

**Интегрированная СОИ космического корабля "Союз-ТМА"  
и пульт ручного контура управления  
Российского сегмента МКС «Альфа»**

**Ю.А. Тяпченко, главный конструктор ЗАО НТЦ «Альфа-М» г. Раменский, ведущий научный сотрудник НИИ авиационного оборудования, г. Жуковский**

В настоящей статье частично использован материал доклада<sup>1</sup>, который был подготовлен и сделан автором на МАКС-99, как научно-техническим руководителем работ по СОИ ПКА "Союз-ТМА" и МКС, от имени:

- Ю.С. Карпов – д.т.н., лауреат ленинской премии, начальник отдела РКК «Энергия»,
- Е.И. Бондарев – начальник отделения 11 НИИАО, ведущий по СОИ «Нептун-МЭ» от НИИАО и ООО «Альфа-М»
- Ю.Ф. Александров, А.И. Корнев и В.И. Безроднов – начальники лабораторий НИИАО, ведущие по направлениям от НИИАО и ООО «Альфа-М»,
- А.Г. Журавлев – ведущий программист ЛИИ, совместитель в НИИАО и ООО «Альфа-М», главный разработчик программного обеспечения СОИ «Нептун-МЭ».
- В.Л.Захаров, М.В. Великовский, А.В. Белков, ктн Е.К.Никонов – ведущий научный сотрудник, Н.А.Новикова. - ведущие специалисты НИИАО, совместители в ООО «Альфа-М».
- В.В.Бирюков – начальник сектора и А.С. Мисютин – ведущий специалист РКК «Энергия».

Все работы по созданию СОИ ПКА «Союз-ТМА» и МКС выполнены временными творческими коллективами, которые создавались и финансировались ООО «Альфа-М» (директор В.Г. Кривоклякин, А.Е. Цветков).

На начальном этапе проектирования НИИАО работало по прямым договорам с РКК «Энергия», а ООО «Альфа-М» - с НИИАО. На всех остальных этапах работы велись ООО «Альфа-М» по договорам с РКК «Энергия», а НИИАО - с ООО «Альфа-М», зарегистрированной в г. Раменское (не путать с известной фирмой «Альфа-М» г. Жуковский).

Изготовление изделий было обеспечено производством под руководством Ю.Е. Масловского, благодаря энергии и опыту которого в рамках отделения 2 НИИАО в кратчайшие сроки оно было создано на базе коллектива руководимой им лаборатории 25 отделения 2, с возвращением ряда высококвалифицированных рабочих, ранее ушедших из НИИАО, привлечения к работам по совместительству высококвалифицированных рабочих опытного производства НИИАО.

В реанимации производства большую роль сыграли главный инженер НИИАО Е.В. Гостев и позитивное отношение к этому процессу начальника института.

Создание ООО «Альфа-М» и указанная схема работы были предложены автором и поддержаны главным конструктором С.А. Бородиным, начальником НИИАО Б.М. Абрамовым и согласованы с руководством РКК «Энергия».

ООО «Альфа-М» было учреждено ведущими специалистами НИИАО в области пилотируемой космонавтики, в том числе главным конструктором С.А. Бородиным и его заместителем С.Т. Марченко, начальником отделения 11 НИИАО Е.И. Бондаревым<sup>2</sup> и др.

---

<sup>1</sup> Доклад на английском языке представлен на данном сайте.

Вызвано это было совершенно неудовлетворительным на тот период финансовым состоянием НИИАО, когда средства, поступавшие от РКК «Энергия» по космическому направлению, бесследно растворялись и не доходили по назначению.

Пульты нового поколения «Нептун-МЭ» и ИнПУ впервые были представлены на МАКС-99 в рамках экспозиции ООО «Альфа-М», затем на МАКС-2001 в совместной с НИИАО экспозиции. В 2003 и 2005 г.г. ЗАО НТЦ "Альфа-М" – правопреемник ООО "Альфа-М" в авиасалонах участия не принимало.

На МАКС-2005 в экспозиции НИИАО был представлен пульт космонавтов корабля «Союз-ТМА», в котором электролюминесцентные видеомониторы фирмы «Planag» заменены на жидкокристаллические, созданные предприятием «Русская авионика».

Следует отметить, что на начальном периоде проектирования СОИ для ПКА "Союз-ТМА" рассматривались варианты пульта на основе плазменных панелей (ПП) разработки НИИГРП «Плазма» г. Рязань, вакуумно-люминесцентных панелей (ВЛП) НПО «Волга» г. Саратов и ЖКИ г. Фрязино.

Несмотря на героические усилия руководства НИИГРП по сохранению и развитию достижений в области ПП отработка и производство ПП затягивались.

Панель на основе ВЛИ практически была готова, поэтому СОИ для антропометрического макета корабля "Союз-ТМА" был разработан и изготовлен на основе ВЛП и цветного видеомонитора на ЭЛТ. Ниже показан макет этого пульта.

При рассмотрении проекта для штатных кораблей "Союз-ТМА" стало очевидным, что выпуск ВЛП для ПКА не будет обеспечен, и тогда был предложен вариант пульта на основе ЖКИ или ЭЛИ и зарубежной вычислительной технике.



С выбором вычислительной техники определились не сразу. Рассматривалось два основных варианта: на основе стандартов VME и Micro-PC. Остановились на втором.

По ЖКИ. В тот период ни в России, ни за рубежом (США, Канада, Япония) фирмы не брались за создание видеомонитора на основе ЖКИ с учетом требований работы в вакууме за приемлемую для нас цену.

---

<sup>2</sup> Следует отметить, что вышеуказанные учредители и В.И. Безроднов, сыграли роковую роль в развале сложившейся схемы работы, уничтожении традиций отделения 2 НИИАО, в свертывании научной деятельности в области СОИ пилотируемой космонавтики и др.

Так, одна из канадских фирм, при содействии В.Н. Сучкова (заместитель начальника НИИАО), бралась за свой счет создать ЖК-монитор для работы в вакууме с последующей поставкой нам с ценой 24000\$ за каждый<sup>3</sup>.

Но мы вынуждены были отказаться от этого предложения из-за их высокой стоимости. Для нас это были фантастические деньги, а представить данную работу, как вклад космического агентства Канады в создание МКС, не удалось.

От имени Российского общества информационных дисплеев – SID, членом которого является автор, его видным представителем В.В. Беляевым, были сделаны запросы ряду известных ученых США, Японии и других стран о возможности создания ЖКИ для работы в вакууме и при повышенном давлении.

Ответы не поступили<sup>4</sup>, а потому был принят вариант с ЭЛИ-мониторами, панели для которых выпускала одна из фирм Финляндии, а электронику, которая превращала панель в видеомонитор, – ф. Planar США.

Гарантий о работе в вакууме фирма не давала, но, зная конструкцию ЭЛИ-панелей и имея большой опыт создания и применения ЭЛИ, мы были уверены в том, что ЭЛИ-мониторы должны работать как в вакууме, так и при повышенном давлении по «определению». Все это в последующем было подтверждено положительными результатами заводских испытаний пульта, в котором устанавливались ЭЛИ-мониторы.

Согласование других технических вопросов и поставки вычислительной техники и видеомониторов обеспечивались ф. Prosoft (г. Москва), для которой заказы космонавтики не являлись коммерчески выгодными. Фирма работала с большой ответственностью ради своего имиджа. Нас это устраивало.

Как средство отображения, цветные ЭЛИ - мониторы позволяют создавать СОИ, отвечающие всем требованиям эргономики. Основным их недостаток низкое качество отображения телевизионной информации на монохромном индикаторе (16 градаций серого) и недопустимо низкое - при использовании цветного ЭЛИ ( 7 цветов).

Специалисты фирмы «Видеоскан» г. Москва (М. Семин, В. Майоров, Л. Овчинников и др.) создали видеопроцессор, который обеспечивал на монохромном (основной) и на цветном (резервный) индикаторах приемлемое отображение ТВ-информации для решения задачи сближения и стыковки.

Применение полноцветного ЖК-видеомонитора позволяет существенно повысить качество отображения телевизионной информации.

Несмотря на многие трудности, которые возникли в НИИАО по различным причинам, есть надежда, что модернизированный на основе ЖК-мониторов пульт будет внедрен на ПКА.

---

<sup>3</sup> Для справки: ЭЛИ - монитор стоил 1200 долларов США.

<sup>4</sup> Вскоре стало очевидным, что задачу создания видеомонитора на основе ЖКИ для работы в вакууме можно было решить, но для этого требовалось бы больше времени и денег. Ни того, ни другого у нас не было.

В целом история создания СОИ ПККА «Союз-ТМА» и МКС заслуживает отдельного описания, так как является драматичной и вместе с тем, по мнению автора, типичной в условиях перехода от социализма к капитализму.

Типична она тем, что в ней участвуют руководители, которые с одной стороны поняли, что процесс перехода к новым формам деятельности неизбежен, а с другой – не могут вписаться в этот процесс, не могут смириться с тем, что некомпетентность в науке и технике, неспособность увидеть свое место в новых условиях и другое не могут быть компенсированы властными полномочиями, данными им ранее советской и партийной властями.

В нашем опыте, наряду с созданием систем нового поколения, мы получили ответы на ряд вопросов, которые частично могут отрудности переходного периода:

- Как, оказавшись в режиме прострации, опустившиеся на самое дно руководители, не отрываясь от дна, остаются во главе коллективов?
- Как руководители, основным занятием которых является функция сексотов (сбор информации о всех и донос ее со своей интерпретацией начальникам, от которых они зависят) всю жизнь могут оставаться в роли заместителей руководителей или главных конструкторов первого типа?
- Как и почему начальники отдела кадров, профсоюзные лидеры и юристы, поддерживая друг друга, помогают расправляться с лидерами, неугодными руководителям вышеописанного типа, или как можно оставаться во власти или входить в нее, совершенно нагло и открыто попирая права других?
- Как можно, находясь постоянно в униженном положении, слыть лидером, не являясь им по-существу и др.?

Можно сказать, что на основе полученного опыта, могут и должны быть уточнены и дополнены известные «принципы Питера».

---

Ниже представляются системы отображения информации (СОИ) ПКА «Союз» всех модификаций и главное - пульт СОИ «Нептун-МЭ» – пульт космонавтов (ПК) спускаемого аппарата (СА) пилотируемого космического корабля "Союз-ТМА" и интегрированный пульт (ИнПУ) ручного контура управления бортовой аппаратуры модулей российского сегмента (РС) международной космической станции (МКС).

Переход к пультам нового поколения предлагался автором более 10 лет, но реализация этих предложений стала возможной только в рамках программы МКС, когда была поставлена задача использования ПКА «Союз-ТМ» для спасения космонавтов в том числе американских, габариты которых превышают принятые для Российских космонавтов.

Для прохода через переходной люк американских космонавтов и размещения их в СА необходимо было уменьшить глубину и высоту пульта ПКА "Союз-ТМ" при сохранении его основных свойств.

В рамках ранее принятых концепций построения СОИ ПКА эта задача не могла быть решена. Поэтому предложения автора после длительных переговоров оказались востребованными.

Пульт СОИ "Нептун-МЭ" создан на основе современных средств вычислительной техники и методов построения человеко-компьютерного интерфейса (ЧКИ).

В пилотируемой космонавтике в части эргономического интерфейса это система нового пятого поколения. Приборный интерфейс этого пульта – сопряжение с бортовыми системами - соответствует архаичному приборному интерфейсу старого пульта.

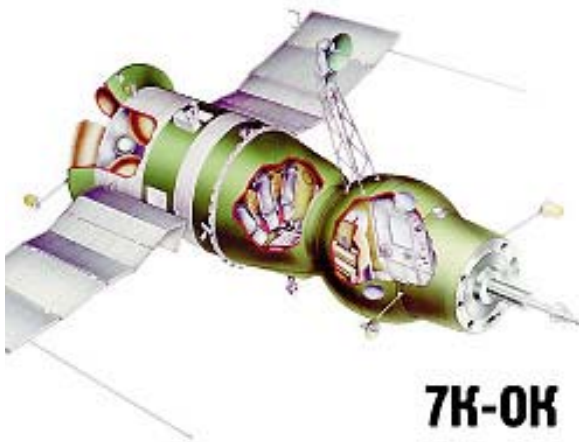
Для справки в работе представляются все СОИ ПКА типа «Союз». Из представленного материала нетрудно понять, что СОИ пятого поколения в большей мере основан на принципах отображения, заложенных в СОИ «Сириус» ПКА "Союз-7К".

Необходимость создания интегрированного пульта ИнПУ для МКС возникла из-за прекращения деятельности практически всех коллективов – создателей комплектов для пультов ручного контура управления станции.

ИнПУ заменяют командно-сигнальные пульта СОИ «Плутон» и «Меркурий», которые широко использовались на орбитальной станции «МИР»<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Интересно отметить, что ко времени принятия решения о создании МКС НИИАО обеспечило поставки штатных пультов СОИ «Меркурий» для будущего модуля «Заря» МКС, и автору при поддержке Ю.С. Карпова, В.Н. Бранца, В.И. Яина, Ю.И. Григорьева, (РКК «Энергия»), потребовалось немало усилий, чтобы убедить руководство НИИАО и создателей этого модуля (РКК «Энергия» и ЗИХ им. Хруничева) о бесперспективности использования поставленной СОИ на российский модуль



СОИ "Сириус" в кабине корабля «Союз».



### **1. Системы отображения информации кораблей «Союз».**

В системах управления кораблей «Союз-7К», "Союз-А8" (программа «Союз-Аполлон») и станций «Салют» разработки РКК "Энергия" использовались СОИ типа "Сириус", которая показана на рис. 1

Это система третьего поколения, построенная на основе принципов сжатия команд-информации и методов программно-временного представления информации.

Система имеет высокие технико-экономические показатели. В ней впервые в мировой практике были применены многофункциональные индикаторы на основе электроннолучевой трубки и электролюминесценции.

Впервые на видеомониторе была представлена телевизионная и измерительная информация в раздельном и совмещенном режимах. Информация, которая представлялась на ЭЛТ, могла передаваться на Землю по телевизионному каналу.

Главные пульта (КСУл и КСУпр) представляют собой электромеханические дисплеи.

Несмотря на высокие техникоэксплуатационные характеристики указанной системы она при первой же модернизации корабля «Союз» была заменена СОИ "Нептун". Причины такой замены изложены в работе автора по СОИ ПКА «Союз-Т (ТМ)».

Внешний вид главного пульта этой системы представлен на рис.2.

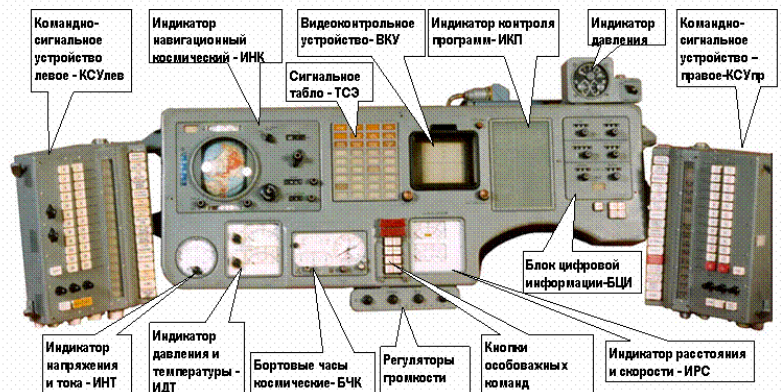


Рис. 1 Система отображения информации типа «Сириус» кораблей «Союз-7К», «Союз-А8», «Союз-Аполлон», и станций ДОС-7К.



Рис.2 Пульт космонавтов (пульт спускаемого аппарата) СОИ "Нептун"



Пульт в кабине корабля "Союз-Т"

На этом корабле ("Союз-Т") произошел возврат к СОИ предыдущего поколения в части управления бортовой аппаратурой и переход к СОИ четвертого поколения в части обслуживания вычислительной системы корабля и управления его движением.

Принципы, заложенные в этой системе, в дальнейшем широко использовались при создании СОИ всех отечественных кораблей и станций, в том числе на ВКС «Буран».

В дальнейшем пульт системы подвергся очередной модернизации. Внешний вид пульта показан на рис. 3.

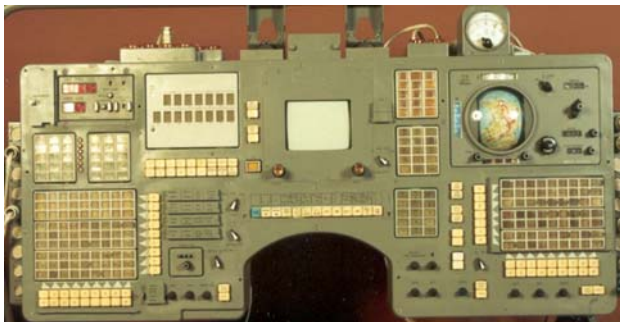
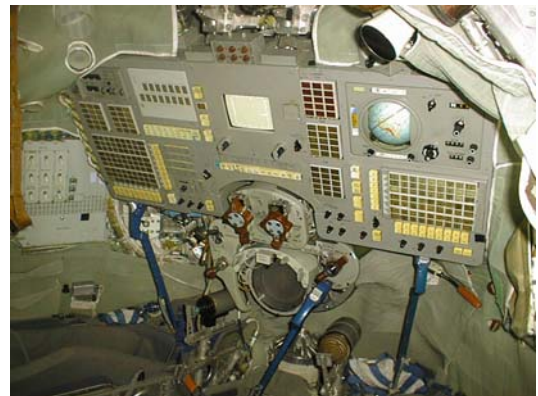


Рис. 3. Пульт спускаемого аппарата корабля «Союз-ТМ»



Пульт в кабине корабля «Союз-ТМ»

В пульте была произведена замена системы преобразования и представления на ВКУ аналоговой информации.

Шкальное устройство на ВКУ было исключено.

Формирование шкал обеспечивалось электронными средствами.

В этом виде пульт космонавтов эксплуатировался на кораблях «Союз-ТМ» по программам "МИР" и первого этапа программы МКС.

#### **Назначение СОИ "Нептун" корабля «Союз-ТМ».**

Система отображения информации предназначена:

- ❖ для управления бортовыми системами корабля,
- ❖ отображения пилотажно-навигационной информации,
- ❖ взаимодействия с бортовой вычислительной машиной при решении задач навигации и управления движением корабля при сближении, стыковке, маневрах, ориентации, спуске и посадке,

- ❖ отображения главных параметров систем, запасов рабочих тел, параметров атмосферы в отсеках корабля и др.,
- ❖ управления средствами радиосвязи,
- ❖ формирования и выдачи особоважных команд,
- ❖ выдачи аварийно-предупредительной информации в световой и звуковой формах,
- ❖ отображения на телевизионном мониторе телевизионной, измерительной и дисплейной информации в отдельном и совмещенном режимах.

Управление кораблем осуществляется как минимум двумя космонавтами.

### Конструкция и структура пульты корабля «Союз-ТМ»

Конструктивно пульт представляет собой клепаный каркас, на передней панели которого размещены средства отображения и органы управления.

Электронные блоки установлены внутри каркаса.

Дисплейные системы "Символ" и "КЛ-110", которые не входят в состав пульта, размещены в бытовом отсеке и соответственно в СА.

Основными средствами отображения пульта являются электролюминесцентные сигнальные и знаковосинтезирующие индикаторы и ВКУ на основе ЭЛТ.

Структурная схема пульта и его связи с бортовым комплексом и дисплейными системами показана на рис. 4.

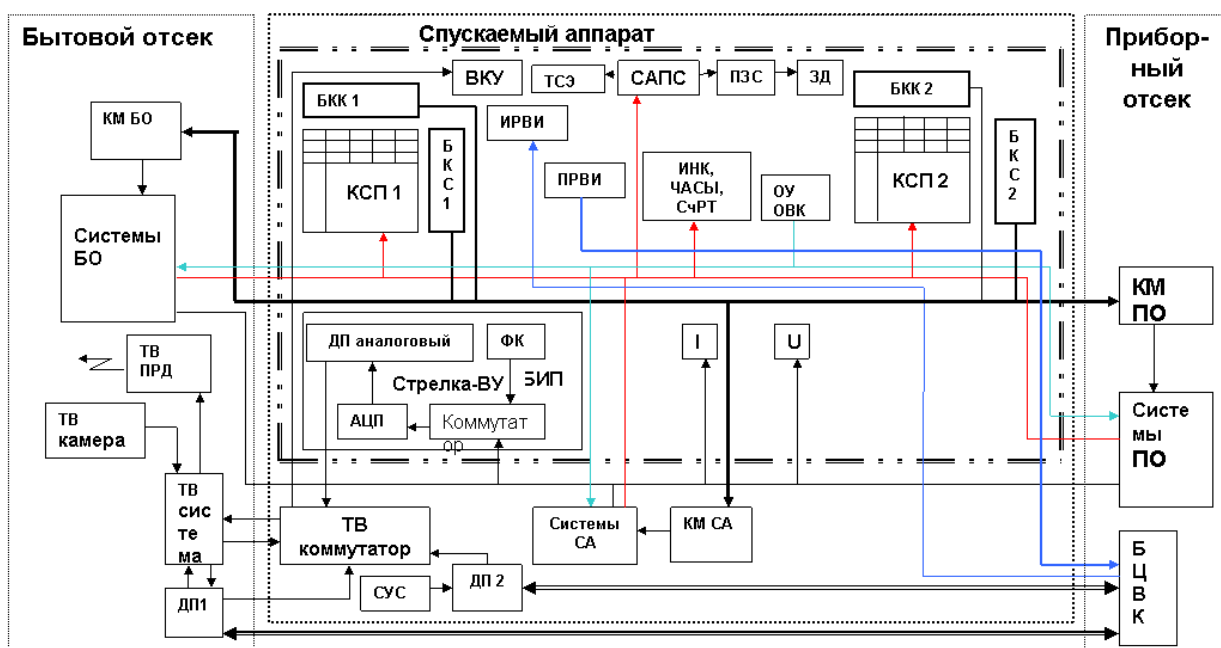


Рис. 4 Структурная схема пульта космонавтов корабля «Союз-ТМ» и его связей с бортовым комплексом управления. Обозначения: АЦП- аналогово-цифровой преобразователь, БИП- блок индикации параметров, БКС- блок кнопочных переключателей выбора систем, БКК – блок кнопочных переключателей подачи команд, БО- бытовой отсек, БЦВК- бортовой вычислительный комплекс, ВКУ- видеоконтрольное устройство, ДП- дисплейный процессор, ЗД- звуковой динамик, ИНК- индикатор навигационный комбинированный, КМ-командная матрица, КСП- командно-сигнальное поле, ОУ ОВК-органы управления особоважных команд, ПО - приборный отсек, ПРВИ, ИРВИ – пульт и индикатор ручного ввода информации, ПРД- передатчик, СА-спускаемый аппарат, СЧРТ- счетчик расхода топлива, САПС – система аварийно-предупредительной сигнализации, СУС – система управления спуском, ФК- функциональная клавиатура, ТВ-телевидение, I, U- индикаторы тока и напряжения.

Входными сигналами являются:

- ❖ параллельные двухпозиционные сигналы о состоянии и режимах работы агрегатов и систем для отображения на сигнальных полях пульта,
- ❖ параллельные двухпозиционные сигналы аварийно-предупредительной сигнализации,

- ❖ телевизионные сигналы от телевизионных камер и дисплейных систем Символ и КЛ-110. Телевизионные сигналы от камер и дисплея Символ при стыковке поступают в смешанном виде. Синхронизация и смещение сигналов обеспечиваются телевизионной системой (разработчик ВНИИТ),
- ❖ параллельные сигналы с аналоговых датчиков систем, для обработки и представления измеряемых параметров на экране ЭЛТ бортового ВКУ пульта (подсистема пульта "Стрелка"),
- ❖ последовательность импульсов для контроля расхода топлива на электромеханическом счетчике, на счетчике обеспечивается ручная установка запаса топлива,
- ❖ секундные метки на бортовые часы и команды управления секундомером,
- ❖ секундные метки для обеспечения работы комбинированного навигационного индикатора,
- ❖ аналоговые сигналы напряжения и тока для отображения на автономном индикаторе главных параметров системы энергоснабжения,
- ❖ параллельный двоично-десятичный код для отображения на автономном индикаторе ручного ввода информации (ИРВИ) в БЦВК.

Выходными сигналами являются:

- ❖ сигналы в виде замыкания сухих контактов, которые поступают в командные матрицы системы управления бортовым комплексом,
- ❖ сигналы с кнопок особоважных команд,
- ❖ сигналы с десятичной клавиатуры ввода уставок в бортовую ЭВМ,
- ❖ телевизионный сигнал от аппаратуры преобразования аналоговых параметров для представления информации на экране ВКУ.

Все сигналы, кроме ТВ-сигнала, подаются по трехпроводным линиям связи.

В общем связь пульта с бортовыми системами представляет собой параллельный, параллельно – последовательный (двоично-десятичный), последовательный счетный и телевизионный интерфейс. Реализация такого интерфейса требует большого числа соединительных проводов и соответственно разъемов.

Для обеспечения связи с бортовым комплексом используется 47 разъемов с общим количеством контактов, равным 1809 штук.

С современных позиций сохранение подобного приборного интерфейса при глобальной модернизации эргономического интерфейса пульта – дело хлопотное и неблагодарное.

### **Задачи модернизации пульта корабля «Союз-ТМ»**

Главными задачами модернизации пульта являются:

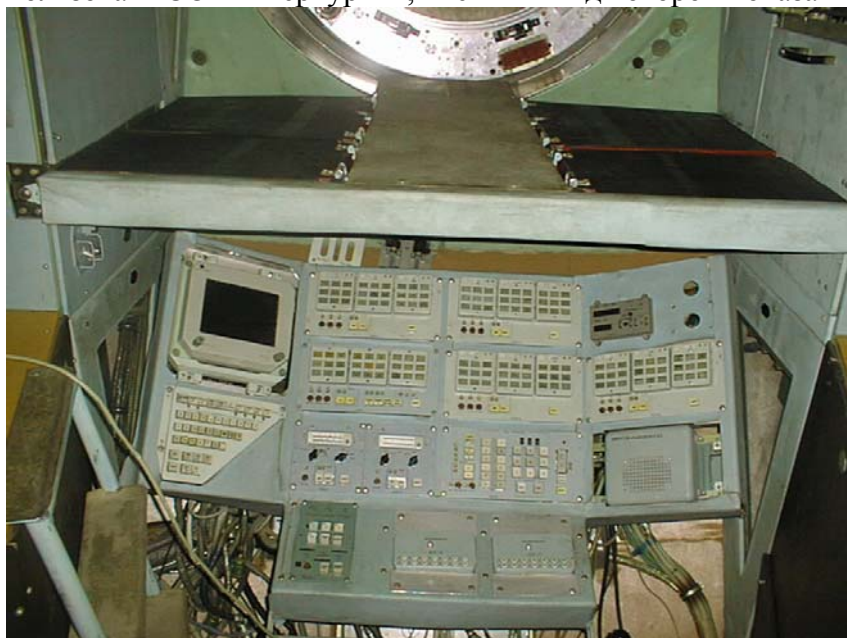
1. Уменьшение глубины и высоты пульта для обеспечения полета космонавтов больших размеров, чем принято для кораблей «Союз-ТМ».
2. Замена приборов, выпуск которых прекращен.
3. Обеспечение управления кораблем с одного рабочего места – рабочего места командира.

## 2. Системы отображения информации станции «МИР» и служебного модуля международной космической станции

В соответствии с российской программой развития пилотируемой космонавтики базовый блок МКС создан на основе базового блока станции «МИР-2». На этой станции использовалась СОИ, основными составными частями которой являются:

- ❖ дисплейные системы разработки НПО "Элас" и ВНИИР г. Москва,
- ❖ многоканальная система аварийно- предупредительной сигнализации и ручного контура управления с иерархическим способом избирания объектов управления и с развернутой формой представления информации разработки СОКБ ЛИИ г. Жуковский,
- ❖ пульты прямого измерения параметров систем (СОКБ ЛИИ),
- ❖ телевизионная система (ВНИИТ).

В контуре ручного управления базового блока станции «МИР-2» планировалось использовать СОИ "Меркурий", внешний вид которой показан на рис.5.



Эта СОИ использовалась в контуре ручного управления системами модулей «Природа», «Квант», «Спектр» и др.

Однако, выпуск приборов, входящих в эту СОИ, был прекращен. Восстановление их производства оказалась экономически не выгодным.

Рис. 5

*Таким образом, при создании СОИ модулей российского сегмента*

*(РС) международной космической станции (МКС) возникла объективная необходимость ее модернизации.*

### **Выбор пути модернизации СОИ**

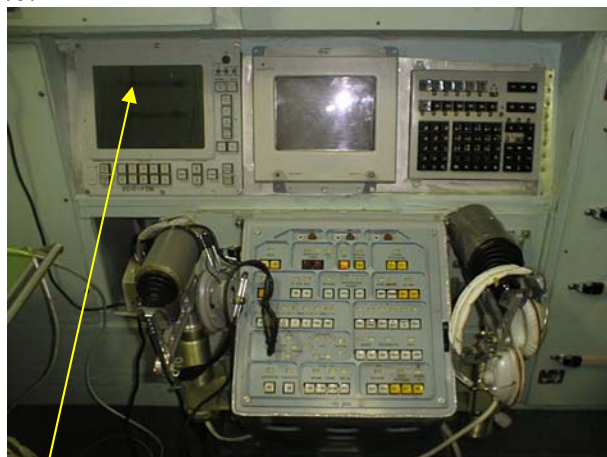
Основываясь на ряде работ /1,2,3/ в области синтеза СОИ АСУ сложных объектов, в качестве основного направления модернизации был предложен путь интеграции средств отображения на основе наземных компьютерных и информационных технологий.

Для ручного контура управления в качестве базового предложен интегрированный пульт ИнПУ, аппаратно и программно совместимый с ПК типа IBM PC /4/.

Внешний вид пульта представлен на рис.6.



Рис. 6. Интегрированный пульт



ИнПУ на рабочем месте СМ МКС

В пульте используется электролюминесцентная цветная панель, которая вместе с электроникой конструктивно оформлена в автономный VGA – монитор.

Вычислительная часть построена с использованием модулей Micro PC.

Пульт имеет встроенные блоки сопряжения с бортовыми системами и матричной системой избирания объектов управления.

Количество подаваемых команд через матричный коммутатор бортового комплекса управления (БКУ) - 18\*9.

Количество принимаемых двухпозиционных сигналов – 192.

В ИнПУ обеспечивается регистрация команд, подаваемых оператором и передача этой информации в систему телеметрии для последующего сброса на Землю. В служебном модуле устанавливаются два ИнПУ.

Аналогичные пульта предполагалось использовать в других модулях РС МКС.

ИнПУ всех модулей РС МКС объединены в единую систему ручного дистанционного управления (РДУ), структура которой впервые предложена автором и разработана и отработана специалистами отделения 2 НИИАО (М.В. Великовский, А.В. Безроднов и др.) под научно-техническим руководством дтн В.А. Ацюковского.

ИнПУ подключены к единой мультиплексной магистрали с интерфейсом по ГОСТ 18977-79 (Aginc429). Интерфейсная плата разработана в НИИАО.

Структура контура показана на рис. 7

Такая схема обеспечивает возможность наращивания РДУ в ходе эксплуатации станции на орбите.

Человеко-компьютерный интерфейс (ЧКИ) построен по иерархической схеме с использованием меню. Первый формат ЧКИ показан на рис. 8 на русском языке, на рис. 9 тот же формат - на английском

Всего в ИнПУ СМ размещено 14 форматов русской версии и 14 форматов английской версии.

Имеются значительные резервы для наращивания форматов отображения.

Выбор форматов, выбор и подача команд обеспечиваются с помощью маркера, управляемого клавиатурой, аналогичной той, которая используется на стандартных ПК.

Программное обеспечение (ПО) построено таким образом, что после доставки на МКС нового модуля производится перезагрузка форматов ИнПУ этого модуля в ИнПУ служебного модуля. Этим обеспечивается возможность управления бортовыми системами, как из служебного модуля, так и непосредственно с ИнПУ соответствующего модуля станции.

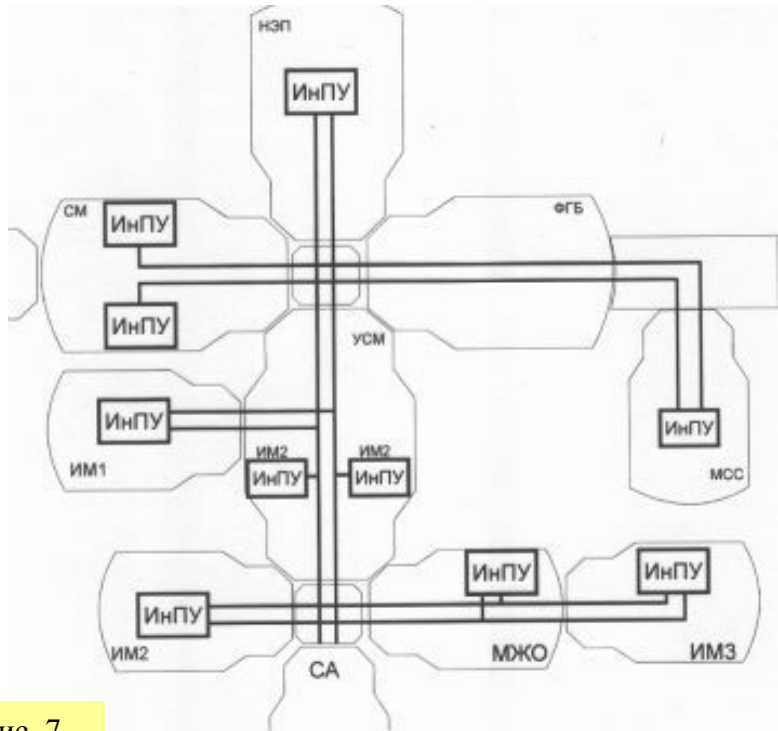


Рис. 7

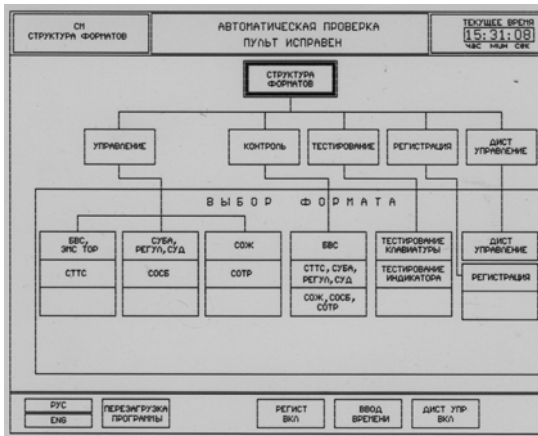


Рис. 8

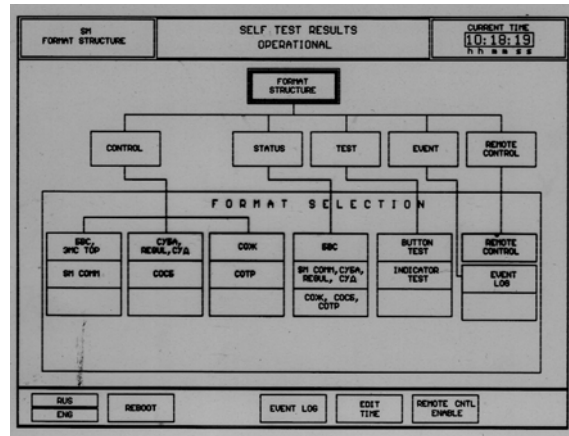


Рис. 9

### 3. Особенность СОИ «Нептун-МЭ» для корабля «Союз-ТМА»

В соответствии с программой модернизации корабля «Союз-ТМ» под задачи МКС система отображения информации корабля "Союз-ТМА" должна обеспечить управление и контроль в том же объеме, что и предыдущая система, сохранив при этом аппаратный интерфейс с бортовыми системами.

Анализ задач модернизации показал, что они могут быть решены только на основе использования в пульте плоских электронных индикаторов и современных вычислительных средств.

В рамках космических программ "Алмаз" и "Энергия-Буран" были синтезированы двухэкранные СОИ с использованием видеомониторов на основе ЭЛТ. В работе /4/ показана возможность применения двухэкранных СОИ применительно к другим сложным объектам.

Однако, переход на корабле "Союз-ТМА" к электронной СОИ, интегрированной на основе двух экранов, снижает ее живучесть. Повышение живучести возможно путем резервирования экранов и соответственно всех вычислительных блоков и устройств ввода-вывода информации. Таким способом задача не решается при заданных габаритах и массе.

В данном проекте впервые в практике создания сложных объектов была предложена и реализована концепция одноэкранной СОИ.

Возможность создания такой системы основана на принципиально новом подходе к построению человеко-компьютерного интерфейса (ЧКИ). В основу предлагаемого подхода к построению ЧКИ положены:

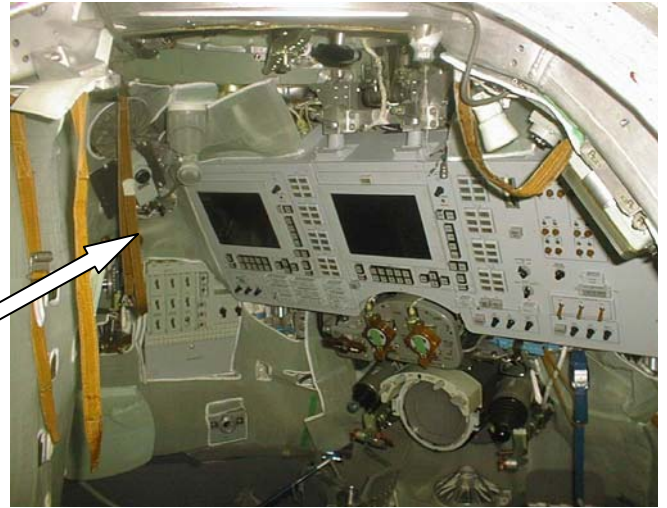
- ❖ концепция о возможности иерархического представления систем объекта,
- ❖ концепция о возможности иерархического представления целей и задач деятельности сложной системы,
- ❖ концепция о возможности программного представления целей и задач деятельности сложной системы и конечном числе таких программ,
- ❖ принцип необходимости и достаточности информации, представляемой на одном формате экрана, для решения одной задачи,
- ❖ возможность организации деятельности на основе использования принципов, принятых в компьютерных диалоговых системах, например в среде Windows.

На рис.10 представлен внешний вид панели нового пульта.



Рис. 10.

Пульт в кабине СА ПКА "Союз-ТМА"



На первом этапе модернизации СОИ и системы управления бортовым комплексом (СУБК) по требованию РКК «Энергия» в отличие от предложений автора, поддержанного многими специалистами и руководством отдела 36 и комплекса №3 РКК «Энергия», было принято решение о сохранении и использовании дисплейных систем "Символ" и «КЛ-110» и архаичного приборного интерфейса корабля «Союз-ТМ».

Т.е. в СА корабля все связи с бортовым комплексом управления сохранялись практически без изменения.

Введена новая связь по MIL-STD-1553В с новой вычислительной системой, созданной РКК «Энергия», размещаемой в СА.

Структурная схема нового пульта и его связей с бортовыми системами показана на рис.11.

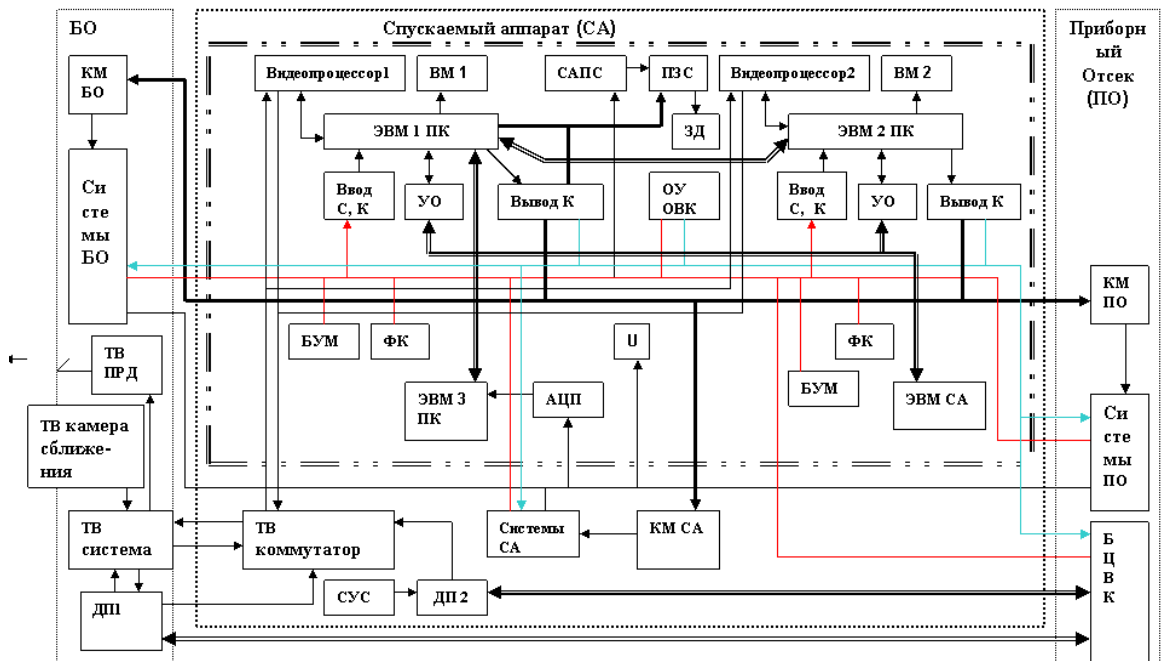


Рис.11 Структурная схема пульта космонавтов корабля Союз-ТМА и его связей с бортовым комплексом управления. Обозначения: АЦП- аналогово-цифровой преобразователь, БО- бытовой отсек, БУМ- блок управления маркером, БЦВК- бортовой вычислительный комплекс, ВМ- видеомонитор, ДП- дисплейный процессор, ЗД- звуковой динамик, К- команды, КМ-командная матрица, ОУ ОВК-органы управления обособованных команд, ПК- пульт космонавтов, ПО- приборный отсек, САПС – система аварийно-предупредительной сигнализации, С сигналы, СА-спускаемый аппарат, СУС – система управления спуском, ТВ-телевидение, УО- устройство обмена, ФК- функциональная клавиатура, U- индикатор напряжения.

В состав пульта входят:

- ❖ два ИнПУ, один из которых содержит VGA видеомониторы: цветной (8 цветов без градаций) и монохромный (16 уровней серого),
- ❖ два блока управления маркером (БУМ), которые размещаются на коленях космонавтов.
- ❖ три вычислительных модуля (ВчМ), программно и аппаратно совместимых с ПК IBM PC, два из которых вместе с видеомониторами и блоком управления маркером образуют два ИнПУ - две персональных бортовых ЭВМ. Третий ВчМ предназначен для приема и обработки аналоговой информации и передачи ее в ВчМ ИнПУ,
- ❖ блоки ввода вывода информации от бортового вычислительного комплекса по интерфейсу, аналогичному интерфейсу СОИ Нептун ПКА Союз-ТМ,
- ❖ интерфейсный модуль связи по магистрали MIL-STD-1553В с вычислительной машиной (КС020), которая введена в состав бортового оборудования СА ПКА Союз-ТМА,
- ❖ видеопроцессоры для ввода в ИнПУ информации в телевизионном формате и передачи информации в ТВ-систему из ИнПУ, для последующей передачи в центр управления полетом,
- ❖ средства связи ИнПУ с телеметрией,
- ❖ средства ввода сигналов от органов управления пульта и системы аварийно-предупредительной сигнализации,
- ❖ система световой и звуковой аварийно-предупредительной сигнализации,
- ❖ средства выдачи особоважных команд с механической защитой от случайного включения,
- ❖ средства защиты сети питания корабля от коротких замыканий в пульте и некоторые другие элементы.

Технические средства разрабатывались и выбирались с учетом требований работоспособности в условиях невесомости и разгерметизации СА, т.е. с учетом работы космонавтов в скафандре.

Основой системы являются ее вычислительные средства, экраны и информационное (ИО) и программное обеспечение (ПО).

ИО и ПО обеспечивают человеко-компьютерный интерфейс (ЧКИ).

На первом этапе модернизации приняты меры по сохранению в максимальной мере интерфейса предыдущего пульта. В связи с этим в новом пульте на этом этапе модернизации не реализованы принципы программно-временного управления, что существенно снижает ее эффективность.

ИО состоит из 58 форматов отображения информации, основным из которых является первый формат, представленный на рис.12<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Здесь и далее приводятся данные на начало внедрения данной системы. К 2005 году форматы претерпели значительные изменения и непрерывно уточняются по замечаниям космонавтов. Это подтверждает недостаточный уровень эргономического обеспечения СОИ ПКА на этапе проектирования, создаваемых по заказам РКК «Энергия».

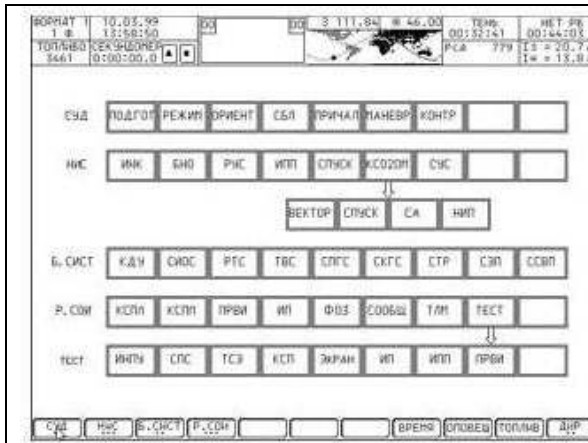


Рис.12

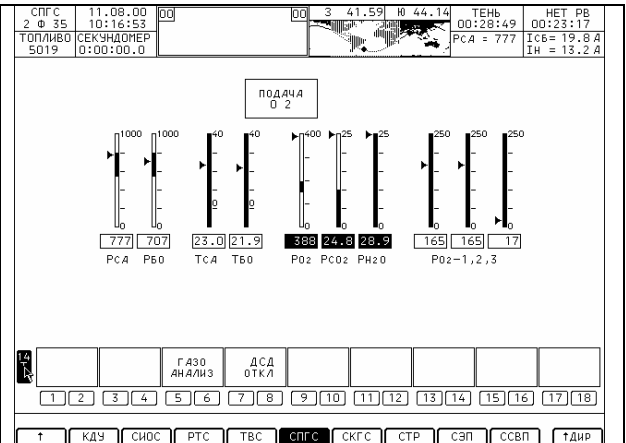


Рис.13

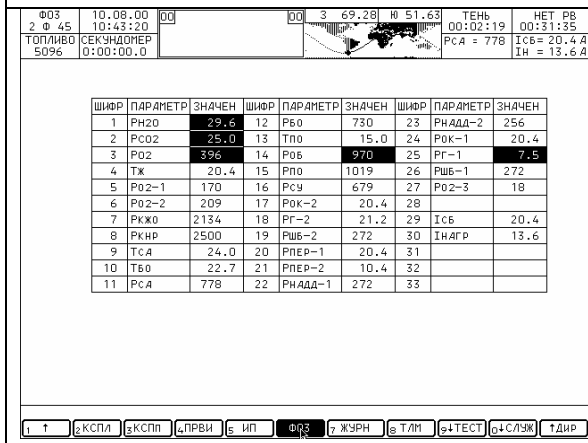


Рис.14

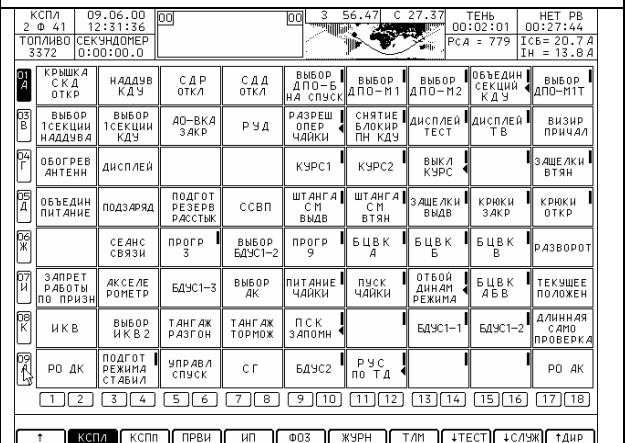


Рис.15

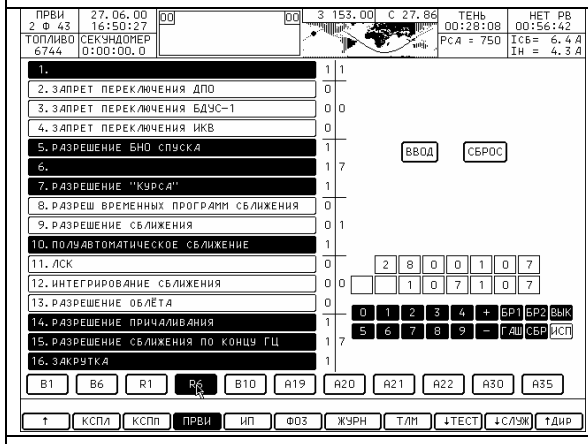


Рис.16

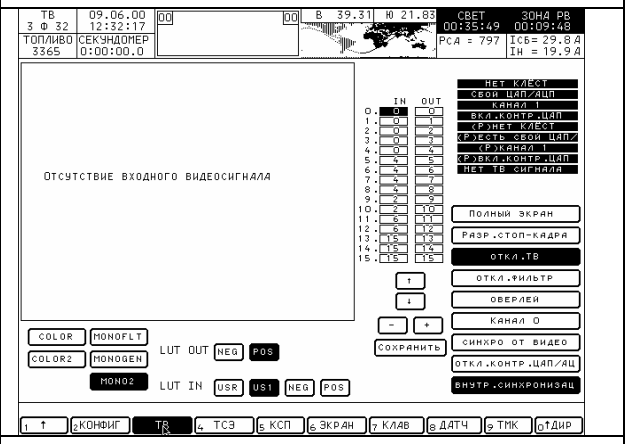


Рис.17

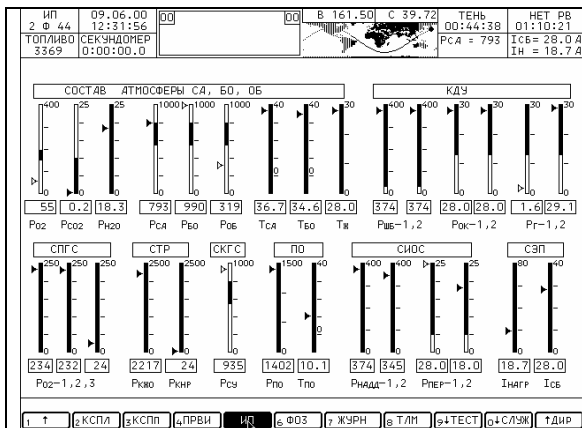


Рис.18

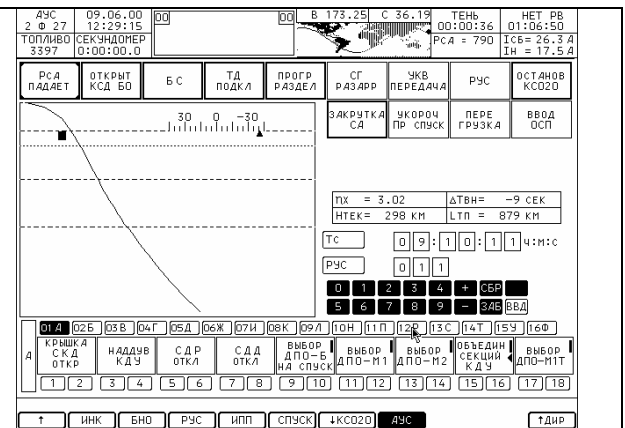


Рис.19

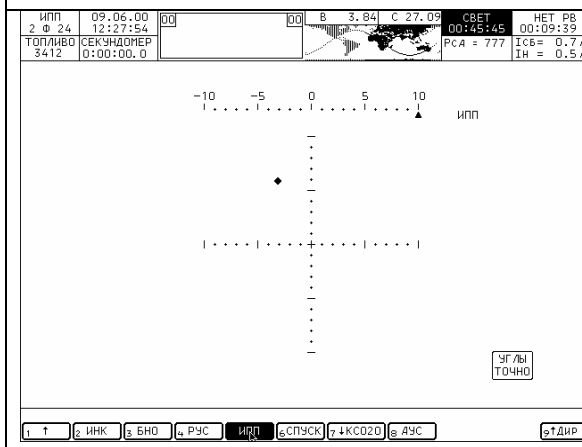


Рис.20



Рис.21

В структуре форматов выделено поле постоянно отображаемой информации.

Это поле отображения, информация которого обеспечивает космонавтов данными о положении в пространстве относительно земли, о времени и о главных параметрах безопасности.

На рис.13 – 21 приведены примеры форматов управления, контроля, ввода данных, отображения навигационной информации и др.

На этом формате представлено меню диалоговой системы. Работа с меню обеспечивается с помощью клавиатуры ИнПУ и блока управления маркером (БУМ), фотография которого показана на 22.

Существенными функциями программного обеспечения (ПО) являются:

- ❖ программное формирование форматов отображения,
- ❖ постоянное сканирование сигнальной и аналоговой информации и управление соответствующими элементами отображения на форматах,
- ❖ регистрация сигналов с длительностью более 10 мсек., т.е. фиксация подрабатывания сигнальных датчиков, что является особенно важным при проведении наземных проверок и испытаний объекта,
- ❖ регистрация и передача в систему телеметрии информации



Рис. 22

о поступлении в пульт сигналов от бортовых систем и органов управления пульта, т.е. обеспечение контроля работы не только бортовых систем, но и контроля работы кос-

монавтов с пультом. ПО обеспечивает возможность просмотра космонавтом зарегистрированной информации,

- ❖ организация взаимодействия БЦВК Аргон-16 с вычислителем КС020, расположенном в СА (работа на транзите), при вводе и контроле уставок,
- ❖ организация взаимодействия с КС020 в режиме навигационного обеспечения СОИ,
- ❖ ввод и корректировка начальных данных (время, запас рабочего тела, будильник, данные о массе корабля и его моментах инерции и др.).

В состав бортового ПО входит ряд технологических программных продуктов:

- ❖ ПО настройки системы обработки аналоговой информации по реальным датчикам,
- ❖ ПО формирования допусков, для обеспечения аналогово-допускового контроля (на первом этапе модернизации не используется),
- ❖ ПО взаимодействия с подключаемой внешней ПЭВМ,
- ❖ элементы системы автоматизированного проектирования форматов отображения в заданном классе символов, процедур и др.,
- ❖ ряд других технологических программ, существенно облегчающих задачи поиска неисправности в процессе испытаний пульта в составе объекта.

По состоянию на август месяц 1999г. ПО содержало 100 тыс. строк текста на языке Паскаль и 30 тыс. на языке ассемблер.

К августу месяцу 1999г. были изготовлены и поставлены заказчикам два действующих пульта, проведена отработка взаимодействия средств пульта с бортовыми вычислительными системами. Проведена предварительная эргономическая оценка форматов отображения.

По состоянию на первую половину 2005 года с новой СОИ выполнено 11 полетов кораблей «Союз-ТМА».

В своем докладе на МАКС-99 автор выражал уверенность, что результаты представленных в докладе работ в скором времени найдут свое применение в авиации и в АСУ других сложных объектах. Это тем более важно, что решения, принятые в СОИ ПККА "Союз-ТМА" позволяют применить принципы интеллектуальной поддержки операторов при решении сложных задач управления.

Однако, если аппаратно все современные СОИ строятся с использованием экранных видеомониторов, то каких-либо принципиальных сдвигов в области ЧКИ не наблюдается. Объясняется это прежде всего тем, что в России в настоящее время практически прекращены всякие работы в области эргономики в интересах систем отображения больших объектов, а видные ученые в этой области либо состарились, либо переключились в сферу бизнеса, либо уехали за границу.

В заключение следует сказать, что применение современных информационных и компьютерных технологий ориентировано на относительно новый контингент эксплуатантов системы и разработчиков.

### ***Выводы и рекомендации***

1. Впервые в отечественной и мировой практике создана одноэкранная бортовая СОИ сложного объекта на основе средств и методов наземных технологий. Основные технические и программные решения защищены патентами и свидетельствами /5-10/.

2. Предложена базовая структура интегрированного пульта СОИ сложного объекта
  3. Разработано программное обеспечение электронной СОИ, которое при соответствующей адаптации может быть использовано при создании СОИ иных сложных объектов.
  4. Принятая архитектура СОИ позволяет в дальнейшем существенно улучшить ЧКИ при решении задач управления движением корабля на всех этапах его полета и снизить массу аппаратных средств обеспечения СОИ.
  5. Организация человеко-компьютерного интерфейса – сложная научная и практическая проблема, требующая существенного изменения методов проектирования автоматизированной системы управления, проведения всесторонних эргономических исследований и др.
  6. Показывается, что на практике возможна существенная модернизация СОИ сложного объекта, при сохранении ее аппаратного интерфейса.
-

Литература.

1. Ю.А.Тяпченко, С.А.Бородин. Принципы построения систем отображения информации ПКА. Часть 1/ Научно-технический сборник НИИАО "Вопросы авиационной науки и техники"// НИИАО, г. Жуковский, №3
2. Ю.А. Тяпченко. Подходы к синтезу систем отображения информации энергоблоков/ Прикладная эргономика. Специальный выпуск: Эргономика в энергетике //Ассоциация прикладной эргономики, М. 1993 вып. 3
3. Y.Tiapchenko/ Generic Information Display System for the Center of the Nuclear Power Station Unit Operator Systems in Nuclear Power Plants /Proceedings of the Special Meeting held in Moscow, Russian Federation, 17-21 May 1993. IAEA, pp.165-176 IAEA-TECDOC-726; ISSN 1011-4289 IAEA, Vienna 1994
4. Ю.А. Тяпченко, В.И. Безроднов. ПЭВМ на борту пилотируемого космического аппарата/ Современные технологии автоматизации// СТА. ф. Прософт г. М. 1/97, стр. 34-37.
5. Патент на промышленный образец № 46998 Россия. Система отображения информации и органов управления / Ю.А.Тяпченко, Ю.Ф. Александров, В.В. Бирюков, Е.И. Бондарев, А.С. Епифанов, В.Л. Захаров, Ю.С. Карпов, А.И. Корнев, Ю.Е. Масловский, А.С. Мисютин, Н.А. Новикова, С.А. Садовников (РФ).- № 98501291; Заявлено 20.11.1998; Опубл. 16.03.2000 RU БПО №3
6. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2002610077. Программный комплекс диалоговой системы отображения информации транспортного космического корабля типа "Союз-ТМА" от 23.01.2002г/ Ю.А. Тяпченко, А.Г. Журавлев, Ю.А. Александров и др. (РФ).- № 2001611799. Заявлено 25.12.2001г.
7. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №20026611930. Система автоматизированного проектирования видов индикации диалоговой системы отображения информации транспортного космического корабля от 15.11.2002г./ Ю.А. Тяпченко, Ю.А. Александров,.. А.Г. Журавлев и др.-/№2002611687. Заявлено 23.09.2002г.
8. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2003610226. Обучающая программа системы отображения информации транспортного космического корабля типа "Союз-ТМА" от 22.01.2003г./ Ю.А. Тяпченко, А.Г. Журавлев, Е.К. Никонов. -/ №2002612079. Заявлено 26 ноября 2002г.
9. Свидетельство на полезную модель №29581 «Формат космического навигационного индикатора» от 20 мая 2003г/Ю.А. Тяпченко, Е.К. Никонов, А.Г. Журавлев и др.-/№2002118951,. Заявлено 19.07.2002
10. Патент на полезную модель №33748 «Система отображения информации космического корабля»/ Тяпченко Ю.А., Корнев А. И., Александров Ю.Ф., Захаров В.Л. Приоритет 29 июля 2003. Зарегистрирован 10 ноября 2003 г.