

ОС ДИСПАК В РАЗРАБОТКЕ КОСМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА «МИР»

Александр Иванович Немецков¹, Николай Евгеньевич Балакирев²,
Светлана Александровна Зельдинова³

¹Пензенский филиал АО «НТЦ «Атлас», Москва, Российская Федерация, nai-kant@rambler.ru

²Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Москва, Российская Федерация, balakirev1949@yandex.ru

³Независимый исследователь, Москва, Российская Федерация, svzel@yandex.ru

Аннотация – В статье кратко рассказывается об использовании операционной системы (ОС) ДИСПАК машин БЭСМ-6 [1] при создании космической станции «Мир», одной из важнейших научно-производственных задач космических программ СССР. Представленная в статье информация основана на непосредственном научно-практическом участии одного из авторов в создании пилотируемой космической станции «Мир» (ПКС «Мир»). Коллективом разработчиков были созданы системы разработки, автономной и комплексной отладки штатного (бортового управляющего) программного обеспечения ПКС «Мир» на базе бортовой цифровой вычислительной машины (БЦВМ) «Салют-51», комплексной отработки функционирования аппаратно-программных средств в процессе полного цикла эксплуатации станции, системы принятия решений при возникновении нештатных ситуаций в процессе эксплуатации космического комплекса и другие подсистемы. Стоит отметить, что открытые публикации и отчеты по данному вопросу отсутствуют. С учетом срока давности можно открыть некоторые детали этих разработок и отметить значимость и важность использования многоплановой функциональности ОС ДИСПАК [2] в процессе разработки аппаратно-программных средств ПКС «Мир».

Ключевые слова – БЭСМ-6, ОС ДИСПАК, БЦВМ, БЦВК, ПКС «Мир».

I. ВВЕДЕНИЕ

В 60-х-80-х годах прошлого века в СССР интенсивно и очень широко проводились работы по созданию космических систем различного назначения и в том числе по созданию автоматических и пилотируемых космических станций.

Особое внимание при этом уделялось цифровым человеко-машинным системам, размещаемым на пилотируемых космических аппаратах. Размерность таких систем требовала нового системного подхода к созданию, отработке, испытаниям и эксплуатации. Основными положениями этого подхода, которые требовалось реализовать, были:

- комплексная наземная экспериментальная отработка аппаратно-программных средств бортовых цифровых вычислительных комплексов (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.

Говоря об истории создания космических аппаратов, нельзя не рассказать об одном из крупнейших приборостроительных предприятий МЭП. Ордена Ленина НПО «ЭЛАС» было образовано на базе НИИ микроприборов (НИИМП), завода «Компонент», Конаковского завода «Микроприбор» и Солнечногорского электромеханического завода.

История НПО «ЭЛАС» началась с приходом в качестве директора НИИ микроприборов Г.Я. Гуськова – Героя Социалистического Труда, лауреата Государственной премии. Крупный специалист в области космического приборостроения, Геннадий Яковлевич сумел в короткие сроки сориентировать коллектив НИИ микроприборов в этом направлении. В НИИ и на завод «Компонент» были приглашены специалисты из разных районов Москвы и области. Основными направлениями в работе НИИ стали:

- создание вычислительных средств космического пользования радио;
- создание радиотехнических систем передачи информации и связи;
- создание технологии и конструкции космических приборов.

Определились и основные заказчики: Самарское Центральное специализированное конструкторское бюро (ЦСКБ) во главе с дважды Героем Социалистического Труда Д.И. Козловым.

В начале 1980-х годов НПО «ЭЛАС» было поручено создание трёх сложнейших вычислительных комплексов для создаваемой станции «Мир». С этой целью в НИИ микроприборов были разработаны две новые БЦВМ – «Салют-5Б» и «Салют-51». В качестве заводов – изготовителей составных частей комплексов – были подключены Харьковский приборостроительный завод и Киевский радиозавод. Сборка комплексов осуществлялась на заводе «Компонент», регулировку и сдачу комплексов проводили специалисты НИИ микроприборов. Работы были выполнены в срок. Созданные комплексы полностью обеспечивали работоспособность станции «Мир» более 10 лет.

Генеральной линией Г.Я. Гуськова была ориентация на космическое цифровое приборостроение для головного предприятия космической отрасли, каковым и считалось ЦСКБ Д.И. Козлова. Естественно, основой таких систем была цифровая аппаратура, разработанная в НИИМП. Обеспечению надежности и живучести космических аппаратов уделялось особое внимание. Ведь дело касалось пилотируемых космических аппаратов длительного существования. Необходимы были экстраординарные решения, обеспечивающие возможность выполнения системой основных функций даже при наличии отказов в ее отдельных составляющих. Большие трудности при подготовке систем имелись в комплексной отладке и отработке функционирования аппаратно-программных средств станции.

Велись проектные работы по долговременным станциям следующего поколения. По БЦВМ для новой станции основное содержание проектных работ заключалось в следующем:

1. Коррекция и отработка бортового программного обеспечения с учетом добавления новых функций, наборов статистических данных и расширение перечня тестовых программ;

2. Создание, совершенствование и модернизация отладочного стенда с доведением его до состояния, обеспечивающего не только автоматизированную отладку технических и программных средств системы, 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 в процессе эксплуатации космической станции.

Была создана операционная система БЦВМ «Салют-51» – 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.

Функционирование вычислительного комплекса на базе БЦВМ «Салют-51» показало хорошую для того времени 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 БЦВМ 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.

В 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.

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 выполнения таких грандиозных задач усилиями руководства НИИМП произошло оснащение предприятия ЭВМ БЭСМ-6. Они становились основой вычислительных средств нашего Вычислительного центра, и практически всех задач по моделированию и отладке бортовых программ.

Один из авторов, молодой специалист, выпускник факультета ВМК МГУ, сразу же после окончания учебы попал в центр данных событий. С учетом выполнения курсовой и дипломной работы (научный руководитель В.Ф. Тюрин) в рамках ОС ДИСПАК для ЭВМ БЭСМ-6 руководством НИИМП на него были возложены сначала задачи по созданию вычислительного центра космического объединения «ЭЛАС», а затем и лаборатории по разработке программных средств для создания, комплексной отладки и отработки аппаратно-программных средств ПКС «Мир».

Таким образом, приведенные ниже сведения основаны на непосредственном практическом многолетнем опыте разработчика и руководителя работ по созданию наземного комплекса (далее – НКО С-5) для разработки, автономной и комплексной отладки всего комплекса аппаратно-программных средств ПКС «Мир».

II. ПРИМЕНЕНИЕ ОС ДИСПАК ДЛЯ ЗАДАЧ НКО САЛЮТ-5

Параллельно с созданием БЦВМ интенсивно велись работы по созданию алгоритмов и программ для решения функциональных задач космической станции «Мир».

В том числе:

- «Салют-5 – Система автоматизации программирования и автономной отладки программных модулей» (САПО С-5);
- Диспетчер комплексной отладки штатного программного обеспечения и отработки аппаратно-программных средств станции «Мир», включая многозадачный режим;
- Диалоговая система сопровождения программ комплекса аппаратуры станции «Мир»;
- Диспетчер моделей (имитационное моделирование комплекса бортовой микроэлектронной аппаратуры) и регистрации функционирования аппаратных средств станции «Мир», включая систему тестового и сервисного режимов работы;
- Система архивации и документирования комплексной отработки штатного функционирования аппаратно-программных средств станции «Мир»;
- Система защиты информации информационных потоков в комплексе аппаратно-программных средств, функционирующих в реальном времени;
- Система принятия решений при возникновении нештатных ситуаций в процессе эксплуатации станции «Мир».

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, не менее важная, сторона дела.

Основа для создания наземного комплекса отладки бортового (штатного) программного обеспечения, включая средства разработки, автономной и комплексной отладки программ управления аппаратными средствами станции, наработки поведенческого моделирования аппаратных средств станции на весь период эксплуатации, а также системы анализа состояния аппаратно-программных средств в процессе работы станции и принятия решений по восстановлению функционирования станции при возникновении аварийных (нештатных) ситуаций обеспечивалась многомашинным комплексом ЭВМ БЭСМ-6 [1] с ОС ДИСПАК [2-6], в которую были включены специально разработанные в ней системы экстракодов (системных функций) [7-8].

Указанные системные функции стали базовой основой для решения проблем организации больших программных комплексов реального времени в системах специального назначения обработки информации и управления. То есть по факту ОС ДИСПАК выполняла роль операционной системы реального времени.

Исходя из задач, стоящих перед разработчиками НКО С-5, на базе комплекса БЭСМ-6 с ОС ДИСПАК был создан комплексный стенд, объединивший все целевые функции разработки, автономной и комплексной отладки программных средств, включая модули ОС БЦВМ, множество программно-математических модулей имитаторов работы всех составных частей ПКС «Мир» (множество датчиков состояния всех составных частей станции, телеметрическая и управляющая информация и т.д.).

Общая структура взаимодействующих в реальном масштабе времени компонентов ПО наземного комплекса отладки (НКО) С-5 для БЦВМ С-51 схематично показана на рис. 1. (Примечание. По каждой

компоненте программных средств, изображенных на рисунке, существовал целый перечень недоступной и в настоящее время документации). При этом были разработаны:

- использовавшееся САПО С-5 для всего семейства БЦВМ «Салют», включая «Салют-51»;
- диспетчер и диалоговая система сопровождения комплексной отладки штатного программного обеспечения и отработки аппаратно-программных средств станции «Мир», включая многозадачный режим (разработан одним из авторов);
- огромное множество программно-математических модулей, имитирующих функционально работу всех аппаратных элементов ПКС (разработано усилиями специалистов ЦСКБ);
- система архивации и документирования комплексной отработки штатного функционирования аппаратно-программных средств станции «Мир» (разработана совместными усилиями специалистов НИИМП и ЦСКБ);
- система защиты информации информационных потоков в комплексе аппаратно-программных средств, функционирующих в реальном времени (разработана совместными усилиями специалистов НИИМП и ЦСКБ);
- система принятия решений при возникновении нештатных ситуаций в процессе эксплуатации станции «Мир» (разработан совместными усилиями специалистов НИИМП и ЦСКБ).

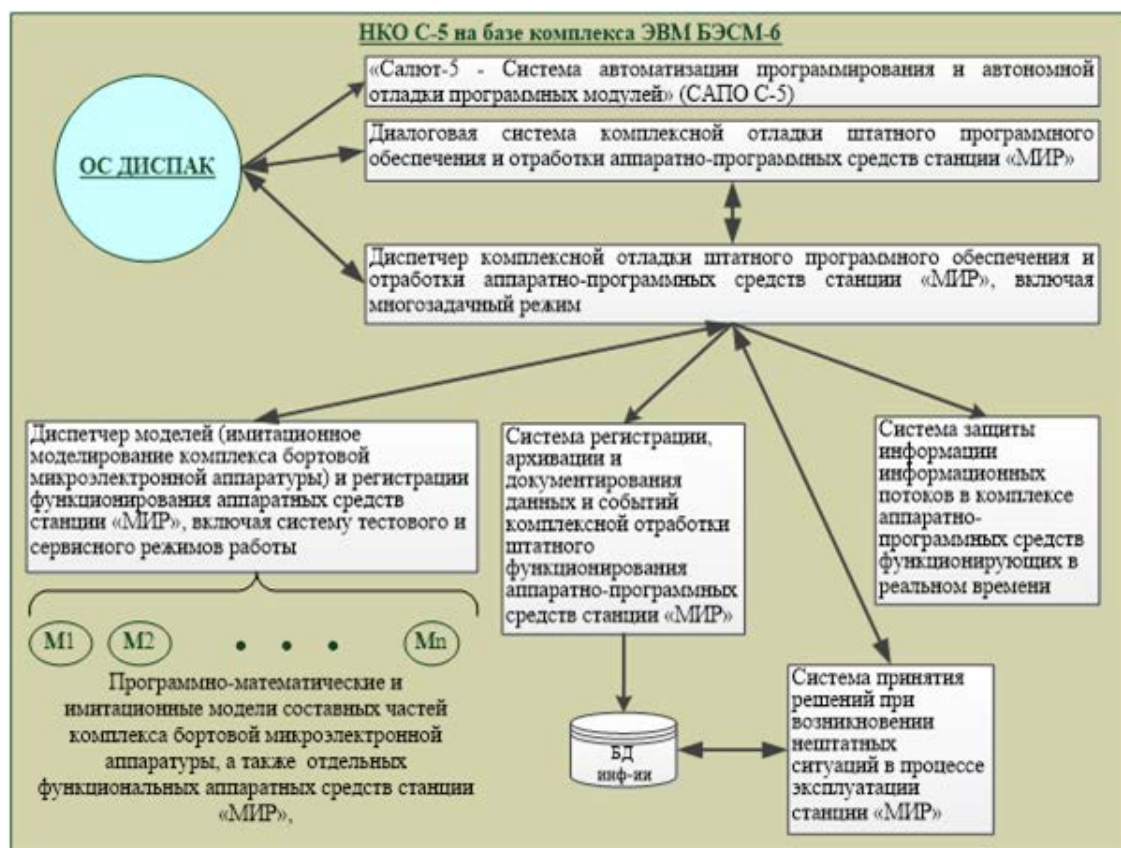


Рис. 1. Общая схема программных компонент ПО НКО С-5

Стенды НКО С-5 на базе комплексов БЭСМ-6 с ОС ДИСПАК были созданы и в НИИМП, и в ЦСКБ. Оба стенда были аналогичны. В стенде ЦСКБ дополнительно была реализована возможность использования по необходимости вместо программно-математических моделей, имитирующих функционально работу аппаратных элементов ПКС, реальных аппаратных средств.

Основную функцию по организации многозадачного режима реального времени выполнял диспетчер и диалоговая система сопровождения НКО. При этом в полной мере использовались все функциональные возможности ОС ДИСПАК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный НКО С-5 позволил в плановые сроки разработать, провести автономную отладку программных средств, комплексную отработку аппаратно-программных средств ПКС «Мир», обеспечить функционирование станции в течение многих лет.

Все это было выполнено благодаря усилиям разработчиков НИИМП, ЦСКБ, а также широчайшим функциональным возможностям ОС ДИСПАК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. БЭСМ. <https://ru.abcdef.wiki/wiki/BESM-6>
2. Бокова И.Д., Зельдинова С.А., Зуев В.И. и др. Операционная система Диспак для БЭСМ-6. М.: ИПМ АН СССР, 1973. 80 с.
3. Зельдинова С.А., Зуев В.И., Кошкина Л.В. и др. Инструкция пользователю по работе с операционной системой Диспак для БЭСМ-6. М.: ИПМ АН СССР, 1973. 60 с.
4. Зельдинова С.А., Паремский М.В., Тюрин В.Ф. Некоторые базовые возможности ОС ДИСПАК. М.: ИПМ АН СССР, 1976. 79 с.
5. Балакирев Н.Е., Зельдинова С.А., Копытов М.А. и др. Руководство пользователю по работе с операционной системой ДИСПАК. М.: ВЦ АН СССР, 1982. 128 с.
6. Тюрин В.Ф. Операционная система Диспак. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы. 1985. 336 с.
7. Тюрин В.Ф. События и асинхронные процессы в главной и подчиненной задачах в ОС ДИСПАК. М.: ИТМиВТ, 1980. Препринт № 13. 20 с.
8. Зельдинова С.А., Тюрин В.Ф. Экстракоды ОС ДИСПАК для системных программистов. М.: ИТМиВТ, 1983. Препринт № 15. 33 с.