

## РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ БОРТОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ ПУНКТОВ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Виталий Иосифович Штейнберг<sup>1</sup>, Виктор Андреевич Шпиев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>АО «НИИ «Аргон», Москва, Российская Федерация, [argon@argon.ru](mailto:argon@argon.ru)

<sup>2</sup>АО «НИИ «Аргон», Москва, Российская Федерация, [otdel23@list.ru](mailto:otdel23@list.ru)

**Аннотация** – В докладе представлена история разработок бортовых цифровых вычислительных комплексов, проводимых в НИИ «Аргон» для воздушных командных пунктов стратегического управления (ВзПУ) вооруженными силами страны. Приведены их технические характеристики.

**Ключевые слова** – НИИ «Аргон», бортовые ЦВМ, БЦВМ, воздушные командные пункты, НИЦЭВТ, бортовые вычислительные комплексы.

### I. ВВЕДЕНИЕ

С середины 1960-х годов работы по созданию бортовых средств вычислительной техники начали проводиться широким фронтом благодаря успехам электронной промышленности. В Научно-исследовательском институте электронных математических машин (НИЭМ) в эти годы были разработаны и первые образцы БЦВМ, положившие начало комплексу БЦВМ «Аргон». С включением НИЭМ в 1968 году в состав вновь созданного Научно-исследовательского центра электронной вычислительной техники (НИЦЭВТ), работы по бортовой тематике были продолжены, а в 1985 году на базе комплексного отделения НИЦЭВТ по бортовой тематике был образован НИИ «Аргон» (1350 человек) – институт по разработке бортовых ЦВМ и комплексов. В работах по созданию комплекса БЦВМ «Аргон», наряду с коллективом института, до начала 1990-х годов активное участие принимали Кишиневский (около 900 чел.) и Дальневосточный (около 400 чел.) филиалы. К подготовке и сопровождению производства были подключены в разное время специалисты СКБ десяти заводов СССР, на которых шло серийное производство БЦВМ и комплексов для приоритетных систем вооружения.

### II. КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ КОМАНДНЫХ ПУНКТОВ

Одним из серьезных направлений работ, порученных коллективу НИЦЭВТ стало задание по разработке бортовых вычислительных комплексов для воздушных командных пунктов стратегического управления (ВзПУ) вооруженными силами. ВзПУ по существу представляет собой летающий штаб. Состав боевого расчета ВзПУ входят оперативные и тактические группы. Главное его достоинство – высокая маневренность в пространстве. ВзПУ стратегического управления предназначен для применения в условиях оперативного развертывания войск, отсутствия наземной инфраструктуры, а также в случае выхода из строя наземных пунктов управления, узлов и линий связи.

НИЦЭВТ, имевший уже значительный опыт работ по созданию бортовых ЦВМ и комплексов для ракетно-космических, авиационных и мобильных объектов, был подключен к работам по ВзПУ в конце 1978 года. В качестве унифицированной БЦВМ для бортового цифрового вычислительного комплекса ВзПУ «Звено» Приказом Минрадиопрома от января 1982 года была определена базовая межвидовая БЦВМ А-50, производство которой для авиационных объектов в последующем было развернуто на Брестском электромеханическом заводе.

Для ВзПУ «Звено» первой очереди было разработано два двухмашинных вычислительных комплекса 65с728 и 65с728.01. Технические характеристики А-50 и периферийного оборудования вычислительных комплексов 65с728 и 65с728.01 приведены на рис. 1 и рис. 2.

ВзПУ Ил-80, построенный на базе транспортного самолета Ил-86 был создан в 1992 году (аналог американского ВКП Боинг Е4В). Было изготовлено 4 самолета. В ходе эксплуатации ВзПУ первой очереди вычислительные комплексы были модернизированы в части замены внешних устройств, обеспечивающих ввод, хранение, регистрацию информации, на БЦВМ ЕА-2164.03.

С 1996 года, в рамках выполнения технических заданий по разработке вычислительных средств программного аппаратного комплекса автоматизации и средств технической связи для ВзПУ второй очереди (изделие 83т120-01) «НИИ «Аргон» разработал базовую вычислительную машину. Базовая бортовая машина имеет защищенную от воздействия внешних факторов конструкцию с универсальной вычислительной архитектурой.

В архитектуру базовой машины заложены технические принципы открытости, универсальности и модульности, в основе которых лежат: унифицированный блок электропитания, универсальный

вычислительный модуль, ряд специальных модулей ввода/вывода информации и съемный накопитель информации. Реализация данных принципов позволила спроектировать 10 модификаций бортовых вычислителей в едином конструктиве. Технические параметры универсального бортового вычислителя для комплексов связи и автоматизации имели высокие значения – частота микропроцессора 400 МГц, ОЗУ 128 Мб, графическое разрешение 800×600. На тот момент только вычислительный модуль архитектуры I86 позволял создать БЦВМ с заданными техническими параметрами. Разрешение по применению данного вычислительного модуля было принято в установленном порядке.

### Технические характеристики А-50

Система команд	полный набор команд ЕС ЭВМ-1, дополненный командами вычисления синуса, косинуса и обратной величины числа
Типы данных	байт, слово (16 разрядов), двойное слово (32 разряда)
Разрядность команд	16 и 32 разряда
Система прерывания	многоуровневая
Машинный цикл	250 нс
Быстродействие	2 млн. оп./с (формат RR)
Производительность (смесь Гибсон ЗЕ)	0,54 млн. оп./с
Емкость кэш-памяти	4 Кб
ОЗУ	выполнено на БИС 565РУ5, время выборки — 120–250 нс, емкость — 4 и 16 Мб
Емкость ПЗУ микропрограмм	272 Кб
Количество каналов ввода-вывода	4
Суммарная пропускная способность каналов ВВ	монопольный режим — 4 Мб/с, байт-мультиплексный режим — 600 Кб/с
Группы эксплуатации	1.7, 1.8 , 3.1.1 и 3.3.1 по ГОСТ В 20.39.304, 305, 306
Вибрационные нагрузки	до 5g (от 0 до 2000 Гц)
Одиночные удары	до 20g
Относительная влажность	до 98%
Пониженное давление	до 200 мм рт. ст.
Диапазон рабочих температур	от -10 до 50°С
Габариты, мм	процессор — 640x620x581 мм, пульт управления — 680x483x391 мм
Масса	140 кг
Потребляемая мощность	1000 Вт
Наработка на отказ	800 ч
Время восстановления	30 мин

Рис. 1. Технические характеристики А-50

Внешнее постоянное ЗУ	
емкость	2x512 Кб
скорость считывания	500 Кб/с
время сохранения информации	1000 ч

Кассетный накопитель на магнитной ленте (главный конструктор Клепинин В. С.)	
емкость	4x2 Мб
среднее время доступа	60 с
пропускная способность	15 Кб/с

Накопитель на цилиндрических магнитных доменах (главный конструктор Смирнов Р. В.)	
емкость	2x2 Мб
время выборки	7 мс
время записи	100 с
пропускная способность	40 Кб/с

Рис. 2. Технические характеристики периферийного оборудования комплексов 65с728 и 65с728.01

На рис. 3 представлен базовый образец – изделие EA2170.



Рис. 3. Базовое изделие бортового вычислителя EA2170

Созданная аппаратно-программная платформа бортовых вычислителей обеспечивает функционирование под операционными системами ИНТРОС В, QNX 4.25 и РТ ДОС. На базе бортовых вычислителей разработаны автоматизированные рабочие места для построения взаимодействия операторов связи ВЗПУ в различных диапазонах радиосвязи с наземными, морскими, воздушными и космическими объектами. Прием, обработка и формирование управляющих приказов ВЗПУ осуществляется благодаря аппаратно-программному управлению комплексов связи (11 АРМ) и автоматизации (14 АРМ), рис. 4. Для каждого комплекса разработаны -система электропитания, средства оптоволоконной связи.

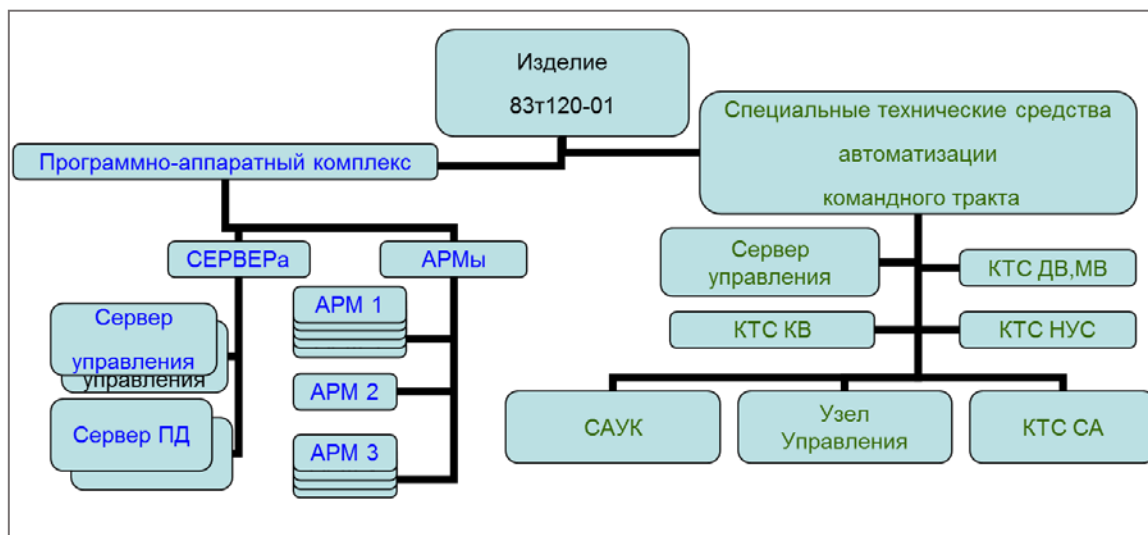


Рис. 4. Структурная схема аппаратно-программной платформы изделий ПАК и СТСА КТ

Были проведены предварительные, межведомственные, государственные наземные испытания, подтвердившие соответствие требованиям технического задания. В период с 2006 по 2008 годы на площадке ВАСО (г. Воронеж) успешно были выполнены технологические работы по монтажу технических средств на объект.

### III. ЛЕТНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ ПРОВЕРКИ

Параллельно с созданием объекта ВЗПУ проводились работы по подготовке к летно-испытательным проверкам изделия. Были изготовлены технические средства из состава группового ЗИП, технологические стенды базовых автоматизированных рабочих мест комплексов. Для обеспечения

технической поддержки и резервного обслуживания объекта ВЗПУ изготовлен второй комплект технических средств изделия 83Т120-01.

В связи с тем, что время разработки и создания объекта увеличивалось по ряду организационных и финансовых причин возникла необходимость модернизации вычислительного ядра бортовой машины, с целью увеличения производительности основных серверов и надежности функционирования. Была модернизирована система электропитания, внедрено экстренное звуковое оповещение, повышена в четыре раза производительность вычислительных средств, заменены накопители на жестких магнитных дисках на накопители на флэш-памяти.

С учетом положительных результатов предварительных испытаний технических средств ВЗПУ, в рамках выполнения работ по проектированию вычислителей для вертолета и самолета управления и ретранслятора с 2004 года начались работы по созданию бортовых вычислителей нового архитектурного ряда – изделия EA2171 (рис. 5).



Рис. 5. Двухпроцессорный бортовой вычислитель. Базовое изделие EA2171

В состав базового блока многофункционального бортового вычислителя входят: блок питания EA6138; процессорный модуль O25 (1 ГГц, 2 ГБ ОЗУ, 64 Мбайт видеопамати); сервисный модуль EA4173; унифицированные специальные контроллеры ввода-вывода. Разработано 15 типов изделий. Модули и контроллеры имеют формат 6U. Операционные системы: МСВС 3.0, КРДА.00002-01.

На базе двухпроцессорных бортовых вычислителей созданы комплексы со 100 МБ медной и оптической средой передачи данных на основе серверов баз данных с сетевыми функциями (СУПД), защищенных специальных бортовых компьютеров комплекса средств автоматизации (СБК КСА) и высокоэффективных специальных бортовых компьютеров комплекса средств связи (СБК КСС), функционирующие в среде реального времени.

Разработанные комплексы предназначены для решения следующих задач:

- решения информационно-логических задач;
- отображение информации в графическом режиме;
- файловый обмен между СУПД и СБК вычислительного комплекса;
- информационный обмен с внешними абонентами изделия;
- командный обмен с абонентами изделия;
- устойчивое и непрерывное управление связью;
- оптимизация процессов сбора, обработки и выдачи информации.

#### IV. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ВЕРТОЛЕТА И САМОЛЕТА УПРАВЛЕНИЯ

Работы по созданию вычислительных комплексов для вертолета и самолета управления и ретранслятора были выполнены в объеме предварительных, межведомственных и государственных наземных испытаний. Однако из-за отсутствия готовности объектов для установки вычислительных средств, дальнейшие работы были приостановлены.

С целью совершенствования и модернизации бортовых вычислителей на современной элементной базе, в рамках выполнения государственных контрактов с Минпромторгом РФ, были разработаны

бортовые, отказоустойчивые вычислители и комплексы, объединенные высокопроизводительной оптоволоконной средой передачи информации.

Разработанный комплекс для автоматизированного выполнения возлагаемых на бортовые вычислительные компьютеры задач, организован в отказоустойчивый кластер «повышенной готовности» базируемый на следующих принципах:

- высокопроизводительная, модульно-ориентированная, многозадачная сетевая среда, состоящая из отдельных функциональных подсистем, связанных между собой стандартными информационными интерфейсами;
- распараллеливание во времени процесса обработки информации в неоднородных по своей организации и характеристикам вычислительных средствах;
- модульная организация программно-аппаратного обеспечения, ориентированная на эффективное выполнение конкретных информационно-логических задач;
- повышенная надежность за счет возможности реконфигурации структуры в случае возникновения отказов в вычислительных средствах или функциональном бортовом оборудовании;
- возможность модернизации и наращивания числа функциональных подсистем бортового оборудования на базе созданных информационно-технических структур и интерфейсов;
- наличие высокопроизводительной гигабитной, резервируемой сетевой среды ввода-вывода информации из стандартных и специальных интерфейсов, функционирующей под гарантированной системой электропитания;
- универсальность и унификация технических средств БВС, позволяющая снизить стоимость технического обслуживания.

Разработка отказоустойчивого комплекса явилась также предметом технологии создания специального, отказоустойчивого, высокопроизводительного, модифицируемого БВК со встроенной гигабитной волоконно-оптической средой передачи информации для авиационных и мобильных объектов автоматизации и управления.

Информационные технологии играют важную стратегическую роль, так как они позволяют:

- активизировать и повышать эффективность использования информационных ресурсов, материалов и оборудования, людских ресурсов и социального времени;
- обеспечивают информационное взаимодействие людей, способствуют распространению технической информации;
- оптимизируют и автоматизируют информационные процессы на всех этапах жизненного цикла изделий вычислительной техники;
- позволяют реализовать методы информационного моделирования аппаратных процессов, что обеспечивает прогнозирование критических ситуаций при проектировании бортовых вычислительных комплексов.

Необходимость внедрения ИТ для развития вычислительных средств объясняется требованиями к сокращению сроков проектирования и подготовки производства для выпуска новых и модернизируемых изделий, уменьшению затрат на проектирование и производство, снижению стоимости обслуживания изделий в эксплуатации.

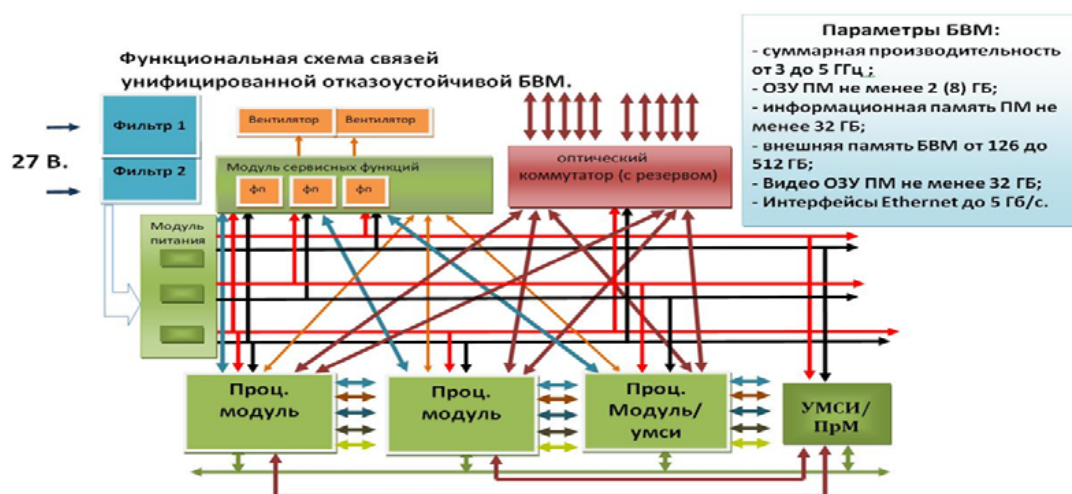


Рис. 6. Архитектура универсального отказоустойчивого модифицируемого бортового вычислителя



В АО «НИИ «Аргон» на основании системного подхода реализованы основные составляющие промышленной технологии создания инновационных БЦВМ на основе широкого внедрения автоматизации, в том числе созданы:

- программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий автоматизированное проектирование вычислительной техники;
- информационная сеть – транспортная среда обмена результатами проектирования между участниками конвейера проектирования;
- производственная составляющая предприятия, основанная на использовании современного высокопроизводительного и автоматизированного оборудования;
- инфраструктура, в которой возможно эффективное функционирование комплекса «проектирование – производство».

Создан базис для обеспечения единой информационной среды проектирования-изготовления на основе эффективных высокопроизводительных систем автоматизированного проектирования с возможностью моделирования схем и внедрения результатов проектирования непосредственно в производство. В результате электронного проектирования технических средств по разработанной технологии был изготовлен бортовой вычислитель, представленный на рис. 6.

#### V. ВЗПУ ТРЕТЬЕЙ ОЧЕРЕДИ

Научно-технический задел, полученный при разработке бортовых вычислительных средств второй очереди, включая вертолеты и самолеты управления и ретрансляции, при выполнении в последние годы перспективных ОКР по заданиям Минпромторга РФ был положен в основу эскизно-технического проекта по созданию высокопроизводительных отказоустойчивых бортовых вычислительных комплексов для ВЗПУ третьей очереди. Этапы развития базовых бортовых вычислителей для ВЗПУ представлены на рис. 7.



Рис. 7. Этапы развития базовых бортовых вычислителей

#### VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создание сложного объекта управления, каким является ВЗПУ, требует значительного времени и финансовых затрат. Важным вопросом является срок службы данного объекта, так как цикл морального старения технических средств имеет тенденцию к сокращению, а объем и перечень решаемых задач к увеличению. Для обеспечения отработки и оценки производительности вычислительных средств, с целью экономии финансовых затрат при выполнении ОКР, целесообразно иметь постоянно модернизируемые стенды и технические тренажеры по отработке и проверке новых технических решений для выполнения штатных задач в составе комплекса в режиме реального времени.

Для обеспечения развития бортовых вычислительных комплексов необходимо продолжить исследования в части:

- расширения спектра каналов ввода-вывода информации, обеспечивающих повышение пропускной способности;
- внедрения в вычислительные комплексы устройств обработки криптографической информации;
- интеграции в вычислительные комплексы защищенных хранилищ информации;
- создания устройства интеллектуальной обработки входной информации;
- внедрения технических решений миниатюризации модулей с использованием технологии системы на кристалле.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусов Е.Л., Ремешков Ю.И. Развитие отечественной техники авиационной радиосвязи // Динамика радиоэлектроники-2. Под ред. Ю.И. Борисова. М.: Техносфера, 2008. С. 5-24.
2. Михайлов В.А., Штейнберг В.И. История создания и развития комплекса БЦВМ «Аргон» // История отечественной электронной вычислительной техники. Под ред. А.С. Якунина. М.: Издательский дом «Столичная энциклопедия», 2014. С. 276-282.
3. Шпиев В.А. Вопросы методологии построения унифицированных базовых вычислительных средств для БВК // Радиопромышленность. Вып.2. М., 2009. С. 87-94.
4. Штейнберг В.И. Элементная база – основа динамики развития БЦВМ комплекса «Аргон» // Динамика радиоэлектроники. Под ред. Ю.И. Борисова. М.: Техносфера, 2007. С. 331-342.