лаборатории В.Шарова, Ю.Багдасаряна и других, реализующих программы автономной навигации лунного корабля Л1 в БЦВМ «Салют-1» с оперативной памятью в 64 64-разрядные ячейки.

Достоинства и недостатки того или иного решения надо оценивать в своем времени. Разные эпохи, разные века, разные технологии — разные и оценки.

Тем не менее, проведение сравнения технических решений, принимаемых специалистами, относящимися к разным поколениям, просто необходимо. Не зная прошлого, нельзя правильно оценить настоящее и прогнозировать будущее.

## БЦВС МТКС «Буран»

После прекращения в НПО «Энергия» работ по созданию БЦВМ и ИВК «Салют-4», что тяжело было воспринято в коллективах, создававших и отстаивавших это направление космической цифровой техники, творческая энергия и инженерная мысль этих коллективов, наряду с обеспечением работ по системе «Дельта», стала переключаться на работы по новому большому проекту — созданию многоцветной транспортной космической системы (МТКС), по которой правительством страны головным предприятием было определено НПО «Энергия» во главе с генеральным конструктором академиком В.П.Глушко.

Система управления МТКС представляла собой сложный комплекс управления, состоящий из двух взаимосвязанных систем: системы управления ракеты-носителя «Энергия» и системы управления орбитального корабля «Буран».

На первом этапе решался вопрос о выборе головных исполнителей работ по этим системам управления. В результате непростых обсуждений было принято решение о привлечении к разработке систем управления двух ведущих предприятий страны ракетно-космического профиля: НИИАП главного конструктора Н.А.Пилюгина и НПО «Электроприбор» главного конструктора В.Г.Сергеева. К сожалению, решение о подключении НПО «Электроприбор» было принято с большим опозданием, что сказалось и на общем сроке реализации проекта.

НИИАП был определен как головной разработчик системы управления орбитального корабля, а НПО «Электроприбор» — как головной разработчик системы управления ракеты-носителя.

У обоих предприятий уже был опыт создания систем управления на базе применения БЦВМ. Причем к этому времени они не только имели сильные коллективы разработчиков цифровых систем управления, но и создали мощную производственную базу для собственной разработки приборов управления, включая и БЦВМ. Ранее я рассказал о событиях, связанных с разработкой системы управления баллистической ракеты на базе собственной БЦВМ в НПО «Электроприбор».

Разработка планера и ряда систем традиционно авиационного профиля была возложена на специально созданное новое предприятие — НПО «Молния» под руководством генерального конструктора Г.Е.Лозино-Лозинского. Это предприятие входило в Минавиапром, что вначале, при проектировании корабля, приводило к некоторым межведомственным проблемам организационного и даже технического порядка. Например, системы электротропитания в авиационной технике и на космических аппаратах строились на разных принципах, протоколы информационного обмена данными между вычислительными средствами и прочей бортовой аппаратурой тоже были разные. Различными были подходы к проектированию, этапности выполнения работ. Существенно различались и нормативные отраслевые документы.

Вышеупомянутое и, главное, отсутствие четкой организации и распределение границ ответственности между ведомствами привело к затягиванию работ на проектном этапе. Несмотря на то, что постановление правительства по созданию МТКС вышло в феврале 1976 года, работы по системе управления орбитального корабля и ракеты-носителя в НПО «Энергия», как в головном, так и в смежных предприятиях к 1978 году по-настоящему развернуты не были.

В НПО «Энергия» отсутствовали необходимые структуры для организации работ по МТКС. Квалифицированные и опытные кадры были заняты работами по

орбитальным станциям «Салют», транспортным кораблям «Прогресс», «Союз» и новыми пилотируемыми транспортными кораблями 11Ф732 с системой управления на БЦВМ «Аргон-16».

Начались непростые процессы формообразования новых и деления старых коллективов, поиски руководителей и окончательного выбора смежников.

Ситуация осложнялась и тем, что главный конструктор орбитальных станций Ю.П.Семенов к работам по МТКС вначале привлечен не был, а большинство управленцев Б.Е.Чертока работали на тематику Ю.П.Семенова.

Хотя Б.Е.Черток на первом этапе проекта МТКС и не проявлял активности в организации работ по системе управления МТКС, полагая, что он уже довольно стар для участия в такой многолетней работе, и не раз повторяя фразу «это уж вы без меня будете делать», но, тем не менее, под давлением обстоятельств и генерального конструктора В.П.Глушко, который, кстати, был его существенно старше, отношение к этим работам Борису Евсеевичу пришлось изменить.

Создавалась довольно критическая ситуация. Проблемами с системами управления МТКС был озабочен генеральный конструктор В.П.Глушко, который вопросам управления стал уделять самое пристальное внимание, указывая Б.Е.Чертоку и другим руководителям на самое тщательное внимание даже к такому вопросу, как выбор бортовых ЦВМ систем управления. Причем разгорались споры и обсуждения не только по центральной БЦВМ, но и по вопросу создания вычислительных средств для автономных систем орбитального корабля, поскольку руководство НПО «Молния» отстаивало такую позицию, что все вычислительные средства корабля должны делать или быть ответственными за них предприятия Минобщемаша.

Вопрос выбора БЦВМ вышел даже на уровень заместителя министра Минобщемаша О.Д.Бакланова. На одном из совещаний в октябре 1978 года у него было принято решение, один из пунктов которого был сформулирован так:

«п. 9. Поручить выбор ЭВМ и структуры периферийного вычислительного комплекса для автономных систем разработчикам автономных систем совместно с НИИАП, НПО «Энергия» и НПО «Молния».

Надо сказать, что в такой постановке это решение выполнено не было.

В июне 1979 года было принято решение о подключении НПО «Электроприбор» к разработке системы управления ракеты «Энергия». Первый заместитель генерального конструктора, главный конструктор орбитального корабля И.Н.Садовский стал также интенсивно разбираться в вопросах организации работ по системе управления «Бурана» в кусте Б.Е.Чертока, считая, что необходимо организовать подразделения, которые бы целиком занимались только вопросами МТКС.

Вскоре был образован специальный комплекс под руководством В.П.Хорунова, в функции которого входили только вопросы управления МТКС. В качестве «верхнего» руководителя этих работ генеральным конструктором и партийными инстанциями был утвержден О.И.Бабков.

В соответствии с проектом орбитальный корабль «Буран» — это пилотируемый многофункциональный космический корабль с экипажем до шести человек.

Практический опыт создания в нашей стране пилотируемых космических аппаратов был у НПО «Энергия» и в КБ генерального конструктора В.Н.Челомея. Однако значительно больший опыт эксплуатации пилотируемых космических



аппаратов был у НПО «Энергия», в том числе в теории и практике построения космических бортовых человеко-машинных систем на базе БЦВМ.

Поэтому естественно, что руководителям из подразделений, которые создавали системы автономной навигации на базе БЦВМ «Салют» на орбитальных станциях, было предложено лично и с коллективами подключиться к созданию цифровых систем управления и контроля нового орбитального корабля.

Они должны были взять на себя функции головных по системе управления движением, системе отображения информации и органам ручного управления, системе диагностики и обеспечить аппаратно-программную реализацию этих систем в смежных предприятиях.

По проектному замыслу, система управления орбитального корабля должна была представлять собой человеко-машинный комплекс, построение которого должно было базироваться на широком применении БЦВМ. У нас к этому времени уже были данные о том, что собой представляла вычислительная система (data management system) американского многоразового корабля Space Shuttle.

Что-то подобное, и не хуже, должно было быть и у нас. Именно так ставил вопрос генеральный конструктор В.П.Глушко, как я уже упоминал, уделявший построению системы управления «Бурана», в том числе и выбору БЦВМ, большое внимание. Он был инициатором созыва у себя многочисленных совещаний по системе управления и выбора БЦВМ. Как правило, на эти совещания приглашали главного конструктора НИИАП Н.А.Пилюгина и его заместителей.

Вопросы управления ракетой «Энергия» после подключения предприятия В.Г.Сергеева решались проще и скорее, потому что основные задачи они взяли целиком на себя. И с БЦВМ вопрос для них практически был решен — они уже имели проверенную на боевой ракете БЦВМ М4, на основе модернизации которой и создавали вычислительную систему ракеты «Энергия». Кроме того, на предприятии уже была отлажена и действовала новая технология отработки программно-математического обеспечения, включающая так называемый электронный пуск, при котором на специальном комплексе, включающем наземную ЭВМ и штатные блоки системы управления ракетой, моделировался полет ракеты и реакция системы управления на воздействие основных возмущающих факторов.

В.П.Глушко все время подчеркивал, что сам факт нашего более позднего начала работ, по сравнению с работами по американскому кораблю (например, испытания макета БЦВМ американцы начали уже в 1973 году), должен быть использован для учета их опыта и улучшения характеристик наших систем.

Подключившись к работам по «Бурану» в феврале 1978 года, в начале 1979 года я практически ушел на эту тему полностью с частью лаборатории, значительно пополнившейся новыми молодыми силами «бурановского» набора.

После довольно продолжительного периода обсуждения вопросов о выборе головного разработчика и типе БЦВМ в системе управления орбитального корабля руководители НИИАП выступили с предложением о самостоятельной разработке новой универсальной БЦВМ для системы управления «Бурана». Причем они брались за создание и центральной, и периферийной цифровых систем. Опыт разработки собственной БЦВМ С-530 для лунного орбитального корабля проекта ЛЗ у них уже имелся.

Альтернативными предложениями выбора БЦВМ рассматривались: БЦВМ «Салют-4» НПО «ЭЛАС», ее модификация «Салют-6» и БЦВМ разработки харьковского НПО «Электроприбор».

В конечном счете, было принято предложение НИИАП. Создаваемая БЦВМ получила название «Бисер-4», на базе которой создавался надежный многомашинный вычислительный комплекс, состоящий из центральной и периферийной вычислительных систем, программно-временного устройства, системы единого времени, накопителя на магнитной ленте и ряда устройств связи с абонентами. Вычислительный комплекс практически не уступал по возможностям американскому аналогу. Естественно, вся микроэлектронная база вычислительного комплекса была отечественная.

Продолжительное время обсуждалась концепция построения централизованной системы отображения информации и органов ручного управления (СОИ-ОУ). Фактически на этом корабле впервые тесно встретились два подхода и две технические реализации этой системы: авиационный подход, в основе которого лежали уже отработанные в отечественной авиации решения на основе применения в основном аналоговой техники в комбинации с новыми цифровыми приборами и подход нашего предприятия с космической кооперацией, в основе которого предлагались решения, основанные на широком использовании цифровой вычислительной техники, интегрированные с бортовой телевизионной системой.

Трудности представляло и объективное распределение границ ответственности двух мощных министерств — Минавиапрома и Минобщемаша. В конечном итоге в феврале 1981 года было утверждено Генеральными конструкторами и согласовано командирами ответственных войсковых частей и руководителями военных приемок основных предприятий «Решение о порядке разработки документации по СОИ-ОУ изделия 11Ф35». В том же году было разработано и утверждено главными конструкторами НПО «Молния» (Г.П.Дементьев), СОКБ ЛИИ (С.А.Бородин), заместителями генерального конструктора НПО «Энергия» (Б.Е.Черток, А.С.Елисеев) и заместителем главного конструктора НИИАП (Ю.Х.Исмаилов) «Распределение работ по разработке математического обеспечения СОИ-ОУ изделия 11Ф35, штатный вариант, кроме участка посадки ( $N \leq 20$ )».

Но среди ракетно-космических предприятий тоже непросто находили согласованные технические решения. Специалисты НИИАП до мозга костей были «автоматчики» и практически никогда не влезали в контур управления с человеком (ручной контур), а опыт НПО «Энергия» охватывал и проблемы, связанные с ручным управлением, представлением информации экипажу для принятия решений и включения его в управление. Поэтому двум коллективам (НПО «Энергия» и НИИАП) с участием НПО «Молния» пришлось пройти довольно длительную притирку для создания если не оптимального, то рационально организованного комплекса управления, охватывающего и автоматический, и ручной контуры. В мае 1982 года были выпущены документы: «Основные принципы командно-программного управления с участием оператора на изделии 11Ф35» и «Протокол по вопросу согласования диалогового взаимодействия оператора с вычислительной системой изделия 35», утвержденные руководством НПО «Энергия» и НИИАП. В создании этих документов принимали активное участие космонавты А.С.Елисеев, В.Н.Кубасов, В.В.Аксенов.

НПО «Энергия», наряду с ролью головного по кораблю «Буран», отвечало за разработку алгоритмов управления систем корабля на орбитальных участках, сопровождало вопросы спуска и посадки корабля, было головным по созданию наземного вычислительного стенда по программированию и отработке кадров индикации для представления информации экипажу на орбитальных участках полета корабля (в дальнейшем комплекс был расширен для отработки кадров индикации на всех участках полета), отображаемых на восьми электронно-лучевых дисплеях (видеоконтрольных устройствах) с помощью специализированных БЦВМ, созданных для работы в системе отображения и ручного управления орбитального корабля по данным, поступающим от вычислительного комплекса корабля.

Разработку специализированных БЦВМ выполняли Ленинградское НПО «Электроавтоматика» (система «Адонис») и СОКБ ЛИИ (г.Жуковский, система «Диск»). Первый беспилотный корабль был укомплектован рабочими местами операторов с основными средствами отображения информации и ручного управления, которые проходили на ТК испытания наряду с другими автоматическими системами.

С 1982 года к работам по «Бурану» сначала частично, а позже, после прекращения работы системы «Дельта» на станции «Салют-7», почти полностью подключились коллективы Э.Гаушуса, В.Шарова, К.Чернышева, обеспечившие активное сопровождение разработки математического обеспечения системы управления корабля.

Высококвалифицированная и самоотверженная работа сотрудников нашей лаборатории В.А.Яковлева, В.Ф.Волошина, А.Н.Микляева, З.Г.Вартановой, Н.Н.Мираковой, Н.И.Тетина, Н.В.Сгибневой, О.А.Пучковой, С.Н.Шишкарёва, А.Н.Долгова совместно со специалистами смежных предприятий СОКБ ЛИИ (руководитель работ — Ю.А.Тяпченко), НПО «Молния» (руководитель работ — А.Г.Каримов) и НИИАП (руководитель работ Б.Г.Лукиянов) позволили создать надежные бортовые аппаратно-программные средства системы отображения информации и ручного управления, по ряду характеристик превосходящие тогда аналогичные средства американского многоразового корабля.

Кроме того, на созданном в нашей лаборатории автоматизированном стенде на базе ЭВМ-1420, сопряженной с бортовыми специализированными ЦВМ «Адонис», «Диск» и с имитаторами бортовых видеоконтрольных устройств, было запрограммировано и отлажено более 150 кадров отображения информации для участков выведения и орбитального полета, привязанных к рабочим местам членов экипажа: командира, бортинженера, специалиста по полезным грузам с бортовым манипулятором, командира на орбитальном участке при проведении маневров сближения и стыковки с кооперируемым объектом.

Автоматизация программирования кадров индикации с получением выходного описания кадров на языке внутреннего представления данных (ЯВОД) обеспечивалась специально разработанной системой автоматизации программирования «ПРИЗ», которая была создана совместно со специалистами СОКБ ЛИИ под руководством и при участии Б.М.Конорева, Е.И.Бондарева, Ю.Б.Смеркиса, Л.И.Ягодкиной.

На упомянутом стенде в технологии создания кадров индикации использовалась еще одна САПР под условным названием «ДИСКАД» на базе ПЭВМ типа IBM PC XT/AT, которая позволяла:

- описать статику и динамику кадра на своем входном языке;
- распечатать на принтере ПЭВМ рисунок кадра;

— преобразовать описание кадра из входного языка в язык САПР «ПРИЗ», включая формирование таблицы динамических параметров;

— на гибком магнитном диске перенести на стенд ЭУ-714-151 кадр на языке ЯОК и данные таблицы динамических параметров для записи в память САПР «ПРИЗ».

По соглашению с НПО «Молния» и НПО АЛ (так в 1990 году стал называться НИИАП) на нашем стенде специалистами НПО «Молния» из отдела А.Г.Каримова были отлажены многие кадры индикации, отображаемые на разных участках работы корабля по системам разработки НПО «Молния».

15 ноября 1988 года корабль «Буран» совершил свой триумфальный полет с блестящей автоматической посадкой.

Вся бортовая вычислительная техника и программное обеспечение отработали без замечаний на всех участках полета, обеспечив в автоматическом режиме проведение сложнейших маневров на спуске и посадку в «точку».

Параллельно велась подготовка следующего корабля «Буран» под номером 1К2, уже в пилотируемом варианте.

И тут мы столкнулись с нехваткой ресурсов бортовых вычислительных средств для полноценного информационного обеспечения экипажа корабля, особенно на орбитальном участке работы.

Для экономии вычислительных ресурсов пришлось даже пойти на отключение некоторых приборов (электронно-механического навигационного планшета 17Ш111 для отображения подстилающей поверхности Земли и зон измерительных пунктов по рулонным картам, отображения неба по картам звездного неба и т.п.), широкоформатного печатающего устройства «Рассвет», сокращать до минимума и упрощать дисплейные кадры индикации и текстовые рекомендации экипажу по выходу из нештатных ситуаций.

А учитывая то, что на последующих пилотируемых кораблях функции экипажа существенно расширились, все эти «обрезания» вели к снижению возможностей корабля «Буран».

В связи с этим в НПО «Энергия» (отделение В.П.Хорунова), как ответственном за ручное управление на орбитальном участке полета, совместно с проектным отделением и отделением подготовки экипажей был рассмотрен ряд вариантов, обеспечивающих выход из проблемы дефицита ресурсов памяти и производительности бортовых вычислительных средств.

Предложения по этому вопросу были представлены главному конструктору Ю.П.Семенову за подписью В.П.Хорунова и моей. Предлагалось решить проблему дефицита памяти и производительности за счет установки на борт персональной ЭВМ типа Laptop и модернизации шестого рабочего места (РМ6), предназначенного для управления полезными грузами, выводимыми орбитальным кораблем.

Установка такого мощного программно-аппаратного средства как ПЭВМ Laptop (правда, американского производства, но доработанного под наши требования), снимала проблему нехватки ресурсов бортового вычислительного комплекса для пилотируемых кораблей на орбитальном участке, для системы отображения информации и ручного управления, в том числе для участков сближения и стыковки с кооперируемыми объектами.

Это решение на новом качественном уровне позволяло решить задачу отображения экипажу картографической информации подстилающей поверхности заменой электромеханического навигационного планшета на «Планшет

навигационный электронный», который позволял на борту реализовывать задачи пространственной ориентировки относительно земной поверхности, астроориентации, осуществления визуальных наблюдений и оперативного информационного обслуживания экипажа при «привязке» к местоположению объекта при совместной его работе с бортовым вычислительным комплексом и оптическим средством наблюдения визуальной обстановки.

Предложение было проработано по приборному составу, компоновке на борту орбитального корабля, электрическим связям, программному обеспечению и интеграции с вычислительным комплексом управления, а также в части организации и распределения работ в НПО «Энергия» и в смежных предприятиях, в том числе обеспечения их финансирования.

При реализации предложения получался выигрыш в массе бортовых приборов около 20 кг и в электрической мощности около 60 Вт. Финансовые затраты в валюте (около 70 тыс. долл.) компенсировались экономией (800 тыс. руб.), которая получалась за счет свертывания некоторых работ с нашими смежниками.

По поручению Ю.П.Семенова предложение рассмотрел (с посещением отдела и комплексного стенда системы отображения информации в нашей лаборатории) и в целом одобрил первый заместитель главного конструктора Н.И.Зеленщиков и дал указания ряду руководителей.

Выдача упомянутого предложения, его обсуждение и одобрение руководством относятся к июлю 1991 года. Его реализация планировалась на пилотируемом корабле 1К2 через год, в 1992 г.

Однако известные политические катаклизмы в стране в августе 1991 года и последующие новые концепции развития страны сломали не только планы реализации этого предложения («эка мелочь»), но фактически, как ни печально, поставили крест на всей национальной космической программе по созданию МТКС «Энергия-Буран», привели к разрушению производственной кооперации и физическому уничтожению всего «бурановского» задела.

## После «Бурана»: Станция «МИР-2». Угольный комбайн

С печальным окончанием проекта «Буран», а ему было отдано почти 15 лет напряженного труда, трудно было уйти от активной работы по космическим вычислительным системам. Я бы сказал, действовала инерция опыта, которую хотелось направить в правильное русло и использовать с пользой. Сформировавшиеся молодые коллективы проектантов систем управления, отображения информации и диагностики, разработчики логики и программно-математического обеспечения БВС «Бурана» с фактическим закрытием работ по МТКС «Энергия-Буран» (формального закрытия нет и поныне) остались не у дел. И это коснулось всего предприятия. На конец 1991 года распределение занятости сотрудников НПО «Энергия» по основным темам находилось в таком соотношении:

— «Энергия-Буран»	— 48%;
— «Мир»	— 28%;
— универсальная космическая платформа (УКП)	— 16%;
— все остальное	— 7%.

Видно, что почти половина огромного коллектива НПО «Энергия» работала на МТКС. Казалось бы естественным, что после фактического прекращения работ по этой теме первым делом руководства было бы подключение освободившихся коллективов, а также поиск путей наиболее эффективного использования «бурановского» задела. Первое время в НПО «Энергия» в кооперации с основными разработчиками МТКС делались попытки реализовать «бурановский» задел в новых, более дешевых проектах, одним из которых был проект под названием «Малый Буран», или «Буран-М», представлявший собой значительно упрощенный транспортный корабль, выведение которого предполагалось осуществлять не ракетой «Энергия». Однако достойного продолжения эти работы не нашли, так же как и некоторые другие.

В такой ситуации руководство нашего приборно-управленческого куста практически ничего не сделало, чтобы осуществить организованное подключение высвободившихся коллективов к работам по другим темам, а посему начала происходить интенсивная эрозия этих коллективов. Специалисты стали устраиваться по принципу — кто как может. Многим помогла устроиться базирующаяся на территории НПО «Энергия» коммерческая организация «Газком», являвшаяся дочерним предприятием Газпрома. Наверное, это для многих стало лучшим выходом, учитывая, что зарплату опытным специалистам там давали в 2-3 раза выше, чем у нас. Отдельные специалисты перешли в отделы, занимавшиеся системой управления новой орбитальной станцией «Мир-2», многие вообще ушли с предприятия, в основном в коммерческие структуры, никак не связанные ни с управлением, ни с космической тематикой, т.е. стали частичками нарождающегося «дикого капитализма».

Надо сказать, что техническая структура и организация вычислительного комплекса «Бурана» существенно превосходила многомашинный и многоязычный конгломерат вычислительных средств летающей станции «Мир», а централизованная система отображения информации «Бурана», совмещенная с телевизионной системой, превышала по своим характеристикам и систему отображения информации корабля Space Shuttle. Поэтому на новой проектируемой орбитальной станции «Мир-2»,

которая должна была прийти на смену действующей станции «Мир», целесообразно было бы использовать этот «бурановский» опыт.

В связи с этим в инициативном порядке я подготовил ряд предложений по использованию в штатной системе управления некоторых технических решений из «бурановского» задела (введение электронного планшета, специализированных БЦВМ отображения информации, аппаратно-программных систем автоматизации программирования кадров индикации, интегрирования систем отображения информации с бортовой телевизионной системой и др.), с которыми вышел на руководителя работ по системе управления проектируемой станции «Мир-2» В.Н.Бранца. С ним и с его ведущими специалистами были проведены встречи и обсуждения этих предложений. Встречи не привели к конструктивным решениям по реализации предложений и нашему участию в этих работах. Никакой действенной работы по использованию и интеграции «бурановских» решений в проекте системы управления «Мир-2» не произошло. «Бурановские» коллективы (именно коллективы), оторвавшиеся от ДОСовской тематики, были для них теперь «инородными телами», впускать которые в сложившуюся организацию работ и в принимаемые технические решения не было ни желания, ни доброй воли. Этому способствовала и полная пассивность бывших руководителей работ по системе управления МТКС. После этого я стал искать другие пути внедрения в тематику «Мир-2».

Я познакомился с планами проведения различных экспериментов на станции «Мир-2» до 2000 года, среди которых было много экспериментов, связанных с наблюдением из космоса состояния земной поверхности, состояния атмосферы, оценки уровня загрязнения водных пространств и т.п., и подготовил предложения по организации на станции «Мир-2» целевого автоматизированного рабочего места оператора для экологического мониторинга Земли — ЦАРМ ЭМ.

Предложение было поддержано нашими проектантами, космонавтами, кураторами научной аппаратуры и ответственными сотрудниками Центра подготовки космонавтов. В таком рабочем месте оказались заинтересованы и военные, которые предлагали с его помощью решать и свои прикладные задачи. Однако дальнейшая проработка вопросов реализации ЦАРМ ЭМ показала, что при его интеграции с рабочими местами для решения других прикладных задач становится целесообразным расширение функций ЦАРМ ЭМ на другую научную и прикладную аппаратуру и создание единой системы управления, обработки данных и контроля функционирования прикладной и научной аппаратуры.

Это, наряду с улучшением массово-энергетических характеристик и снижением стоимости, сделает систему организационно прозрачной, с унифицированными информационными интерфейсами и программным обеспечением.

С этих позиций было подготовлено для представления генеральному конструктору Ю.П.Семенову «Положение по разработке бортовой системы управления, обработки данных и контроля функционирования прикладной и научной аппаратуры, устанавливаемой на орбитальном комплексе "Мир-2" (БСУ-ПАН)». В «Положении» были рассмотрены предпосылки создания такой системы, среди которых были такие основные аспекты, как:

— необходимость обеспечения эффективного участия экипажа станции в выполнении прикладных и научных задач с созданием стационарных рабочих мест операторов (СРМ) для централизованной координации работы и контроля функционирования всей прикладной и научной аппаратуры станции или

свободнолетающих модулей, оснащенных современными вычислительными средствами и средствами отображения информации, а также целевых нестационарных мест (ЦРМ), организуемых по мере необходимости в различных отсеках базового блока или модулей;

— большое количество и сложность прикладной и научной аппаратуры, устанавливаемой на ОК «Мир-2», требующей, с одной стороны, автономности функционирования БСУ-ПАН, а с другой — обеспечения надежного взаимодействия с контуром управления служебной аппаратурой (СУБК) и контуром управления движением (СУД);

— предполагаемое международное сотрудничество в использовании возможностей орбитального комплекса с установкой зарубежной электронной аппаратуры, что потребует организации на борту комплекса унифицированных информационных сетей и интерфейсов, в том числе и по протоколам, не имеющих прямых российских аналогов;

— необходимость применения в БСУ-ПАН бортовых вычислительных средств и программного обеспечения, отвечающих современным требованиям и мировому уровню и являющихся базой для перспективного развития и расширения в процессе функционирования ОК с сохранением заложенных конструктивных основ;

— целесообразность использования БСУ-ПАН для реализации ряда важных задач в интересах ОК в целом. К таким задачам в первую очередь предлагалось отнести задачу автоматизированного управления и контроля СЭС, включающую большое количество подсистем и приборов, распределенных по всем отсекам и модулям ОК, наращиваемую в процессе многолетнего функционирования и с необходимостью оперативного оптимального расчета баланса энергии на борту ОК;

— совместимость бортовых технических и программных средств с наземными средствами испытательных комплексов обеспечивающих создание новой технологии испытаний систем и ОК в целом.

В «Положении» предлагалась архитектура и основные информационно-логические связи системы, в том числе и распределенная трехуровневая организация вычислительных средств, похожая на ту, которая была на ОК «Буран», но с использованием новых вычислительных средств и перспективных информационных интерфейсов, таких как высокопроизводительная шина VME, последовательные RS-485, RS-422, помехоустойчивые опто-электрические связи, организации различных локальных вычислительных сетей.

Вычислительные средства системы предлагалось использовать отечественного производства, правда, с частичным использованием импортной элементной базы. Несмотря на развал электронной промышленности, ряд предприятий, в том числе и Зеленограда, готовы были сотрудничать с нами в этом проекте.

Таким образом, мы пытались работать в новых условиях. Однако резкое снижение государственного финансирования по космической тематике практически привело к прекращению работ по станции «Мир-2», несмотря на то что проект станции в 1992 году был уже разработан и впервые вбирал в себя лучшие отечественные достижения в построении орбитальных космических станций с учетом опыта, а также и просчетов, которые были допущены в предыдущих проектах (большой части по причине поспешности), в том числе и на станции «Мир».



В части вычислительных средств штатной системы управления на «Мире-2» ставка делалась на вычислительную систему «Салют-5Б» разработки НПО «ЭЛАС», которая уже работала на станции «Мир» и себя зарекомендовала неплохо.

Однако отсутствие средств толкало руководителей отрасли на принятие решений, которые шли вразрез с перспективными интересами страны. Работы по «Миру-2» были свернуты, и началась эпопея взаимодействия с американцами по созданию совместной международной космической станции. И главным теперь уже стали не наши национальные технические и политические интересы, а поиски за рубежом финансов на выживание пилотируемой космонавтики.

Формально проект «Мир-2» использовали при создании российского сегмента международной космической станции «Альфа», где основной финансовый вклад осуществляли американцы. Практически же российский базовый блок мало походил на проект «Мир-2». Предлагаемая нами БСУ-ПАН оказалась «слишком сложной и дорогой», а посему в российский базовый блок не попала. В части вычислительных средств в штатной системе управления на базовом блоке был совершен полный уход от отечественной техники в пользу импортных БЦВМ. Для нас же, «остатков бурановцев», закрытие работ по «Миру-2» означало новые поиски работ по тому же известному принципу — кто как может.

В 1992 году пришел призыв сверху — искать применение космического задела в земных условиях. А тем, кто не находил такого применения, был предложен к реализации лозунг: «Делайте что можете — мастерите, ремонтируйте, вяжите», короче, все, что найдете и что может принести какие-то денежки предприятию.

Действительно, кое-кто находил применение своим силам, дающие небольшой приварок к зарплате, но реального вклада предприятию практически не было.

В 1992 г. министерство распространило перечень работ по конверсии в интересах различных отраслей гражданской промышленности, в которых можно было бы использовать космические технологии, материалы, инженерный интеллект. Перечень был составлен по различным отраслям хозяйства.

Нашему начальнику отделения В.П.Хорунову приглянулись предложения в интересах топливно-энергетического комплекса, конкретно — в угольной промышленности. После ряда встреч с некоторыми начальниками этой отрасли, со специалистами отраслевого института угольной промышленности ЦНИИПодземмаш, мы договорились взять на себя работы по созданию «Комплекса дистанционного управления проходческого комбайна (КДУ)». Такой комбайн, работающий под землей в угольном разрезе, дистанционно управляемый с поверхности, был, как мы поняли, мечтой угольщиков. Человеческие потери в шахтах стали достигать очень внушительных цифр: в среднем на каждый миллион тонн добытого угля — одна человеческая жизнь. Надо сказать, что работа эта и по постановке, и по предполагаемой реализации, и по ответственности была очень серьезной и не уступала космическим разработкам.

Существенное отличие ее от нашей предыдущей космической деятельности состояло в том, что необходимо было разработать, провести испытания составных систем и выпустить комплект документации для серийного производства проходческих комбайнов на Пермском машиностроительном заводе. Как нас информировали, серийное производство комбайна (индекс его КП-25) должно было начаться с 1994 года, а уже к концу 1995 г. запланирован выпуск около 100 штук.

Руководителем проекта стал В.П.Хорунов. Меня назначили техническим руководителем работ по всему комплексу дистанционного управления проходческого комбайна. Техническое руководство со стороны ЦНИИПодземмаш осуществляли Е.Я.Уманский, Г.А.Борисов, А.Э.Макаренко. В ноябре 1992 года было утверждено ТЗ на комплекс дистанционного управления проходческого комбайна (КДУ ПК).

Для понимания степени сложности и ответственности работ по КДУ ПК приведу состав входящих в комплекс основных систем и аппаратуры:

- система командного управления, контроля и диагностики аппаратуры и агрегатов КДУ ПК;

- система управления движением комбайна и автоматического регулирования нагрузки исполнительного органа (ИО) с задачами;

- аппаратура управления перемещением центра масс комбайна для поддержания направления выработки;

- аппаратура определения положения ИО относительно системы координат, связанной с комбайном;

- аппаратура автоматического управления положением ИО для обеспечения выемки породы по заданному профилю;

- система гидравлических исполнительных органов (приводов) с задачами силового управления агрегатами комбайна по командам от блока автоматики или оператора;

- система дистанционного управления комбайном, включающая носимый пульт управления и уплотненные линии связи с задачей дистанционного управления работой агрегатов комбайна при испытаниях и штатной выработкой без выхода на поверхность;

- система отображения информации и органов ручного управления;

- система электропитания комплекса.

Как видно из вышеизложенного, по названию систем и задачам все очень похоже на систему управления космического аппарата. Существенное отличие в процессе разработки, естественно, кроме условий эксплуатации аппаратуры, состояло в том, что вся аппаратура КДУ ПК должна была разрабатываться во взрывобезопасном исполнении, и, как я уже упомянул выше, вся техническая реализация должна была рассчитываться на серийное производство.

Наша лаборатория взялись за разработку системы отображения информации и дистанционной передачи цифровых данных от комбайна на поверхность, включающие в свой состав аппаратные средства (матричный экран с блоком управления, пульт управления, прибор речевых сообщений, уплотненную линию информационного обмена данными с бортовым контроллером), а также программно-информационное обеспечение формирования команд управления, кадров индикации и отображения информации оператору, т.е. за работу, по тематике близкую к той, которой мы занимались на «Буране».

В ТЗ на КДУ ПК было записано требование о том, что разработка КДУ должна вестись с учетом перспективного развития этого направления, в том числе должны были быть сделаны проработки по беспроводной линии связи (радиоуправление), автоматического программного управления комбайном с возможностью гибкой и оперативной перенастройки программ проходки и режимов работы исполнительного органа.

Первоначально, в связи с очень сжатыми сроками работы и новизной для нас тематики, в нашем проекте не предполагалось широкое использование вычислительной техники универсального типа. Но по мере проработки аппаратной реализации КДУ, особенностей режимов работы ПК, требований по обеспечению диагностики и надежности, способов оптимизации управления ПК и режимов работы режущего рабочего органа, становилось очевидным, что в состав комплекса должны войти вычислительные средства.

Как технический руководитель работы, я познакомился с некоторыми зарубежными разработками проходческой техники Австрии, Германии, США и еще более убедился, что в состав КДУ нашего ПК вводить универсальные вычислительные средства необходимо. Причем эти средства надо было вводить как в бортовую часть ПК (опять пришел к бортовым ЦВМ!), так и в наземную часть. Встал вопрос: какие средства?

Коллективно решили, что попытаемся ответить на этот вопрос, взявшись за работу по созданию ЦВС КДУ ПК.

Надо было за короткое время определиться с задачами ЦВС, начать разработку ТЗ и понять, на какую технику ориентироваться. И все это надо было делать почти одновременно.

ЦВС КДУ ПК, включающая бортовую и наземные части, должна была обеспечить решение следующих основных задач:

— сбор и обработку в реальном масштабе времени данных с датчиков, приборов, исполнительных гидроприводов и исполнительного органа;

— реализацию алгоритмов управления движением комбайна и формирования команд управления исполнительным органом в соответствии с заданным профилем выработки породы;

— оперативный контроль работы ПК и реализацию алгоритмов диагностики с отображением информации на дисплее стационарного рабочего места управления ПК и на выносном пульте;

— хранение эталонных профилей выработки и характеристик породы для конкретных условий применения;

— обработку сигналов об аварийных и нештатных ситуациях, возникающих на комбайне, с выдачей рекомендаций на средства отображения по выходу из них;

— обеспечение оперативного ввода и коррекцию данных стандартных профилей в библиотеку профилей забоя и предельных границ выработки;

— хранение данных по работе ПК и его устройств для передачи на поверхность для последующей обработки.

Проведенный анализ существующей и разрабатываемой отечественной и зарубежной вычислительной техники применительно к использованию в условиях угольных шахт как на борту ПК, так и на поверхности показал следующее состояние.

1. Из имеющихся отечественных разработок бортовых ЦВМ космического применения наиболее подходящих, как нам казалось, для использования в проходческом комбайне по своим массово-габаритным и функциональным характеристикам, ни одна не могла быть применена целиком. Отдельные блоки БЦВМ разработки НПО «ЭЛАС» могли быть заимствованы, но потребовали бы конструктивных специальных доработок, а также дополнительных работ по комплексированию с другими элементами ЦВС. И даже тогда получение характеристик, необходимых для ПК, на существующей отечественной элементной

базе обеспечить в заданные сроки не представлялось возможным. К тому же стоял и вопрос организации серийного производства этой техники в определенном исполнении.

2. Немногочисленные факты применения ЦВМ на российских угольных шахтах и в близких к ним условиях (газодобыча, горные выработки, нефтедобыча) базировались на устаревшей отечественной элементной базе и аппаратуре, и то при менее жестких ограничениях по массе и конструктивному исполнению.

3. Довольно широкое применение вычислительной техники в угольной промышленности за рубежом как на борту проходческой техники, так и в стационарных вариантах на поверхности.

Широкое распространение получили за рубежом высокопроизводительные вычислительные средства, основанные на промышленном стандарте открытых модульных систем на основе шины VME, получившей к этому времени признание, сертификацию и очень широкое применение в военной и гражданской продукции различного назначения. С таким подходом уже были созданы проходческие комбайны в США, Германии, Швеции, Австрии. Наша страна фактически этой вычислительной техники не знала в основном потому, что она подпадала под существующий контроль на распространение в нашу страну стратегических товаров и новых технологий, который осуществлялся в рамках так называемой системы КОКОМ — международной организации стран НАТО и Японии, созданной с целью экспортного контроля над товарами и технологиями, запрещаемыми к ввозу в СССР и другие социалистические страны.

КОКОМ разработал стратегию «контролируемого технологического отставания», согласно которой техника и технологии могли продаваться в социалистические страны не раньше чем через четыре года после их серийного выпуска. КОКОМ составлял и регулярно обновлял специальные списки товаров для предотвращения продаж передовой техники и технологии в указанные страны.

При разработке ТЗ на ЦВС КДУ ПК была выработана концепция, в основе которой были следующие положения.

1. Создание ЦВС на основе открытой модульной системы, решающей поставленные в ТЗ на ПК задачи, включая и управление в реальном масштабе времени с возможностью расширения функций системы за счет наращивания аппаратных и программных модулей без доработок базовой конструкции.

2. Устойчивость аппаратных средств к физическому и моральному старению элементной базы путем блочной замены при переходе к новой элементной базе.

3. Возможность качественного увеличения производительности и функций ЦВС за счет превращения системы в многопроцессорную или сетевую структуру без изменения технических и программных принципов ее организации.

4. Обеспечение ремонтпригодности на уровне модулей непосредственно в местах эксплуатации ПК.

5. Минимальный вес аппаратуры, устанавливаемой на борту ПК с электрической мощностью, не превышающей допустимого уровня, с целью обеспечения взрывозащищенности типа «искробезопасная цепь».

6. Минимальные сроки приобретения технических и базовых программных средств системы из состава зарубежной серийной аппаратуры и программного обеспечения.

Проработка требований показала, что реализация изложенной концепции построения ЦВС обеспечивалась применением одноплатных компьютеров на базе процессоров Intel или Motorola и набора модулей, объединенных шиной VME с использованием операционной системы реального времени OS-9 (в развитии OS-9000). Сокращение VME (Versa Module Eurokard bus) обозначает «Еврокарта с Versa-модулем» — стандарт на компьютерную шину, первоначально разработанный для семейства процессоров Motorola 68000, а в дальнейшем расширенный на процессоры Intel и другие.

Этому решению способствовало и то, что в период проектирования КДУ ПК подход КОКОМ к экспорту товаров в страны СНГ и Восточной Европы смягчился, в том числе и на продукцию открытых вычислительных систем.

При проектировании системы и в процессе ознакомления с техникой открытых систем поражаало многообразие существующих в рамках VME-bus технических средств, на которых можно было строить цифровые структуры и системы практически для любой конкретной реализации.

Причем большинство аппаратных средств имело квалификацию на применение в военной и гражданской технике и выпускалось по открытому международному стандарту магистрально-модульных систем VME-bus.

Это был для нас новый уровень, и я бы сказал, даже открытие, потому что в отечественной космической технике бортовые вычислительные средства разрабатывались по ТЗ и ТУ на конкретные изделия и задачи. Пожалуй, только система ИВС «Салют-4» имела предпосылки создания открытого отраслевого стандарта на бортовую вычислительную технику.

Для выполнения работы по созданию КДУ ПК в октябре 1992 года был заключен договор между Заказчиком — Государственной корпорацией «Уголь России» и Исполнителем — Научно-производственным предприятием «Цель», являвшимся малым предприятием, соучредителем которого было и НПО «Энергия».

Это была наша первая работа, когда мы работали не от своего предприятия, а будучи сотрудниками НПО «Энергия», выступали как творческий коллектив в составе другого предприятия. Это было новой формой в нарождающихся рыночных отношениях. Наш Заказчик — Госкорпорация «Уголь России» тоже был новым образованием в системе бывшего и уже расформированного Министерства угольной промышленности. Работа в такой организационно-юридической форме добавляла обеим сторонам стимулы к активизации и повышению ответственности за конечные результаты работы, позволяла привлечь квалифицированных специалистов с дополнительной оплатой.

На основании календарного плана работ к договору был разработан, утвержден заказчиком и выпущен подробный план-график работ по созданию КДУ ПК, которым, в частности, предусматривалось, что после выпуска ТЗ на КДУ в феврале 1993 года мы должны были в конце сентября того же года поставить заказчику образец КДУ с комплектом ЭТД.

Деньги на работу давал Заказчик, и он же диктовал сроки работ. Заданный нам темп работ напоминал темп создания первых космических кораблей для полета к Марсу и Венере в начале 70-х годов. Делать было нечего — надо было работать и зарабатывать средства на выживание.

Разбираясь с открытыми вычислительными системами на базе VME-bus, я вышел на московскую, недавно организованную фирму RTSoft, которая тогда своей

главной задачей ставила продвижение в России международных стандартов и технологии аппаратно-программных средств открытых вычислительных систем на базе VME-шин. Естественно, что в то время вся работа этой фирмы базировалась на внедрении и применении зарубежной продукции. Я встретился с директором RTSoft Ольгой Викторовной Синенко, рассказал ей о задаче создания бортовой вычислительной системы с использованием аппаратных средств VME в рамках работы по созданию автоматизированного проходческого комбайна для угольной промышленности. Надо сказать, что Ольга Викторовна и ее сотрудники, среди которых были совместители и бывшие сотрудники НПО «Энергия» (например, Олег Школьный еще недавно был заместителем начальника ВЦ НПО «Энергия»), с большим интересом восприняли проект ЦВС КДУ ПК.

Для создания ЦВС нам было предложено ориентироваться на аппаратные средства, выпускаемые германской фирмой PER Modula Computers (PER MC), с которой у RTSoft уже стали складываться хорошие деловые отношения. Аппаратные средства фирмы PER MC были ориентированы на работу с операционной системой OS-9.

С участием сотрудников RTSoft структура ЦВС была формализована под конкретную номенклатуру вычислительных средств, выпускаемых PER MC. В частности, в качестве центрального был выбран процессорный модуль V386, который содержал полный набор персонального компьютера и обеспечивал эффективную организацию интерфейсов через уплотненные связи с системой отображения информации, а также с модулями для сбора и преобразования данных с систем ПК и выдачи на них управляющих команд.

С созданием ЦВС мы не укладывались в сроки, которые были предусмотрены договором с корпорацией «Уголь России», но получили их согласие на сдвиг сроков в части ЦВС, несмотря на то, что сама корпорация в конце 1992 года преобразовалась в новую структуру — госпредприятие «Россуголь».

Проект структуры ЦВС ПК и состав предполагаемых к использованию аппаратных средств через RTSoft был направлен фирме PER MC, а в начале 1994 года мы с О.В.Синенко встретились в Москве с президентом фирмы PER MC Стефаном Багински (Stefan Baginski) для обсуждения нашей возможной работы. Думаю, что С.Багински сам хотел познакомиться с представителем НПО «Энергия» и понять серьезность наших намерений.

По согласованию с В.П.Хоруновым я поехал на эту встречу, которая состоялась в конце февраля 1994 года в фойе гостиницы «Балчуг», была непродолжительной, но, на мой взгляд, результативной для всех сторон. Президент оказался очень симпатичным человеком, правда, русским языком он владел слабо, но мы с Ольгой Викторовной все-таки сумели объясниться на английском, расставшись с обоюдным желанием участвовать в этой работе.

Уже дней через десять на RTSoft пришел факс (для Customer: Energia) с перечнем конкретной аппаратуры, входящей в проект ЦВС ПК и ценой каждого прибора (модуля). Общая стоимость аппаратуры, включая LCD-дисплей фирмы Sharp для выносного пульта оператора, составляла 16 399 немецких марок. В переводе на рубли по курсу марта 1994 года это было 16 759,7 тыс. рублей и существенно превышало цену, предварительно согласованную с руководством корпорации «Уголь России», которое, однако, ранее подтверждало свое требование о необходимости разработки КДУ ПК на современном мировом уровне.

Нами были подготовлены два финансовых документа. Первый — проект дополнительного соглашения с Госпредприятием «Россуголь» об увеличении финансирования на разработку КДУ ПК и второй — проект договора НПФ «Цель» с фирмой RTSoft, через которую планировали производить поставки аппаратуры ЦВС от РЕР МС и комплексирование аппаратуры перед передачей в НПФ «Цель».

Одновременно с подготовкой договоров мы стали интенсивно готовиться к освоению новой техники вычислительных средств на базе VME-шины, проработке алгоритмов и программного обеспечения с учетом операционной системы OS-9 и освоению также новой для нас технологии подготовки штатных программ.

Однако, как говорится, человек предполагает, а Бог располагает: наши планы стали рушиться. На стадии согласования дополнительного соглашения к договору с Госпредприятием «Россуголь» там появились сотрудники, которые заявили, что работа становится очень дорогой, «вы в космических делах деньги не жалеете, а у нас их нет», и в таком духе проходили довольно непродолжительные обсуждения этого вопроса. Нам предложили на первом этапе образец КДУ сделать без ЦВС. Переубедить заказчика мы не сумели, несмотря на доводы (это мы убеждали угольщиков, а не наоборот!), что мировая проходческая техника развивается именно в таком направлении, на пути широкого использования вычислительной техники.

В конечном счете, дополнительные соглашения они не подписали и к разработке и изготовлению был принят максимально упрощенный проект КДУ ПК, в реализации которого наш коллектив участия не принимал. Первый образец КДУ был изготовлен и отправлен на Тульский машиностроительный завод, где прошел предварительные стыковочные испытания с некоторыми агрегатами и имитаторами ПК. После этого, как рассказали участники этой разработки, они к каким-либо последующим работам не привлекались.

Так неожиданно для нас закончилась в перспективе очень интересная, хотя и не космическая работа по созданию ЦВС и бортовой ЦВМ проходческого угольного комбайна. В космической отрасли в перестроечные годы страна понесла колоссальные потери, включая «Энергию-Буран», космическую электронику и многое другое, но главное — мы потеряли кадровый потенциал, на возрождение которого уйдут многие годы, если не десятилетия. А что дала конверсия в космической отрасли? Наша работа по КДУ ПК это показала.

Готовя материал по этому разделу книги, я заинтересовался вопросом: в каком состоянии теперь находится проходческая техника в угольной отрасли страны? Полез в Интернет и то, что я там нашел по состоянию на 2006 год, просто процитирую:

...Сейчас в России, вместо ранее выпускавшихся заводами СССР для нужд угольной промышленности, других горнодобывающих отраслей... шести моделей комбайнов... на потоке единственный массовый комбайн 1ГПКС... и ставится на промышленное производство базовая модель комбайна среднего класса КП-25. *(это тот комбайн, для которого мы хотели сделать современный КДУ в 1994 году! — Г.Н.)*

И далее:

...Отсутствие отечественных проходческих комбайнов... было восполнено импортом комбайнов западных зарубежных фирм и производства машиностроительных заводов Украины... Однако в период с 1990 по 2004 г. ни один из импортных комбайнов не окупился в эксплуатации... Для возрождения производства отечественных проходческих комбайнов необходимо практически

заново восстановить систему организации научных и конструкторских работ по созданию проходческой техники...

Тут комментарии излишни.

С прекращением работ по КДУ ПК, к сожалению, прервались и мои связи с фирмой RTSoft и ее уважаемым директором, хотя, как мне известно, некоторые подразделения РКК «Энергия» по другим направлениям успешно взаимодействуют с этой организацией и поныне.

С этого времени моя активная производственная деятельность по бортовым вычислительным машинам и сопутствующим средствам прекратилась, оставив не только воспоминания, в том числе и отраженные в настоящем труде, но довольно много реального бортового металла и горы документов, на мой взгляд, представляющих несомненный интерес и для старшего, и еще более для молодого поколения людей, посвятивших себя космической науке и технике, а возможно, и для каких-то действующих или вновь появляющихся космических музеев, отражающих развитие отечественной космонавтики.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С февраля 1956 года, когда я молодым специалистом вступил на землю «грабинского» ЦНИИ-58, прошло уже 55 лет. Но в здание это я неизменно продолжаю исправно ходить до сих пор.

В 2005 году мы переезжали с 1-го этажа старой части корпуса в новую, тоже «грабинскую», 6-этажную часть этого же корпуса, которую мы народной стройкой достраивали в 1958 году. И вот при этом переезде мне пришлось произвести ревизию хранившихся у меня многочисленных папок с документами и материалами (начиная с периода ядерной тематики), многих разработок лаборатории прошлых лет — от неиспользованных комплектов ПВУ для спускаемого аппарата на Венеру (1960 г.), фрагментов «Кобры» и «Вычислителя» до различных вариантов БЦВМ «Салют» и бортовых приборов, применявшихся на орбитальных станциях и корабле «Буран». Для меня этот переезд стал фактически экскурсом в мое прошлое. Возникло естественное желание и даже потребность сохранить события и воспоминания о тех годах работы, тем более что это были годы становления отечественной космической техники, спрятанные за завесой секретности и недоступные широкой общественности. Очевидно, что различные аспекты этого становления представляют интерес не только для специалистов, но и для многих соотечественников, которым не безразлично не только прошлое, но настоящее и будущее страны.

Воспоминания с воспроизведением обстановки и фона производственной жизни прошлых лет — это своего рода раскопки, по которым можно судить о цивилизации тех лет. Если не открыть этот пласт цивилизации с вещдоками, то ведь он может безвозвратно пропасть. А это существенно обеднит нашу жизнь.

В книге не приводится обзор современной вычислительной техники и БЦВМ, функционирующих на космических аппаратах наших дней и проектируемых к установке в ближайшей перспективе. Думаю, что это лучше и предметно могут сделать молодые сотрудники предприятий, работающие в области космических информационных технологий.

Но хочу отметить, что, перестав заниматься непосредственно бортовой вычислительной техникой, я, тем не менее, в процессе проектирования и разработки других бортовых систем для новых космических аппаратов, автоматических или пилотируемых, для функционирования которых требовались БЦВМ, всегда обращал и продолжаю обращать внимание на создаваемый для аппарата бортовой цифровой вычислительный комплекс, его задачи, характеристики, выбор головного разработчика. И как-то невольно сравниваю с теми БЦВМ и цифровыми приборами, в создании которых принимал непосредственное участие со своим коллективом, и оцениваю современные возможности предприятий, создающих эту технику.

При этом за почти 18 лет моих наблюдений я убедился, что состав задач, решаемых БЦВМ на этих аппаратах, практически мало изменился со времени «Кобры» и БЦВМ «Салют». Изменилось качество решения задач и техническая реализация современных бортовых вычислительных средств, которые очень близко, следуя известному закону — предсказанию Гордона Мура, сделали революционный рывок.

По сравнению с нашей первой микроэлектронной БЦВМ «Салют-1» или БЦВМ «Аргон-11С» основные характеристики современных БЦВМ и других устройств — объемы оперативной и постоянной памяти, производительность, скорости обмена

данными с внешними абонентами, объемы памяти для хранения данных и архивов, надежность — увеличились на 4-5 порядков и даже более.

Качественно меняются системы отображения и ручного управления на пилотируемых кораблях с возрастанием роли программного обеспечения — «мягких средств». Менее внушительно, в 3-7 раз, происходит уменьшение массы вычислительных средств — сказывается влияние силовых электрических, механических и тепловых интерфейсов аппаратуры. Мало изменились, а в ряде случаев даже увеличились характеристики цифровых приборов в части электрической мощности, что стало следствием работы на значительно более высоких частотах, поэлементного резервирования и повышения помехоустойчивости за счет увеличения разрядности.

Можно смело сказать, что сегодня уровень проникновения информационных цифровых технологий в различные системы и решаемые задачи на космических аппаратах определяет технический облик, возможности и интеллект всего аппарата.

На мой взгляд, крайне важно, чтобы эта интеллектуальная начинка наших современных и перспективных космических аппаратов определялась отечественной элементной базой и отечественной аппаратурой, как это реализовывалось в 60-90-х годах прошлого века.

Развал СССР привел и к развалу электронной промышленности страны. Электронные гиганты типа НПО «ЭЛАС» перестали существовать. Правда, генеральный директор этого предприятия Г.Я.Гуськов в начальный период развала сам стал инициатором создания на базе своего предприятия более мелких фирм определенного тематического направления, которые, сумев пережить смутные времена, стали фактически центрами возрождения отечественной микроэлектроники.

Такой процесс коснулся и бортовой вычислительной техники. Линия БЦВМ «Салют» возродилась и продолжает развиваться, в том числе в НПО «ЭЛАК» в Зеленограде, которое, можно сказать, стало частичным правопреемником НПО «ЭЛАС». Генеральным директором НПО «ЭЛАК» является бывший первый заместитель Г.Я.Гуськова — В.Н.Филатов, а известные разработчики БЦВМ И.Д.Якушев, В.В.Мельшиян и другие продолжают трудиться на этом предприятии.

Разработаны и выпускаются БЦВМ космического применения на Зеленоградском предприятии ФГУП «Субмикрон». С удовлетворением отмечаю, что на космические аппараты ОАО РКК «Энергия» возвращается вычислительная техника разработки преемников НПО «ЭЛАС».

ЦВМ-101 (ФГУП «Субмикрон») уже заняла место в системе управления и летает на модернизированном транспортном корабле. Разработки этого предприятия предлагается использовать и в новых перспективных пилотируемых комплексах.

Бортовая вычислительная техника, в том числе и космического применения, развивается и на других предприятиях страны: в Смоленске, Москве, Ижевске, Санкт-Петербурге, Томске.

В конце 2009 года в Зеленограде прошла регистрация нового предприятия НПО «ЭЛАС», в который волеется ОАО «Завод "Компонент"».

Это знаменательный шаг к возрождению былого НПО «ЭЛАС». Ведь завод «Компонент» был составной частью НПО «ЭЛАС», на котором изготавливались многие цифровые приборы для нашего и других предприятий космической отрасли.

Хотелось бы надеяться, что отечественная электронная промышленность в ближайшие годы поднимется в полный рост и на новых космических аппаратах будут летать и успешно работать отечественные БЦВМ.

В настоящее время в ОАО РКК «Энергия» им.С.П.Королева под руководством первого заместителя Генерального конструктора, члена-корреспондента РАН Е.А.Микрина сложился, на мой взгляд, профессионально сильный, достаточно молодой и творческий коллектив, ведущий весь комплекс работ по БЦВМ и другим цифровым приборам. Можно надеяться, что этот коллектив сумеет завоевать ведущие позиции в создании и применении цифровых вычислительных систем на изделиях предприятия.

## СОКРАЩЕНИЯ

1Н6110 — наземная испытательная станция  
«2С» — элементная база  
2СТ — комплекс приборов  
АБ-85М — бортовое печатающее устройство «Адонис» — система  
АИС — автоматизированная испытательная станция  
АН — автономная навигация  
АНС — система автономной навигации  
АЛ — активный прибор  
АСУ — автоматизированная система управления  
БВС — бортовая вычислительная система  
БД — бортовая документация  
БИС — бортовая информационная система  
БИУС «Узел» — боевая информационно-управляющая система «Узел»  
БСУ-ПАН — бортовая система управления прикладной и научной аппаратурой  
БУК — блок управления конфигурацией  
БЦВК — бортовой цифровой вычислительный комплекс  
БЦВМ — бортовая цифровая вычислительная машина  
ВВС — Военно-воздушные силы  
ВЗУ — внешнее запоминающее устройство  
ВКУ — бортовое видеоконтрольное устройство  
ВМФ — Военно-морской флот  
ВПК — военно-промышленная комиссия  
ВП МО — военная приемка Министерства обороны  
ВЧ — высокочастотная связь  
ГЗУ — голографическое запоминающее устройство  
«Дельта» — система автономной навигации  
ДИРС — доплеровский измеритель радиальной скорости  
«Диск» — система  
ДОС — долговременная орбитальная станция  
ДОС — дисковая операционная система  
ДРС — система дальней радиосвязи  
ЕС ЭВМ — единая серия ЭВМ  
ЗИП — запасное имущество прибора  
ЗУ — запоминающее устройство  
ИВК — информационно-вычислительный комплекс  
ИВС — информационно-вычислительная система  
«Игла» — система стыковки  
ИО — исполнительные органы  
ИСЗ — искусственный спутник Земли  
КА — космический аппарат  
КДУ ПК — комплекс дистанционного управления проходческого комбайна  
КИА — контрольно-испытательная аппаратура  
КИК — контрольно-испытательный комплекс  
КИС — контрольно-испытательная станция

КО — космический объект  
«Кобра-1» — язык программирования  
КРЛ — командная радиолиния  
КСУДН — комплекс управления движением и навигации  
«Курс» — система навигации и сближения  
ЛКИ — летно-конструкторские испытания  
МИ — матричный индикатор  
МКРЦ — система морской космической разведки и целеуказаний  
МКС — Международная космическая станция  
ММО — модуль межинтерфейсного обмена  
МО — модуль обмена  
МОГ — межотраслевая оперативная группа  
МОЗУ — магнитное оперативное запоминающее устройство  
МТКС — многоразовая транспортная космическая система  
НИБ — научно-исследовательское бюро  
НИР — научно-исследовательская работа  
НКУ — наземный комплекс управления  
ОЗУ — оперативное запоминающее устройство  
ОК — орбитальный корабль  
ОКБ — опытное конструкторское бюро  
ОКР — опытно-конструкторская разработка  
ОПС — орбитальная пилотируемая станция  
«Орбита» — цифровой динамический стенд  
ОРВ — орбитальный радиовысотомер  
ОТК — отдел технического контроля  
ПАН — пульт автономной навигации  
ПВИ — прибор выдачи информации  
ПВУ — программно-временное устройство  
ПЗ — представитель заказчика  
ПЗУ — постоянное запоминающее устройство  
ПП — пассивный прибор  
ПРВУ — пульт ручного ввода уставок  
ПРО — противоракетная оборона  
ПСИ — приемо-сдаточные испытания  
ПУ «Свет» — пульт управления космонавта «Свет»  
«Рассвет» — бортовое широкоформатное печатающее устройство на термобумаге  
РВУ — ручной ввод уставок  
РН «Протон» — ракета-носитель «Протон»  
РН «Энергия» — ракета-носитель «Энергия»  
СБИ — система бортовых измерений  
СВЧ — сверхвысокая частота  
СЕВ — система единого времени  
СЕП — система единого питания  
СОИ — система отображения информации  
СОИ-ОУ — система отображения информации и органов управления  
СОКБ — Специальное опытное конструкторское бюро

СОТР — система обеспечения теплового режима  
СОУД — система ориентации и управления движением  
«Спектр» — прибор программно-временного управления  
СРВ — счетно-решающий блок  
СРМ — стационарное рабочее место оператора  
«Стек» — система  
«Строка» — печатающее устройство  
СУ — система управления  
СУБК — система управления бортовым комплексом  
СУД — система управления движением  
СУДН — система управления движением и навигации  
СУЗ ЯЭР — система управления и защиты ядерных экспериментальных реакторов  
СЦКиУ — система централизованного контроля и логического управления бортовыми системами  
СЦКиУ КА — система централизованного контроля и управления КА  
СЦКОиУ — система централизованного контроля и управления  
СЭС — система электроснабжения  
ТЗ — техническое задание  
ТК — технический комплекс  
ТМК — тяжелый межпланетный корабль  
ТО — техническое описание  
ТТЗ — тактико-техническое задание  
УИВК — унифицированный информационно-вычислительный комплекс  
УКП — универсальная космическая платформа  
УМ-1НХ — управляющий вычислительный комплекс  
УМ-2М — управляющая машина  
УПФ — универсальный помехоподавляющий фильтр  
ЦАРМ ЭМ — целевое автоматизированное рабочее места оператора для экологического мониторинга Земли  
ЦВМ — цифровая вычислительная машина  
ЦВС — цифровой вычислительный стенд  
ЦЦА — цифровой дифференциальный анализатор  
ЦДС — цифровой динамический стенд  
ЦКОиУ — система централизованного контроля и управления  
ЦРМ — целевое нестационарное рабочее место  
ЦУП — центр управления полетом  
ЧП — частная программа  
«Электроника К-201» — управляющий комплекс  
ЭА-006 — ВЗУ на магнитной ленте  
ЭЛИ — электролюминесцентная лампа  
ЭП — эскизный проект  
«Эридан» — прибор  
ЭТД — эксплуатационно-техническая документация  
ЭЯР — экспериментальный ядерный реактор  
ЯВОД — язык внутреннего представления данных

ЯП — язык программирования  
ЯЭУ — ядерная энергетическая установка  
VME — шина обмена — Versa Module Eurokard bus

## ОРГАНИЗАЦИИ

ВИА им. Ф.Э.Дзержинского — Военно-инженерная академия имени Ф.Э.Дзержинского  
ВНИИП — Всесоюзный научно-исследовательский институт приборостроения, Ленинград  
ВНИИЭП — Всесоюзный научно-исследовательский институт электроизмерительных приборов, Ленинград  
ГКРЭ — Государственный комитет по радиоэлектронике  
ГКЭТ — Государственный комитет по электронной технике  
ГНИИ КМ МО — Государственный НИИ космической медицины министерства обороны  
ГОИ МОП — Государственный оптический институт  
ГОМЗ — Загорский оптико-механический завод  
ГУП НПЦ «ЭЛМИС» — Государственное унитарное предприятие Завод № 123, Уфа  
Завод «Арсенал»  
Завод «Компонент», Зеленоград  
Завод «Микроприбор», Зеленоград  
Завод «Пластик», Москва  
Завод «Прогресс», Самара  
Завод САМ, Москва  
Завод им. М.В.Хруничева, Москва  
ЗФИА — Запорожский филиал института автоматики  
ЗЭМ — завод экспериментального машиностроения, Королёв  
ИАТ — Институт автоматики и телемеханики  
ИПМ АН СССР — Институт прикладной математики АН СССР  
ИПУ АН СССР — Институт проблем управления АН СССР  
ИТМ и ВТ АН СССР им. С.А.Лебедева — Институт точной механики и вычислительной техники им. С.А.Лебедева  
ИЯФ — Институт ядерной физики, Обнинск  
КБ-2 — Конструкторское бюро-2, Ленинград  
КБ им. О.К.Антонова, Киев  
КБ им. С.А.Лавочкина, Химки  
КБ ПМ, Красноярск  
КБ «Рубин», Ленинград  
КМЗ — Красногорский механический завод  
КНИИТМУ — Калужский НИИ телемеханических устройств  
КМЗ — Киевский радиозавод  
ЛВИКА им. А.Ф.Можайского — Ленинградская военно-инженерная краснознамённая академия им. А.Ф.Можайского

ЛИИ — Летно-испытательный институт им. М.М.Громова,  
г.Жуковский М.О.  
ЛИАП — Ленинградский институт авиационного приборостроения  
ЛИТМО — Ленинградский институт точной механики и оптики  
МАИ — Московский авиационный институт  
МАП — Министерство авиационной промышленности  
МВТУ им. Н.Э.Баумана — Московское высшее техническое училище  
им. Н.Э.Баумана  
МИФИ — Московский инженерно-физический институт  
МОМ — Министерство общего машиностроения  
МОП — Министерство оборонной промышленности  
МРП — Министерство радиопромышленности  
МЭИ — Московский энергетический институт  
МЭП — Министерство электронной промышленности  
НИБ-11 — Научно-исследовательское бюро-11  
НИИАП — Научно-исследовательский институт автоматики  
и приборостроения  
НИИВК — НИИ вычислительных комплексов  
НИИГРП — НИИ газоразрядных приборов, Рязань  
НИИМП — НИИ микроприборов, г. Зеленоград  
НИЭМ ГКРЭ — Научный институт электронных машин ГКРЭ  
НПО «Молния» — научно-производственное объединение  
НПО «Радиоприбор», Киев  
НПО «ЭЛАС», Зеленоград  
НПО «ЭЛАК», Зеленоград  
НПО «Электроприбор», Харьков  
НПО «Энергия», Королёв  
НПО «ЭНСИ», Королёв  
НПО АП — НПО автоматических приборов, Москва  
НПО ПМ — НПО прикладной механики, Красноярск  
ОАО РКК «Энергия» — ракетно-космическая корпорация «Энергия»  
им.С.П.Королёва  
ОКБ ЛИИ — Особое конструкторское бюро летно-испытательного  
института, Жуковский  
ОКБ ЛПИ — ОКБ Ленинградского политехнического института  
ОКБ МЭИ — ОКБ Московского энергетического института  
ОКБ-1, Королёв  
ОКБ-52, Реутов М.О.  
ОКБ-156  
ОКБ-692  
ОПМ МИ им. В.А.Стеклова АН СССР — Отделение прикладной  
математики математического института им. В.А.Стеклова АН СССР  
ПО «Монолит» — производственное объединение «Монолит», Харьков  
ПО «Светлана» — производственное объединение «Светлана», Ленинград  
СКБ-245 — Специальное конструкторское бюро №245  
СМ — Совет министров  
СЭВ — Совет экономической взаимопомощи



СЭМЗ — Солнечногорский электромеханический завод  
ЦКБ Красногорского механического завода  
ЦКБЭМ — Центральное конструкторское бюро экспериментального  
машиностроения ЦКБМ (ОКБ-52)  
ЦНИИ-30 МО — Центральный научно-исследовательский институт  
Монино М.О.  
ЦНИИ-58 МО, Калининград М.О. (Королёв)  
ЦНИИ-88 МОМ  
ЦНИИмаш — Центральный научно-исследовательский институт  
машиностроения, Королёв  
ЦСКБ — Центральное специализированное конструкторское бюро, Самара



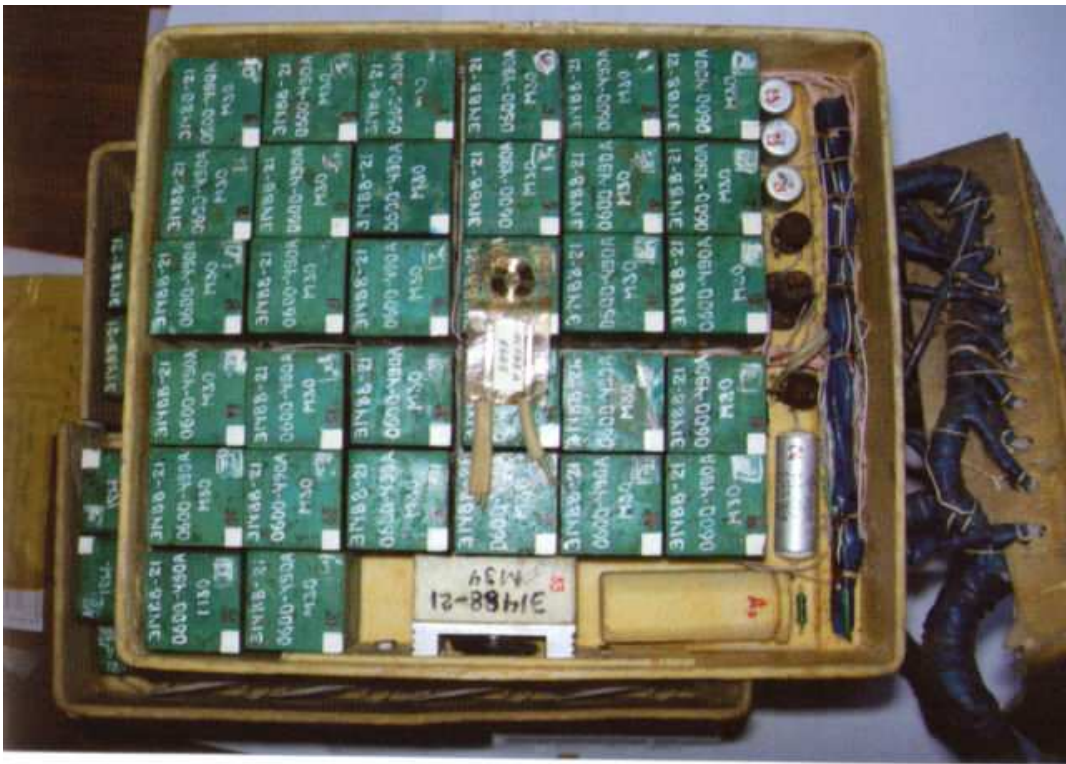
*Пульт «Свет».  
Вид со стороны герметического блока электроники*



*Платы программно-вычислительного устройства 2234  
космических аппаратов 2МВ, 3МВ*



*Сборка плат электроники приборов ПВУ и макета БЦВМ «Кобра»  
в блок («коробочку»)*



*Платы технологического комплекта  
БЦВМ «Вычислитель»*



*Блок постоянной памяти БЦВМ «Вычислитель»*





*Платы блока управления БСВМ «Вычислитель»*



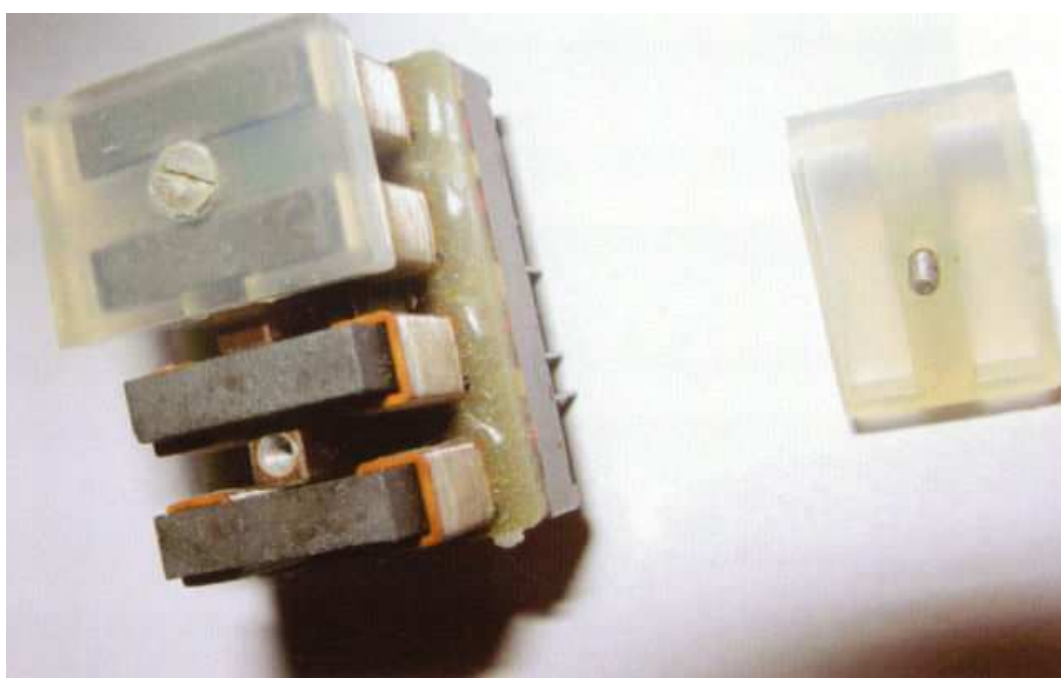
*Оперативная память БСВМ «Вычислитель».  
Технологический образец Уфимского завода*



*Прибор ручного ввода уставок  
в БЦВМ «Аргон-11С» корабля Л1*



*Пульт управления БЦВМ «Салют-2М»*



*Модуль постоянного запоминающего устройства (ПЗУ)  
БЦВМ «Салют-2М», «Салют-3»*

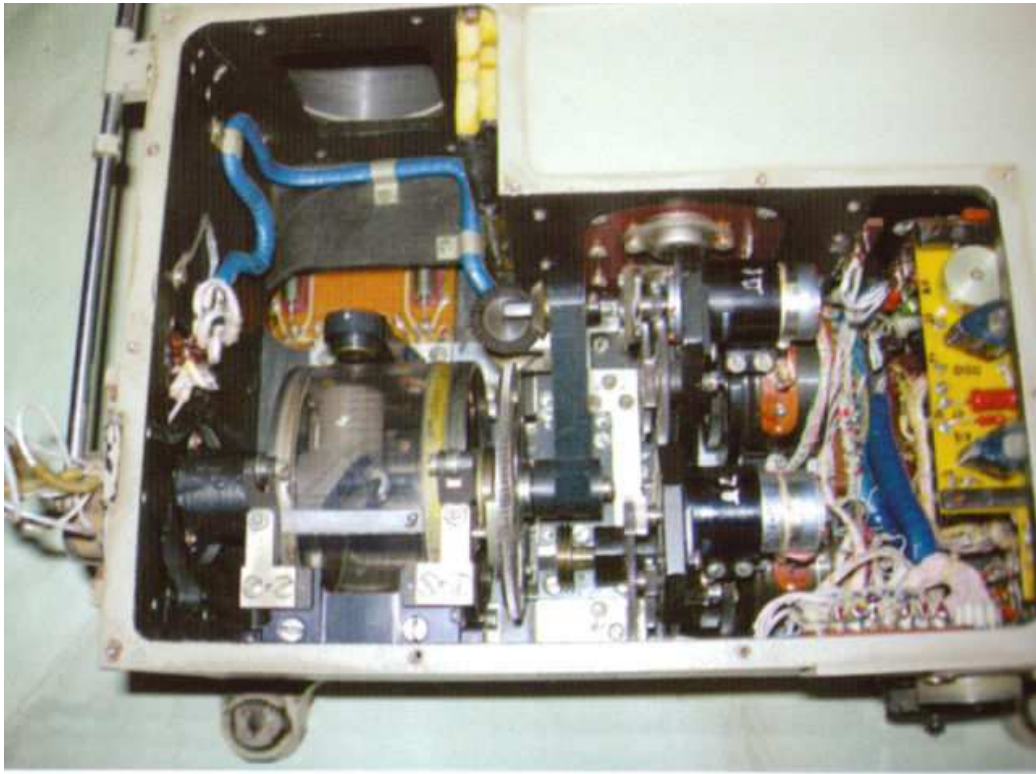




*Жгут прошивки ПЗУ БЦВМ «Салют-2М», «Салют-3»  
(команды, константы)*



*Прибор выдачи информации «Эридан»*



*ПВИ «Эридан». Вид со снятой нижней крышкой на оптический барабан с микроленкой (Б) и приводами*



*Бортовое печатающее устройство «Рассвет»*