

Анализ и синтез подсистемы ручного контура управления ПКА

Ю.А. Тяпченко, г. Жуковский

1. Анализ

Подсистема ручного контура управления системами и процессами (ПРКУ) предназначена для выдачи оператором дискретных команд управления в системы объекта и контроля их исполнения в режиме ручного управления и контроля исполнения команд и состояния управляемых агрегатов или режимов работы систем при автоматическом управлении или при управлении по командам с Земли.

ПРКУ - это совокупность командно-сигнальных пультов ручного контура управления (КСП), линии передачи команд и сигналов между объектами управления и пультом, блоков дешифрации команд и сигналов.

На уровне СОИ основным элементом ПРКУ является командно-сигнальный пульт (КСП), который состоит из информационного (ИП) и командного полей (КП).

История развития СОИ ПКА – это прежде всего история развития КСП и многофункциональных средств отображения информации.

В данной части работы представлен анализ и синтез командно-сигнальных пультов ПРКУ.

В интересах СОИ ПКА создано не менее сотни пультов различного типа. Но их многообразие может быть сведено к четырем, главные из которых показаны на рис.1.1 - 1.4.



Рис. 1.1 Многоканальный пульт управления

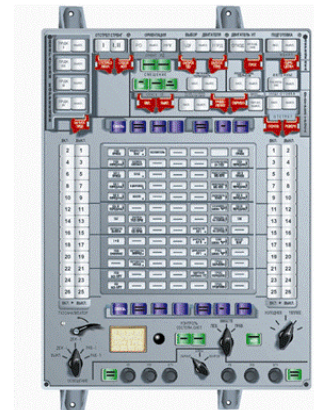


Рис. 1.2 Пульт с матричным способом выдачи команд и развернутым информационным полем



Рис. 1.3 Пульт с матричным способом выдачи команд и матричным способом вызова сигналов на контроль



Рис. 1.4. Интегрированный пульт управления с виртуальным командно-сигнальным пультом матричного типа, диалоговой системой взаимодействия оператора и бортового комплекса, иерархической системой представления информации об объекте, процессах и окружающей среде

Первое поколение пультов (рис. 1.1) построено на основе авиационной элементной базы и многоканальных принципов управления и контроля. Многоканальные пульты широко использовались на всех кораблях в бытовых переходных отсеках, шлюзовых камерах, для управления автономными системами и др. Основными средствами этих пультов были тумблеры, кнопочные органы управления и одиночные или групповые сигнальные индикаторы.

Исторически первым пультом, который был построен на основе принципов сжатия командной и сигнальной информации (сжатие команд-информации), был командно-сигнальный пульт КСУ, внешний вид которого показан на рис. 1.3. Этот пульт был создан в рамках программы "Союз-7К" (СОИ «Сириус-7К»).

Данный тип пультов использовался в СОИ всех модификаций кораблей "Союз-7К" и станций «Салют» и "Алмаз".

Несмотря на свои высокие технико-экономические показатели этот пульт не нашел широкого применения ни в космонавтике, ни в других эргатических системах.

Основным типом пультов стал командно-сигнальный пульт с матричным способом выдачи команд и развернутой формой представления информации – пульт, получивший название командно-сигнальное поле - КСП. Этот типа пульта показан на рис.1.2. Он был создан в рамках программы создания корабля ЗКВ с искусственной тяжестью .

Примечание: в дальнейшем командно-сигнальные пульты с матричным способом избирания и развернутой формой представления информации будут именоваться КСПм, а КСУ – пульт с матричным способом избирания объектов управления и матричным способом контроля их состояния будет обозначаться как КСПмм

Пульт КСПм по показателю сжатия информации - это пульт второго поколения, а КСПмм – третьего. Таким образом переход от КСПмм к КСПм – это шаг назад в эволюции командно-сигнальных пультов.

Несмотря на такой возврат, принципы сжатия команд-информации стали основными при построении контуров ручного управления сложных объектов.

С созданием бортовых экранных многофункциональных индикаторов на основе ЭЛТ, электролюминесценции, жидкокристаллических и плазменных панелей и бортовых ЭВМ в составе СОИ произошел переход к пультам 4-го поколения.

Примером пульта 4-го поколения – является интегрированный пульт (ИнПУ), созданный в рамках программы МКС для ручного контура управления системами российского сегмента станции, показанный на рис. 1.4, и аналогичный по составу и структуре пульт СОИ "Нептун" ПКА "Союз-ТМА".

Созданию данного типа пультов предшествовали НИР в рамках программ «Авангард», «Ратуша» и др., а также работы по созданию многофункциональных пультов СОИ кораблей "Союз-Т", «Союз-ТМ», станций «Салют» и "Алмаз" и ВКС «Буран».

По своей структуре, принципу построения пульт 4-го поколения это пульт ручного контура управления, построенный на основе современных компьютерных и информационных технологий.

Это персональный компьютер, сопряженный с бортовыми системами и имеющий специальное программно-математическое обеспечение, с помощью которого обеспечивается взаимодействие человека и машины при решении задач полета.

Основой такого пульта является человеко-компьютерный интерфейс (ЧКИ). Основная проблема создания ручного контура управления на основе ИнПУ – это проблема эргономическая.

В таблице приложения 1 к данной статье представлены все типы КСП пультов космонавтов, созданных ЛИИ, СОКБ ЛИИ и НИИАО в кооперации с НИИ автоматической аппаратуры г. Москва (сигнальные модули на основе электролюминесценции), Ульяновское конструкторское бюро приборостроения (УКБП) г. Ульяновск и ПО «Лтава» г. Полтава (кнопочные переключатели).

В других приложениях дано описание принципов построения основных типов КСП, продемонстрированы способы повышения их эффективности, показаны решения, которые были получены на пути унификации подобного рода пультов.

Здесь же, в этой статье на примере командно-сигнальных пультов показана важность решения задачи синтеза технических средств СОИ не только и не столько на основе технико-экономических критериев, сколько на основе эргономических, показана важность своевременного научного обоснования принимаемых решений в области СОИ.

2. Общий подход к синтезу КСП

Все КСП, как показано на рис.2.1, могут быть представлены в виде множества, на одном краю которого находится пульт с одним сигнальным индикатором и одним органом управления, а с другой - пульт, содержащий множество сигнальных индикаторов и такое же множество двухпозиционных органов управления.

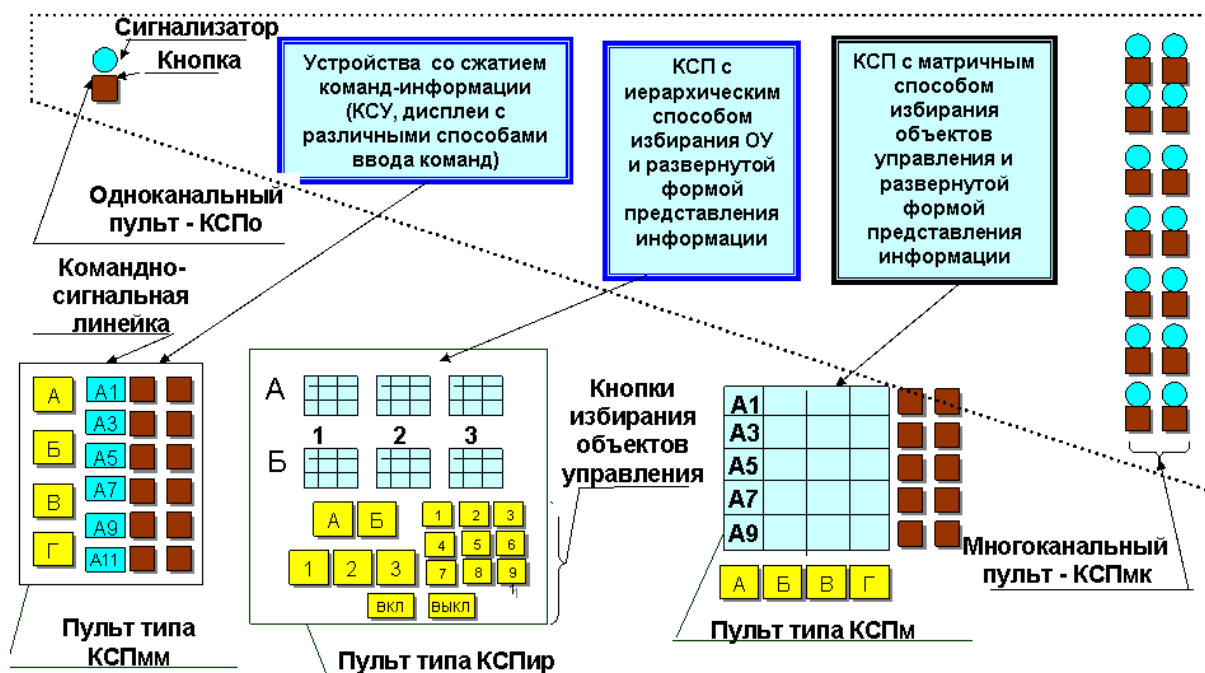


Рис. 2.1 Шкала командно-сигнальных пультов.

Первый пульт – это пульт КСПо с одноканальными ИП и КП, пульт, в котором команды передаются в виде последовательного кода, например, с помощью телеграфного ключа, как это делается в системах телесообщений. Факт исполнения команды контролируется по загоранию сигнализатора. Это пульт со сжатием сигнальной и командной информации.

Уровень сжатия определяется значениями коэффициентов K .

K – коэффициенты сжатия ИП и КП, которые численно равны отношению количества объектов управления к количеству сигнализаторов на пульте - $K_{ип}$ и соответственно отношению количества выдаваемых команд к количеству органов управления на пульте - $K_{кп}$.

Коэффициент сжатия ИП одноканального пульта равен

$$K_{ип} = N,$$

Коэффициент сжатия КП одноканального пульта равен

$$K_{кп} = 2N$$

Где N -количество управляемых двухпозиционных агрегатов.

На противоположном краю множества пультов находится пульт с многоканальными ИП и КП.

Это пульт КСПмк без сжатия ИП и КП.

Если в качестве органов управления используются тумблеры на два положения, то

$$K_{\text{ин}} = 1, \text{ а } K_{\text{кп}} = 2.$$

Для реальных пультов

$$1 \leq K_{\text{кп}} \leq 2N \text{ и } 1 \leq K_{\text{ин}} \leq N$$

Задача синтеза есть задача выбора пульта на заданной шкале с учетом обеспечения эффективной работы операторов в данной системе деятельности и ограничений по массе, габаритам, надежности, энергопотреблению и другим показателям качества

Совершенно очевидно, что пульта типа крайнего левого и крайнего правого не применимы для управления большими системами:

первые из-за большого времени, требуемого для подачи команд, вторые из-за больших размеров и массы пультов и практически невозможностью работы с ними, например, при воздействии на человека больших динамических нагрузок.

Следовательно, реальные пульта находятся между ними, а это значит, что в пультах должны использоваться принципы сжатия командной или сигнальной информации или одновременно то и другое.

Устройства, реализующие сжатие командной и сигнальной информации именуется здесь, как устройства сжатия команд-информации.

На приведенной выше шкале нами выделены пульта с матричным и иерархическим способами избирания объектов управления.

- ◆ КСПм – командно-сигнальный пульт с матричным способом подачи команд;
- ◆ КСПмм - командно-сигнальный пульт с матричным способом подачи команд и матричным способом избирания объектов для контроля.

КСПм и КСПмм есть пульта с двухуровневым избиранием объектов управления. Двухуровневый это частный случай многоступенчатого или иерархического способа избирания объектов управления.

На том же рисунке представлен пример пульта КСПир с иерархическим способом избирания объектов управления и пространственно разделенными командным и информационным полями.

Все множество КСП с иерархическим способом избирания объектов управления, также как и все другие типы пультов могут быть представлены в виде трех подмножеств:

- КСП с пространственно совмещенными ИП и КП - КСПпс,
- пульты с пространственно разделенными ИП и КП - КСПпр,
- пульты с совмещением элементов ИП и КП в одном командно-информационном элементе – интегрированные пульты или КСП интегрированного типа - КСПип.

На рис.2.2 в виде матрицы показаны основные или базовые типы КСП.

Учитывая представленную выше классификацию пультов, задача синтеза КСП может быть сведена к задаче синтеза пультов с различным уровнем сжатия командной, сигнальной или той и другой информации, т.е к задаче синтеза КСПм, КСПмм и КСПир. и задаче определения места каждого из указанных типов. При этом совершенно очевидно, что для управления несколькими объектами могут применяться многоканальные пульты.

	КСПпс	КСПпр	КСПип
КСПм			
КСПмм			
КСПир			

Рис. 2.2 Матрица базовых командно-сигнальных пультов

Пульты типа «телеграфный ключ» могут применяться по своему назначению: для передачи кодированных сообщений.

Ниже последовательно будет представлено решение задач синтеза КСПм, КСПмм, КСПир.

В качестве критериев оптимизации принимаются:

- минимум органов управления и соответственно масса и размеры пульта,
- время выдачи команд управления,
- субъективная оценка операторов

Важной характеристикой КСП является компоновка ИП и КП.

3. Синтез КСПМ

Типовая структура КСПМ с пространственно совмещенной клавиатурой показана на рис. 3.1.

Кнопочные переключатели выбора систем (кнопки с буквенными обозначениями) имеют фиксацию, кнопки подачи команд - нажимные.

Сначала выбирается система – горизонталь матрицы, затем нажимается кнопка команд для включения (выключения) объекта в избранной системе.

3.1. Минимизация количества органов управления

По критерию минимума количества органов управления пульты с матричным способом управления типа КСПМ и КСПМм являются оптимальными, если матрица управления – дешифратор команд, подаваемых с пульта, будет квадратной. При этом количество кнопок выбора систем будет равно количеству кнопок выдачи команд управления.

Если объекты управления двухпозиционные, то кнопки выдачи команд группируются по две, как показано на рис.3.1. При этом ИП приобретает прямоугольную форму с соотношением сторон 1:2.

Итак, оптимальным по критерию минимума органов управления КСПМ является пульт с квадратной матрицей управления.

Тогда количество органов выбора горизонтали матрицы ($n_{ГМ}$) должно быть равным количеству органов управления выбора вертикали матрицы ($n_{ВМ}$), т.е. $n_{ГМ} = n_{ВМ}$

Очевидно, для N двухпозиционных объектов управления

$$n_{ГМ} * n_{ВМ} = 2 N \quad \text{или} \quad n_{ГМ} = n_{ВМ} = \sqrt{2N}$$

Тогда коэффициент сжатия информационного поля равен 1,

$$K_{ИП} = 1,$$

а коэффициент сжатия командного поля равен

$$K_{КП} = 2 N / 2 \sqrt{2N} = \sqrt{N/2}$$

На практике чаще применяется КСПМ с квадратным ИП.

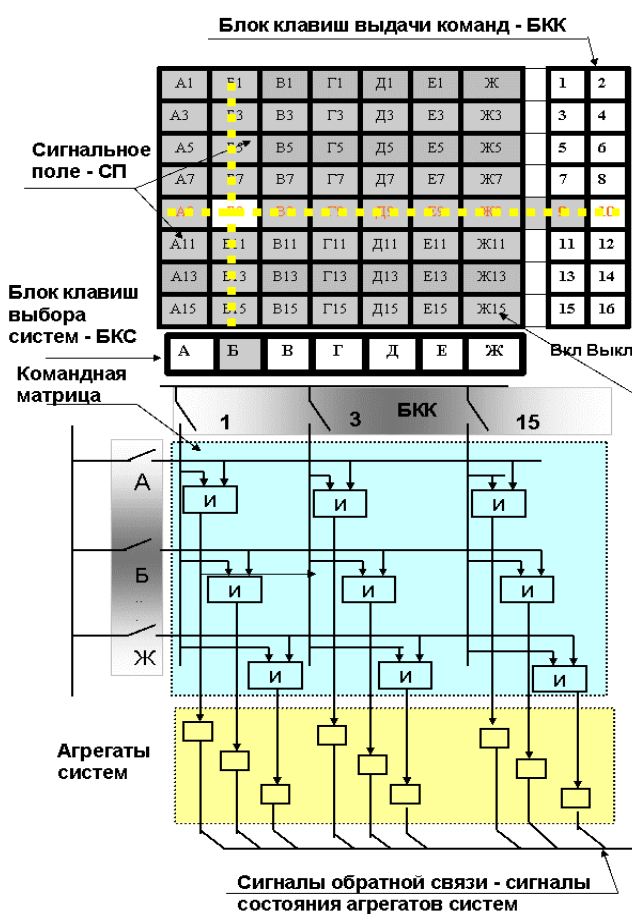


Рис. 3.1 Структура командно-сигнального пульта с матричным избиранием объектов управления

Тогда количество кнопок подачи команд n_k равно удвоенному количеству кнопок выбора систем n_c .

Т.е. $n_k = 2 n_c$, или
 $n_c = \sqrt{2N}$ и $n_c + n_k = 3 \sqrt{2N}$ и

Коэффициент сжатия информационного поля по-прежнему равен 1, а коэффициент сжатия командного поля равен

$$K_{kn} = 2N / \frac{1}{3} \sqrt{2N} = \frac{2}{3} \sqrt{N/2}$$

Количественные значения коэффициентов сжатия ИП и КП созданных для СОИ ПКА КСПм представлены в таблице 1.

3.2. Время выдачи команд управления.

Данные о времени выдачи команд управления будут представлены при сравнительном анализе различных типов КСП.

3.3 Компоновка КСПм

На рис. 3.2-3.9 приведены возможные варианты компоновок КСПм, а на рис 3.10 и 3.11 пример дублирования кнопочных переключателей с одним ИП. Схема по рис. 3.11 была применена при создании пульта для ПКА ЗКВ №6.

На практике использовались практически все типы КСПм, кроме компоновок по рис.3.4; 3.5; 3.7, 3.9-компоновок с верхним расположением блоков кнопочных переключателей выбора систем.

Компоновки с расположением кнопочных переключателей слева и снизу использовались в пультах при работе левой рукой, справа и снизу – правой.

Лучшим КСПм считается КСПм с компоновкой по рис. 3.2.

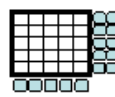


Рис.3.2

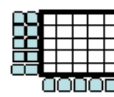


Рис.3.3

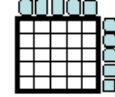


Рис.3.4

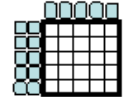


Рис.3.5

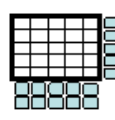


Рис.3.6

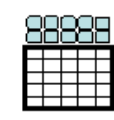


Рис.3.7

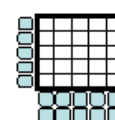


Рис.3.8



Рис.3.9

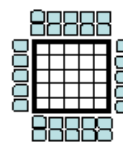


Рис.3.10

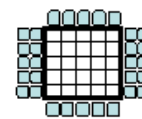


Рис.3.11

КСПм с отдельно расположенной клавиатурой не отвечают требованиям эргономики и поэтому здесь не рассматриваются. В СОИ ПКА такие пульта не использовались. Не имеют перспективы и пульта КСПм типа КСПип со структурой развернутого информационного поля и использованием в качестве устройства отображения экранных индикаторов любого типа.

Примеры компоновок КСПм

4. Синтез КСПмм

Типовая структурная схема управления с КСПмм показана на рис.4.1, а пример пульта показан на рисунке 4.2. Это пульт типа КСУ СОИ "Сириус" корабля "Союз-7К"¹.

Кнопочные переключатели выбора систем (кнопки с буквенными обозначениями) имеют фиксацию, кнопки подачи команд (кнопки с цифрами) - нажимные.

Сначала выбирается система – нажимается кнопка с буквами.

Над линейкой сигнализаторов появляются

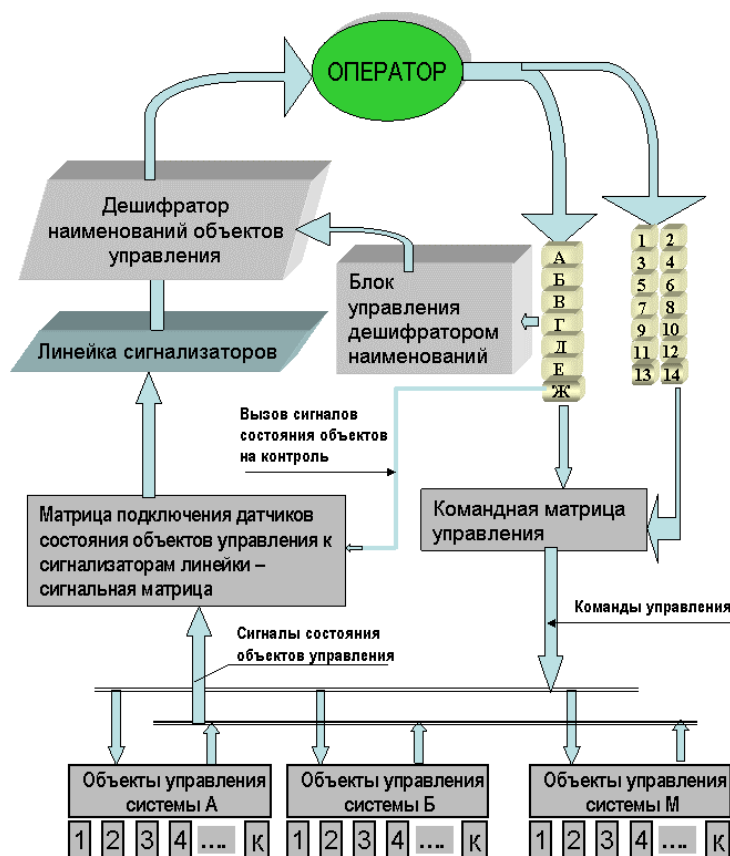


Рис. 4.1 Структурная схема канала с матричным способом управления и матричным способом контроля состояния объектов управления

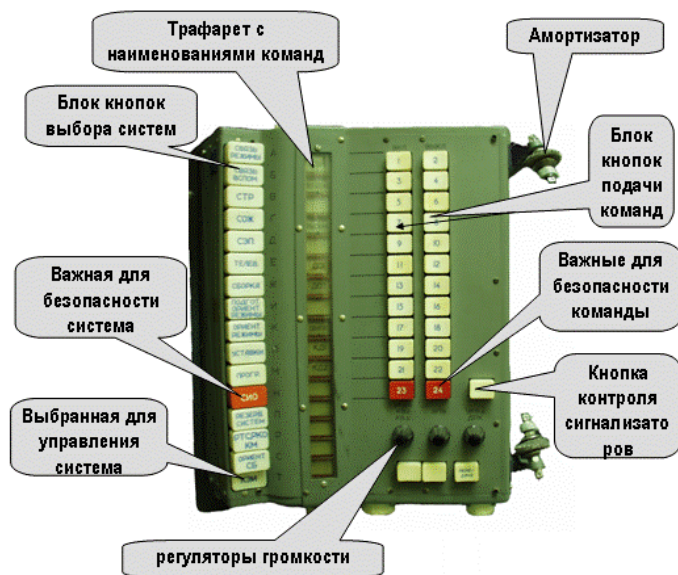


Рис. 4.2 Командно-сигнальный пульт типа КСУ СОИ «Сириус»

надписи с наименованиями объектов управления.

В КСУ СОИ "Сириус" дешифратор наименований выполнен в виде ажурного многогранного барабана. Количество граней равно количеству управляемых или контролируемых систем.

В грани барабана вставлены прозрачные трафареты с читаемыми надписями объектов.

Нажимается кнопка команд для включения

¹ Ю.А. Тяпченко. Системы отображения информации типа «Сириус» космических аппаратов "Союз-7К", "Союз-А8", "Союз-М", станций «ДОС-17К». 2005 г.
www.cosmoworld.ru/spaseencyclopedia/publications/index.shtml?index_tg.html

(выключения) объекта в избранной системе. Если объект включился, то загорается соответствующий ему сигнализатор в линейке сигнализаторов и подсвечивается трафарет, который в данный момент находится над ним.

На рис. 4.3 показана кинематическая схема КСУ с механическим управлением дешифратора.

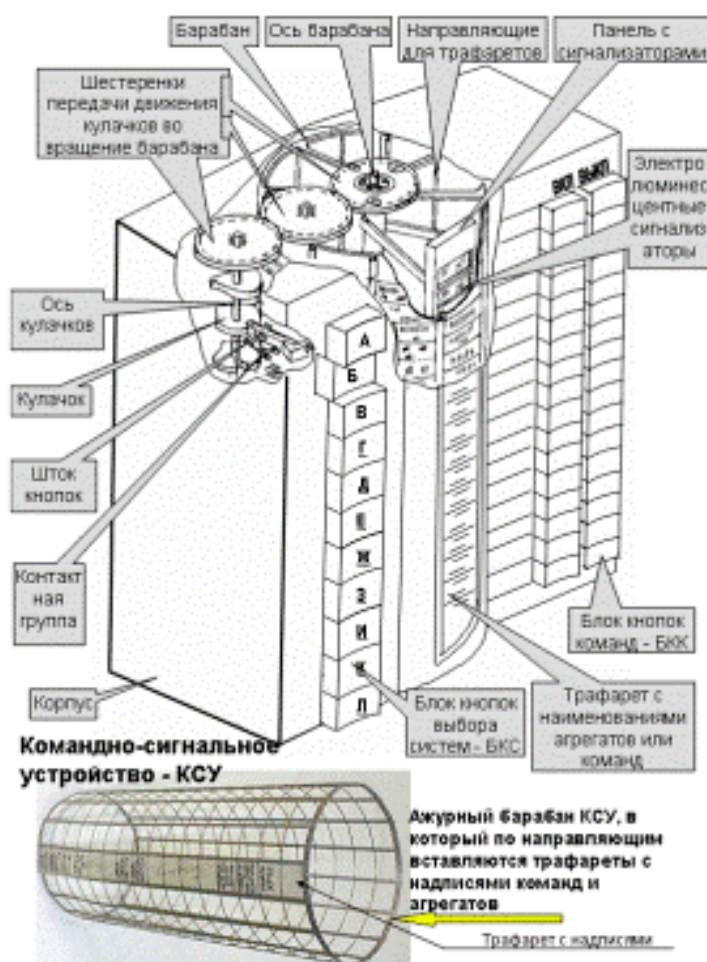


Рис. 4.3 Конструкция КСУ с механическим дешифратором наименований объектов управления

управления СОИ отечественных ПКА широко использовались пульты КСПмм без дешифраторов наименований.

Пример такого пульта показан на рис. 4.4.

КСПмм содержит два блока кнопок: один с фиксацией – выбор программ, второй – нажимные для выдачи команд в текущей программе.

В каждой кнопке установлен светодиод.

Программы работают только последовательно. Их включение контролируется по загоранию светодиода в соответствующей кнопке программы. После

При современном уровне развития техники линейка сигнализаторов может быть выполнена в виде линейки малогабаритных жидкокристаллических индикаторов с программируемыми надписями.

Для дублирования команд, штатно выдаваемых программно, в контуре ручного

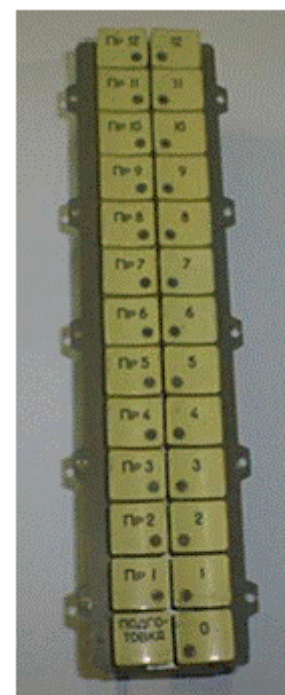


Рис. 4.4

включения программы в заданное время выдаются метки программ. Если команда по заданной метке прошла, то загорается светодиод во втором ряду.

Если в заданное время команда не прошла, то оператор подает ее вручную.

Как видим, с помощью простейшего устройства, построенного на основе принципов сжатия команд-информации, успешно решается задача дублирования программного устройства системы управления.

4.1. Минимизация количества органов управления и элементов сигнализации

По критерию минимума количества органов управления пульта типа КСПмм, как было показано выше, являются оптимальными, если матрица управления – дешифратор команд, будет квадратной.

Если объекты управления двухпозиционные, то кнопки выдачи команд, как и в КСПм группируются по две.

Как и в КСПм, на практике чаще применяется КСПмм с квадратным дешифратором команд или близким к квадратному.

Тогда коэффициент сжатия команд в КСПмм равен коэффициенту сжатия команд как и в КСПм., т.е.

$$K_{kn} = 2N / \frac{1}{3}\sqrt{2N} = \frac{2}{3}\sqrt{N/2},$$

Коэффициент сжатия информационного поля при квадратном дешифраторе равен

$$K_{ин} = \sqrt{N}, \text{ т.е. в } \sqrt{N} \text{ раз лучше, чем в КСПм.}$$

Для такого КСПмм количество сигнализаторов является минимальным

Количественные значения коэффициентов сжатия ИП и КП созданных для СОИ ПКА КСПмм представлены в таблице 1.

4.2. Время выдачи команд управления.

Данные о времени выдачи команд управления будут представлены при сравнительном анализе различных типов КСП.

4.3 Компоновка КСПмм

На рис. 4.1 – 4.6 приведены примеры компоновок КСПмм.

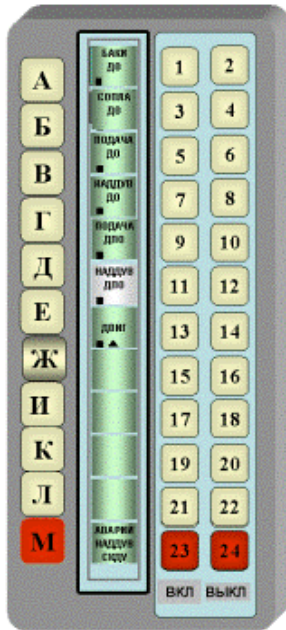


Рис. 4.1

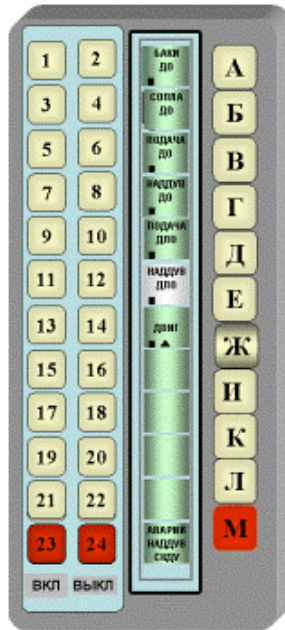


Рис. 4.2



Рис. 4.3



Рис. 4.4

Возможны другие компоновки. Очевидно, что наиболее удобными могут быть компоновки 4.1, 4.3 при расположении пульта справа для работы правой рукой и рис. 4.2, 4.4 – для работы левой рукой.

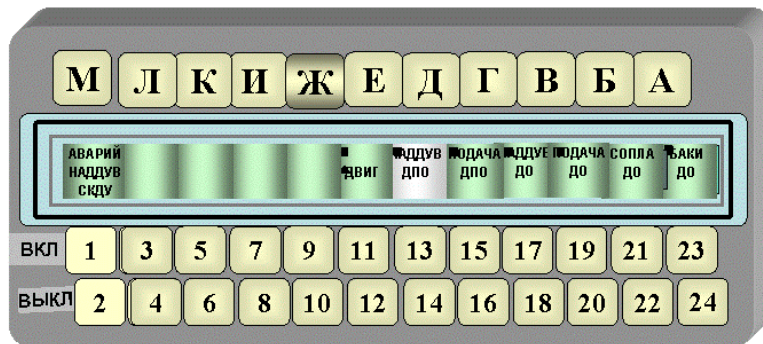


Рис. 4.5



Рис. 4.6

Возможно применение компоновки 4.5 для работы любой рукой и недопустимо применение компоновки по рис. 4.6.

Возможно применение компоновки 4.5 для работы любой рукой и недопустимо применение компоновки по рис. 4.6.

КСПмм –пульт со сверткой информационного поля. Как показали исследования, применение такого типа устройств возможно, если каждая система представляет собой совокупность агрегатов, связанных только между собой, а системы не связаны друг с другом. В больших системах это практически исключено.

При большом количестве управляемых объектов в каждой системе и при наличии перекрестных связей в управлении такой способ отображения и управления является неэффективным.

Дальнейшим развитием пультов на основе принципов сжатия команд-информации является переход к экранным многофункциональным средствам отображения, как это показано на рис. 2.2.

Первый пульт, который был синтезирован на этой основе является интегрированный пульт ручного контура управления российского сегмента международной станции и затем пульт СОИ ПКА "Союз-ТМА"²

По состоянию на 2005 год конечным в эволюции пультов является пульт КСПип, представляющий собой, условно говоря, персональную ЭВМ с сенсорным экраном, включенную в единую бортовую систему обмена данными и управления.

Технически это интегрированный пульт, построенный на основе современной вычислительной техники.

Технически пульт универсален. Для таких пультов главной проблемой становится проблема проектирования человеко-компьютерного взаимодействия или человеко-компьютерного интерфейса (ЧКИ).

Таким образом, создание в начале 60-х годов прошлого века впервые в мировой практике пульта типа КСПмм (КСУ СОИ "Сириус" ПКА "Союз-7К") открыло путь к интеграции средств управления и отображения и привело к созданию СОИ на основе бортовой «персональной ЭВМ», ядром которой является ЧКИ.

² Тяпченко Ю.А.. Интегрированная СОИ космического корабля "Союз-ТМА" и пульт ручного контура управления Российского сегмента МКС «Альфа» www.cosmoworld.ru/spaseencyclopedia. Публикации. Пульты космонавтов. 2005 г.

Yurii Tiapchenko. The Integrated Information Display System for the Soyuz-TMA and the Integrated Console of Manual Control Loop for the Russian Segment of the International Space Station. www.cosmoworld.ru/spaseencyclopedia. Публикации. Пульты космонавтов. 2005 г.

5. Синтез КСПи

Как было отмечено в разделе 3, пульт типа КСПм является частным случаем пульта с иерархическим способом избирания объектов управления, а точнее пультом с двухступенчатым управлением.

Совершенно очевидно, что при увеличении количества объектов управления размеры КСПм увеличиваются, часть органов управления оказывается вне зоны досягаемости операторов и эффективность их работы снижается.

Как известно, отечественные ПКА являются высокоавтоматизированными объектами. В таких объектах одной из основных задач космонавтов является задача контроля прохождения команд, подаваемых программно или по командной радиолинии с наземных ЦУП.

Увеличение количества команд на ДОС «Салют» и преобладание функции контроля в деятельности космонавтов позволили поставить задачу пространственного разделения ИП и КП. В практическом плане в отечественной практике эта задача впервые была решена в рамках СОИ «Мирзам» ДОС «Салют-17К» (см. рис. 5.1).

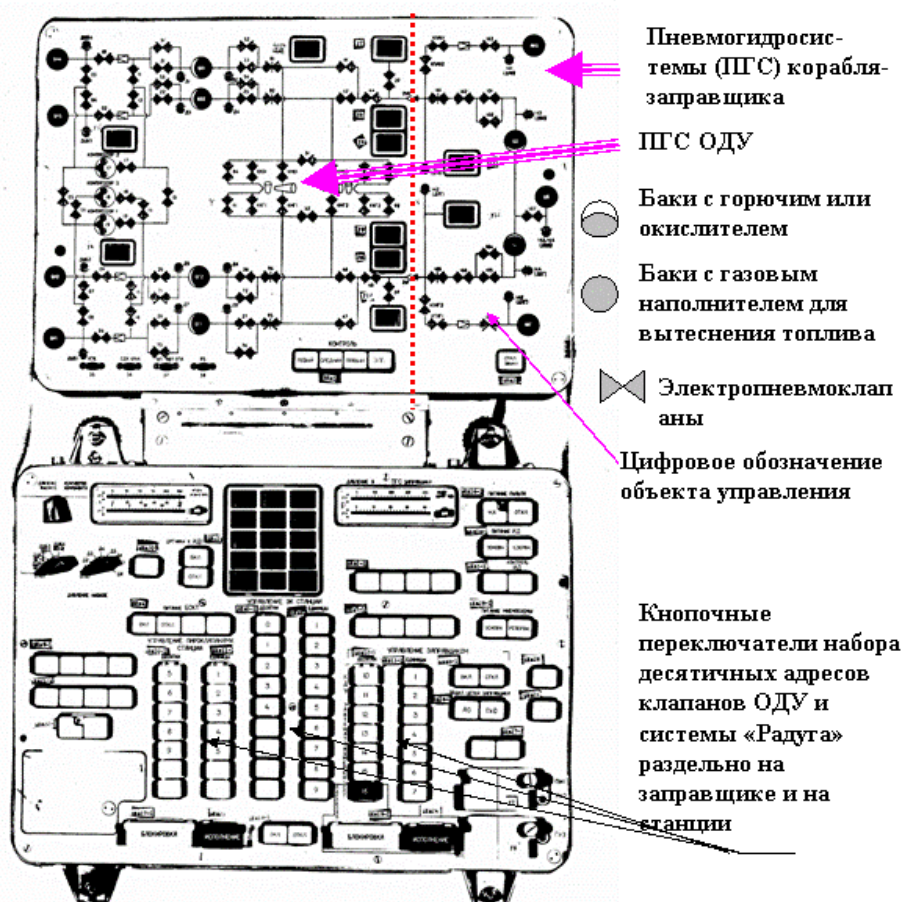


Рис. 5.1 СОИ «Мирзам» управления заправкой топливом объединенной двигательной установки (ОДУ) и системы «Радуга» ДОС «Салют».

Кроме пространственного разделения КП и ИП в указанной СОИ впервые в мировой практике решена задача представления сигнальной информации на информационном поле с помощью мнемосхемы.

В мнемосхеме применены:

- стандартизованные символы объектов управления,
- цифровое кодирование объектов управления и соответственно выдачу команд с помощью цифровой клавиатуры,
- отображение на светодиодах точек подключения датчиков контроля давления в магистралях топливной системы.

В мнемосхеме использовались светодиоды, которые были созданы специально для космической техники. В практике ЛА это первое использование светодиодов для отображения информации.

Несмотря на совершенно очевидную высокую эффективность представления информации в виде мнемосхем в дальнейшем этот способ применения не нашел.

Вызвано это прежде всего тем, что такое представление требует проведения значительно большего объема работ по обоснованию информационной модели.

При создании оригинальных функциональных систем работа по созданию СОИ существенно отстает по срокам. В отечественной практике в условиях постоянного дефицита времени при создании больших систем, как правило, такое отставание не допускалось и потому принимались решения в ущерб требованиям эргономики.

Именно по этой причине на ДЭС «МИР» был осуществлен переход от представления информации в виде развернутой мнемосхемы к отображению информации с помощью сигнального поля.

Принимая такой способ, как требование, под руководством автора (СОКБ ЛИИ) и Д.М. Рамендик (биофак МГУ) был проведен комплекс работ по обоснованию структуры информационного и управляющего полей.

Как было сказано в разделе 3.3, КСПм с отдельно расположенной клавиатурой с матричным способом избирания не отвечают требованиям эргономики из-за большой сложности установления соответствия кнопок выбора систем горизонталям матрицы отображения и соответствия кнопок команд – вертикали матрицы или наоборот.

Рассматривалось несколько направлений решения задачи:

1. Кодирование каждого объекта управления, нанесение кода на сигнализатор поля, набор адреса с помощью многоступенчатой цифробуквенной клавиатуры, как это сделано в СОИ «Мирзам».

2. То же самое, но с использованием десятичной цифровой клавиатуры.
3. Деление поля на отдельные табло и их группирование по системам и подсистемам и использование клавиатуры с многоступенчатым избиранием, например: избирание группы табло (группы систем), избирание табло в избранной группе (подсистемы в избранной группе систем), избирание сигнализатора в табло (объекта управления в избранной подсистеме).
4. Произвольное разбиение поля на табло (подсистемы) с присвоением каждому из них, например, десятичного алфавитно-цифрового кода и соответственно избирание с помощью клавиатуры номера табло и затем объекта управления в избранном табло.

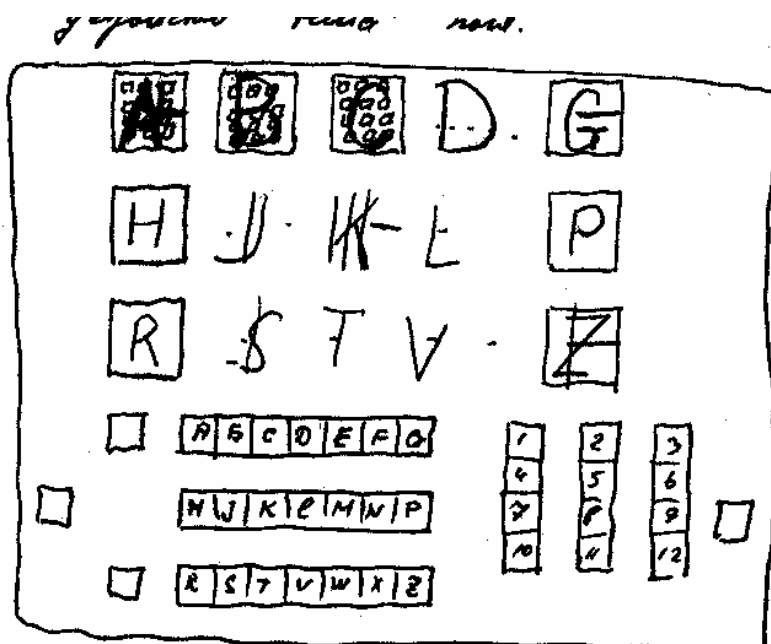


Рис.5.2 Структура пульта с иерархическим способом избирания на пульте инструктора самолета F111 США

Имелась информация о пульте с иерархическим избиранием объектов для управления на пульте инструктора тренажера F111 США. Эскиз этого пульта по первоисточнику показан на рис. 5.2.

По структуре данный пульт соответствует пульту направления 4. В пульте каждому табло присвоено имя в виде буквы латинского алфавита.

Сигнализаторы (объекты управления) выбираются с помощью цифровой клавиатуры.

Компоновка клавиатуры и количество кнопок в ней соответствуют компоновке табло и количеству сигнализаторов (объектов управления) в нем. Это позволяет исключить нанесение номеров объектов на сигнализаторах табло.

Практически в данной структуре реализована матричная схема избирания объектов управления.

С учетом требований надежности, простоты схем управления и других факторов наибольший интерес представляют структуры КСПи с иерархическим способом избирания объектов управления, аналогичной той, которая показана выше. В данной схеме объектами оптимизации являются количество ступеней избирания и структура табло.

5.1. Минимизация количества органов управления и структуры табло

Легко показать, что по критерию минимума количества органов управления пульты типа КСПи будут оптимальными, если количество кнопок в каждой ступени будет равно числу

$e=2,7$ или близкому к нему числу 3.

Тогда общее количество кнопок равно $3 * I + 2$. Две кнопки добавлены для включения-отключения объекта управления.

Здесь I - количество ступеней избирания, определяемое из соотноше-

ния: $e^I = N$, или $3^I = N$.

Как следует из предыдущего, оптимальной структурой ИП является поле, состоящее из набора табло с количеством 3×3 ячеек каждое.

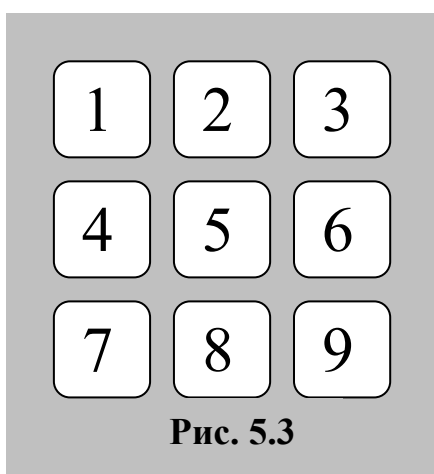


Рис. 5.3

Табло с 3×3 ячеек соответствует кнопочный переключатель десятичной клавиатуры с компоновкой 3×3 без цифры ноль, как показано на рис. 5.3.

Выбор табло, как определено выше, производится по иерархической



Рис. 5.4 Табло сигнальное 3×3 ячеек

схеме. При этом на практике количество ступеней выбирается минимально возможным, так как в некотором пределе уменьшение количества ступеней приводит к незначительному увеличению количества органов управления. Уменьшение количества ступеней избирания уменьшает время набора адреса.

В соответствии с рекомендациями, которые были представлены выше, автора были созданы пульты СОИ "Плутон" (научно-технический руководитель Ю.А. Тяпченко, ведущие по комплексу В.А. Прокофьев и А.А. Хмелинский) для базового блока ДОС "МИР" и на их основе - СОИ

"Меркурий"³ для научных модулей станции "МИР" (ведущие по комплексу Г.Н. Отрешко и М.И. Борисов). Новизна технических решений по СОИ "Плутон" была защищена авторским свидетельством⁴.

начале 90-х годов после закрытия программы по "Энергия-Буран" под руководством автора был проведен комплекс работ по переносу космических технологий в другие отрасли.

В частности на основе принципов сжатия команд-информации были разработаны предложения по созданию СОИ пятого поколения блочных щитов АЭС^{5,6}.

Для передвижных энергоблоков был предложен пульт, эскиз фрагмента которого показан на рис. 5.5

³ Тяпченко Ю.А. Системы отображения информации космической станции "МИР" и транспортного корабля Союз. 2002. www.niiio.ru

⁴ Ю.А.Тяпченко, В.А. Прокофьев, А.А. Хмелинский. Авторское свидетельство на изобретение. 186242 (СССР). Устройство для многоточечной сигнализации. БИ №17. 1985.

⁵ Тяпченко Ю.А.. Подходы к синтезу систем отображения информации энергоблоков //Прикладная эргономика. Специальный выпуск: Эргономика в энергетике. - М.: Ассоциация прикладной эргономики, 1993. - выпуск 3,4. -С. 64-71.

⁶ Tyapcheno U.A. 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

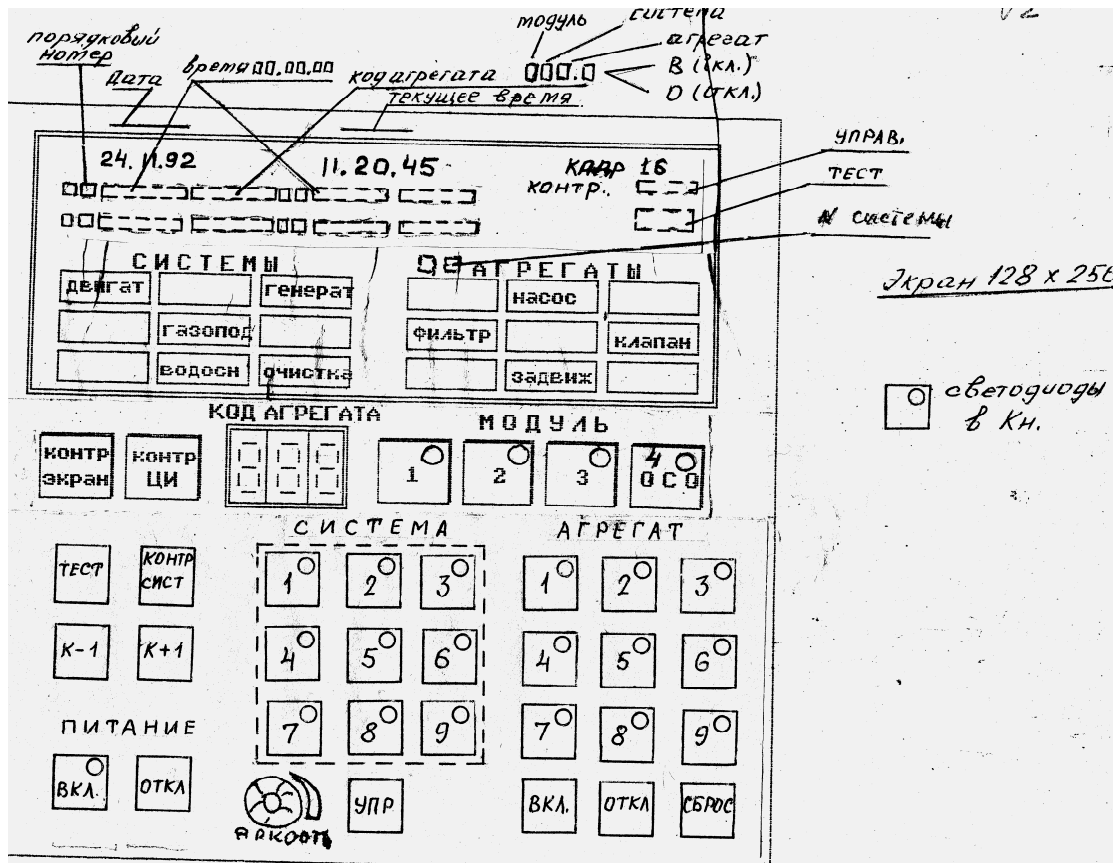


Рис. 5.5

5.2. Время выдачи команд.

Время выдачи команд в основном зависит от количества ступеней избирания объектов управления.

5.3. Компоновка КСПи

Компновка КСПи – это компоновка ИП и клавиатуры и размещение клавиатуры относительно ИП.

Если ИП выполняется в виде мнемосхемы, то ее компоновка должна отвечать требованиям, которые обычно предъявляются к системам отображения на основе мнемосхем.

Если ИП представляет собой набор оптимальных по количеству сигнализаторов табло (табло с количеством ячеек 3 x 3), то структура КП должна соответствовать структуре ИП.

5.4. Перспектива развития КСПи.

Пульты типа КСПи, как и пульты типа КСПм, не имеют перспектив развития. С этой точки зрения возврат в пилотируемой космонавтике к пультам с развернутой формой представления информации после создания пультов со сверткой информационного поля явился тупиковым направлением, как об этом отмечалось неоднократно в исследованиях автора.

Но, учитывая, что пульта подобного рода заказывались, и их создание поддерживалось космонавтами и операторами комплексных испытательных станций в РКК «Энергия» и на космодроме, то разработчикам этих пультов приходилось искать пути:

- повышения эффективности работы операторов с пультами большой информационной емкости сигнального поля,
- снижения трудоемкости изготовления пультов и обеспечения их ремонтпригодности в том числе в условиях эксплуатации,

Эта часть работы не потеряла актуальность до настоящего времени, и потому будет представлена в следующих разделах.

6. Сравнительные характеристики КСП различных типов

Основными характеристиками, которые задаются в технических заданиях на создание средств СОИ ПКА, являются:

- количество команд и сигналов управления и контроля, представляемых в последующем в виде отдельно согласовываемого с заказчиком перечня команд и сигналов,
- масса,
- габариты (объем и площадь панели пульта),
- энергопотребление,
- надежность (вероятность безотказной работы, срок службы, ресурс)
- эргономические характеристики (цвет, яркость, контрастность сигнализаторов, размеры и типы шрифтов для выполнения надписей команд или наименований объектов управления).

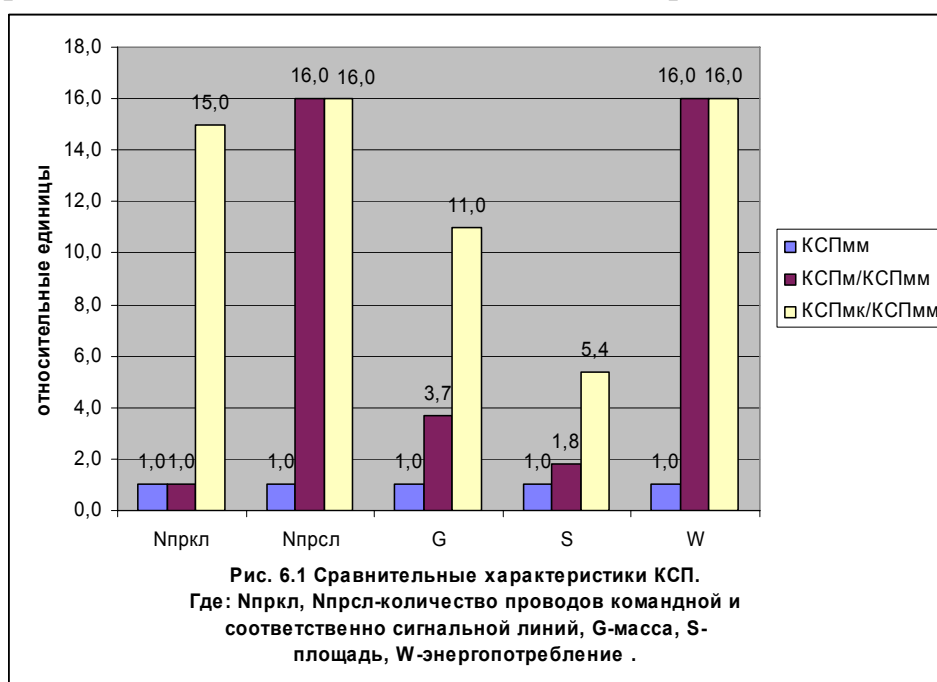
По результатам проведенных автором многочисленных исследований отказов и сбоев в каналах управления реальных бортовых систем ПКА и ДОС с использованием КСП различных типов, анализа ошибок операторов в период приемосдаточных, автономных, комплексных и полигонных испытаний ПКА, субъективных оценок космонавтов и операторов испытательных станций на всех этапах жизненного цикла ПКА и тренажеров в центре подготовки космонавтов при подаче команд, выявилась необходимость введения в эксплуатационную документацию таких характеристик, как:

- минимальная длительность команды с пульта при максимальной скорости работы операторов или космонавтов (минимальная длительность команды должна быть больше максимального времени включения – выключения конечного потребителя команды)
- минимально допустимая для средств отображения информации длительность сигналов, поступающих в пульт (средства сигнализации с

- цифровым управлением не должны срабатывать при длительности сигналов менее заданной – защита от случайных помех),
- более строгое определение назначения и области применения определенных типов КСП (например, средства со сжатием команд-информации должны использоваться для управления слабосвязанными системами),
 - время реакции операторов на поступающие сигналы (требуемое время реакции на сигнал и команду от системы не должно быть меньше времени реакции оператора, которое зависит как от операторов, так и от технических характеристик пультов),
 - минимальное, среднее и максимальное время выдачи команд при максимальной скорости работы операторов и космонавтов (данные необходимы для учета при построении циклограмм работы автоматизированных систем управления, каковыми являются ПКА, а также для учета при разработке требований к системе регистрации команд, выдаваемых с пультов),
 - требуемое время замены наименований команд на всех этапах жизненного цикла изделий (данные необходимы для планирования времени проведения изменений на ответственных этапах работы с ПКА в том числе при планировании работ в условиях космического полета).

6.1 Сравнительные характеристики пультов по массе, площади лицевой панели, количеству связей с контуром ручного управления и энергопотреблению

На рис. 6.1 приведены значения массы, количества проводов исходящих из пультов, площади лицевых панелей и энергопотребления многоканального пульта (КСПмк) и КСП с развернутым ИП (КСПм) в сравнении с КСПмм (КСУ ПКА "Союз-7К").



Показатели КСПмм взяты за единицу.

Показатели других пультов являются расчетными. Вначале проектировались пульты КСПм и КСПмк, аналогичные по информационной емкости пульту КСПмм, а затем определялись их абсолютные значения их показателей и затем вычислялись их относительные величины.

Многоканальный пульт проектировался с использованием электролюминесцентных сигнализаторов и тумблеров на два направления.

Как видно, все технические показатели КСУмм существенно лучше, чем у других пультов.

6.2. Сравнительные характеристики эргономических характеристик пультов

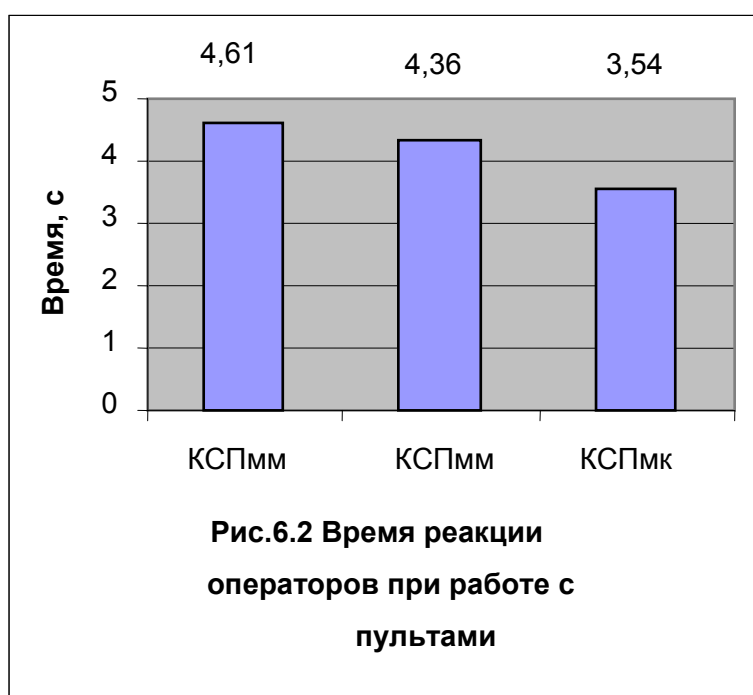
На основе инженерно-психологических исследований, которые были проведены СОКБ ЛИИ совместно с институтом медико-биологических проблем (ИМБП) на диаграмме рис. 6.2 представлены время реакции операторов при решении однотипных задач с помощью КСП различных типов.

Исследовалась работа операторов на трех пультах: КСПм, КСПмм и КСПмк (многоканальный пульт с использованием тумблеров)⁷.

Различие времени реакции при работе операторов на модельных установках по критериям Стьюдента и Фишера статистически достоверно.

По результатам исследований сделаны следующие выводы:

- по критерию «время реакции» существенных различий между КСПм и КСПмм, как устройствами управления, нет,
- в системах управления, в которых объекты могут быть классифицированы по хорошо различимым признакам могут использоваться пульты с матричным избиранием объектов управления и развернутой и свернутой формами представления информации.



⁷ Конарев В.П., Тяпченко Ю.А., Седакова Л.Б. Исследование работы оператора с матричными командно-сигнальными устройствами // Техническая эстетика.- 1975. №12. – с.25-27

Можно было бы предположить, что при указанном заключении пульты типа КСПмм, имея существенное преимущество по технико-экономическим показателям, представленным выше, должны широко применяться в системах управления ПКА, для которых масса, размеры, энергопотребление являются одними из основных показателей качества изделий.

Однако, на практике при модернизации ПКА "Союз-7К" и создании ДОС "МИР" КСПмм по требованию заказчика и вопреки возражениям СОКБ ЛИИ в лице автора пульты типа КСПмм были заменены на КСПм, т.е на КСП с развернутой формой представления информации.

Учитывая, что возврат к развернутым методам отображения информации с научно-технической точки зрения не являлось перспективным, под руководством автора были развернуты исследования по двум направлениям:

- а) первое основное - это исследование причин отрицательной оценки устройств со сжатием команд-информации и поиск способов отображения информации при ее сжатии,
- б) второе второстепенное, в принципе не имевшее перспективы, но ставшее на многие годы основным – разработка структуры ИП, выбор способа и средств выдачи большого количества команд и поиск методов повышения эффективности работы космонавтов с большими массивами сигнальной информации в КСП с развернутой формой ее представления.

По первому направлению были проведены:

- исследования особенностей деятельности операторов на этапе наземных комплексных испытаний СОИ "Сириус-7К" в составе корабля "Союз-7К",
- исследования причин предпочтения пульта типа КСПм пульту КСУмм.

По второму направлению были проведены сравнительные исследования эффективности работы операторов с пультами с развернутой формой представления информации и различными способами выдачи управляющих команд и разработаны предложения по повышению эффективности работы операторов при работе с большим объемом сигнальной информации.

Первое направление.

Исследовалась работа операторов спускаемого аппарата (СА) на этапе наземных комплексных испытаний (НКИ) корабля "Союз-7К" на заводе-изготовителе (в настоящее время завод ЗЭМ РКК «Энергия») и работа космонавтов на тренажере в период их подготовки к полету в РГНИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина.

Как известно, на ПКА "Союз-7К" используется два пульта типа КСУмм – КСУл и КСУп – левое командно-сигнальное устройство и соответственно правое.

Управление системами может осуществляться с КСУл или КСУп или одновременно: частью систем с одного КСУ, а другими - с другого.

Каждое КСУ состоит из 16 кнопок выбора систем и 12x2 кнопок подачи команд. В каждой системе до 16 управляемых агрегатов.

Контроль состояния агрегатов выполняется после выбора системы.

Выдача команды происходит в два этапа: выбор системы и затем нажатие кнопки «вкл» или «выкл».

При управлении с использованием КСУ можно выделить следующие операции:

- К-операция - контроль оператором состояния агрегатов,
- У-операция – это операция, в результате которой оператором выдается команда управления на включение или выключение агрегата.
- Л-цикл или П-цикл – последовательный вызов оператором систем для проверки состояния агрегатов в каждой системе с левого КСУ и соответственно с правого,
- О-цикл - это операция перебора оператором всех кнопок выбора систем на КСУл или на КСУп с целью проверки включенных или выключенных агрегатов после прохождения очередной программной метки или команды по командной радиолинии с Земли.,

Л.М. Котельникова (СОКБ ЛИИ) по методике, разработанной автором, провела исследования инструкций операторов по проверке систем в период комплексных испытаний кораблей "Союз-7К".

Исследования на этапе наземных комплексных испытаний показали⁸

- сжатие команд-информации, принятое в КСУ ПКА "Союз-7К" приводит к увеличению загрузки операторов при проверочных включениях в 1.2 – 1.3, а при автоматических режимах в 2-3 раза по сравнению с пультом типа КСПм с эквивалентной КСУ информационной емкостью. По сравнению с обычным пультом эти величины равны 1.6 и 4.5,

⁸ Котельникова Л.М., Тяпченко Ю.А. Исследование функционирования КСУ при испытаниях объектов типа 11Ф615// Отчет 53-73-111. Предприятие п/я М-5711. – г. Жуковский.-1973г. – 46 стр.,
Тяпченко

- О-циклы, т.е. операции контроля, выполняемые циклически, на правом КСУ составляют 61% от всех операций с КСУп. На КСПм и КСПмк такие операции отсутствуют.

Исследования, проведенные на тренажере ТДК-7К в РГНИИЦПК в 1970 г.⁹ и в 1973 г. подтвердили вышеуказанные выводы, как в количественном, так и в качественном планах. При этом отмечается, что количество К-операций, выполняемых космонавтами, которые прошли тренировки в предыдущие годы (1971, 1972), в 1973г. уменьшилось. Это говорит о том, что по мере выработки навыков доверие к пультам со сжатием команд-информации возрастает.

Итак, применение сжатия команд-информации принципиально приводит к существенному увеличению загрузки операторов при контроле автоматических режимов управления.

Вышеизложенные результаты исследований не дают ответа на причины предпочтения КСП с развернутыми ИП перед КСП со сверткой ИП.

Было сделано предположение, что несущественные, казалось бы, различия эргономических качеств пультов типа КСПм и КСПмм на приборном уровне становятся существенными на системном.

В связи с идентичностью информации, представляемой операторам на пультах КСПм и КСПмм, причины такого предпочтения должны носить психологический характер.

Специально проведенные в МГУ на кафедре высшей нервной деятельности исследования¹⁰ показали, что основным фактором, по которому КСПм предпочитается КСПмм, является недостаток релевантной информации, предоставляемой операторам с помощью КСПмм. По этой причине, а также потому, что КСПм представляется опрошенным операторам более привычным, а обучение работе с КСПм оценивается, как более легкое, при оценке пультов проявляется установка, что КСПм лучше, чем КСПмм. Два последних фактора (надежность и установка операторов) тесно связаны, взаимно увеличивая значение друг друга.

По результатам этих исследований дана главная рекомендация для построения ИП пультов со сжатием команд-информации:

⁹ Голенко Д.Г., Клочков В.В., Смеркис Ю.Б., Тяпченко Ю.А. Исследование работы операторов с КСУ на тренажере ТДК-7К// Отчет 282-71-КБ. Предприятие п/я М-5711. – Жуковский. -1971. – 58с.,

¹⁰Б.Ф. Гулько, Л.Ф. Соловьева, Ю.А. Тяпченко, Л.Б. Седакова. Экспертная оценка устройств сжатия команд-информации// Техническая эстетика.- 1976. №2. – с.14-15
Тяпченко 08.12.2005

компоновка информационного поля должна удовлетворять основному принципу – принципу автономности.

Это значит, что индикация состояния агрегатов отдельной системы должна размещаться на одной линейке КСПмм, или с одной линейки КСПмм должно обеспечиваться решение одной задачи.

Если при компоновке ИП по функциональному признаку одни и те же агрегаты участвуют в реализации нескольких функций, то отображение состояния этих агрегатов должно производиться на каждой линейке, с которой производится управление.

Для уменьшения загрузки операторов при контроле автоматических режимов автором был предложен принцип сигнализации изменения состояния управляемых объектов.

Принцип автономности и сигнализация (или регистрация) изменения состояния стали основополагающими принципами для построения современных компьютеризированных СОИ.

С учетом вышеизложенных рекомендаций создана СОИ "Нептун-МЭ" для ПКА "Союз-ТМА", в которой однако указанные требования учтены не в полном объеме, и поэтому в ней не достигнуты желаемые показатели эффективности работы операторов..

Второе направление.

В разделе 5 была решена техническая сторона синтеза иерархического пульта с пространственно разделенными информационным и командным полями.

Возможность создания пультов с пространственным разделением ИП и КП исследовалась Ф.Е. Темниковым и Б. Паншиным¹¹.

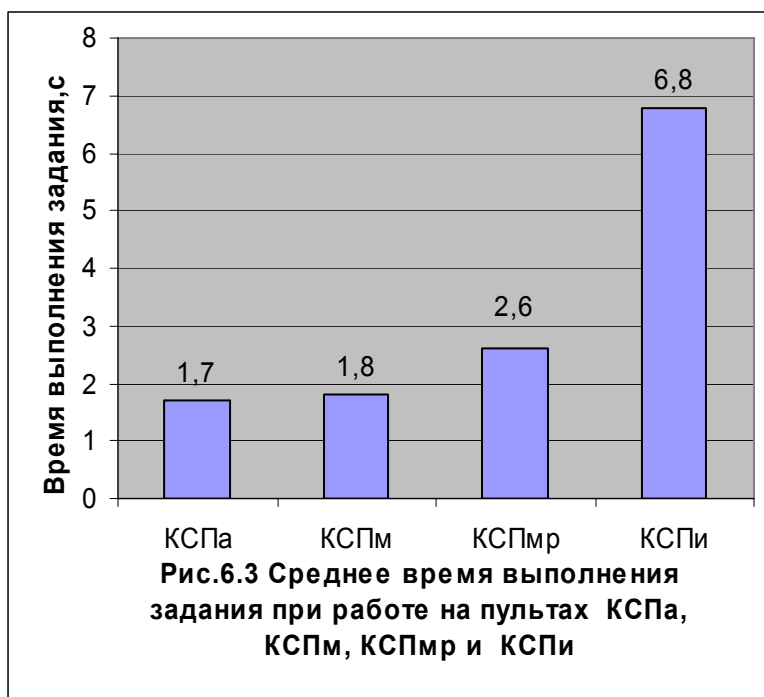
В нашей работе¹² сравнивались три способа избирания объектов управления: многоступенчатый (пульт КСПи), адресный (Пульт КСПа – пульт с десятичной клавиатурой для избирания адреса объекта управления) и матричный.

Последний рассматривался в двух вариантах: совмещение ИП и КП (пульт КСПм) и пространственное разнесение ИП и КП (пульт КСПмр).

Основные результаты исследований приведены на диаграмме рис.6.3.

¹¹ Темников Ф.Е., Паншин Б. Варианты компактных средств контроля и управления. // Техническая эстетика. - 1971. №7.

¹² Л.Ф. Соловьева, Ю.А. Тяпченко, Д.М. Рамендик. Исследование работы оператора на пультах с матричным, многоступенчатым и адресным вводом информации. // Техническая эстетика. - 1978. №6. – с.8-10.



По результатам исследований сделаны следующие выводы и рекомендации:

- Из двух пультов с матричным избиранием предпочтительнее КСПм с расположением клавиатуры вдоль перпендикулярных сторон сигнального поля. При этом близким к оптимальному является КСПм с размером поля 10x10 сиг-

нальных ячеек.

- При случайном избирании объектов управления эффективность многоступенчатых пультов (КСПи) зависит от способа разбиения ИП на части. Предел разбиения – две ступени или матричный способ избирания. Эффективность КСПи может быть повышена для последовательно решаемых оператором задач. В этом случае предварительно избирается, например, система или соответствующее ей табло, затем производится работа в пределах ИП избранного табло.
- Адресный способ кодирования, не уступая по эффективности матричному, в условиях практики влечет за собой необходимость кодирования всех ячеек сигнальных табло. Это приводит к уменьшению поля сигнализаторов для нанесения смысловых надписей и противоречит требованиям эргономики, а при увеличении размеров табло – требованиям компактности.

Конструктивным является разделение задачи управления на две части:

- а) избирание адресным способом табло, б) избирание в избранном табло ячейки.

Как и при решении задачи синтеза пульта с иерархическим способом избирания, по результатам инженерно-психологических исследований в качестве базового рекомендуется табло размером 3x3 ячеек, как показано на рис.5.4, которому может быть сопоставлен блок десятичной клавиатуры с аналогичной структурой, как показано на рис. 5.3.

Такой пульт отвечает не только эргономическим требованиям, но и требованиям унификации табло, органов управления и не противоречит

направлению развития щитов управления при переходе на дисплейную технику.

С учетом рекомендаций данных исследований были созданы СОИ "Плутон" и "Меркурий" для ДОС "МИР" и предложен ряд проектов пультов для передвижных электростанций, один из примеров которых показан на рис. 5.5.

Одновременно в этих системах были введен режим контроля изменения состояния. Эксплуатация СОИ "Плутон" с указанными режимами на станции "МИР" подтвердила их высокую эффективность.

Таким образом, выше был показан аппаратный путь развития командно-сигнальных пультов. В этом развитии КСПи с выше предложенной структурой табло, являются конечным типом пультов с развернутым ИП.

Аппаратный путь развития такого рода пультов исчерпан. Будущие пульты – это компьютеризированные пульты со свернутым ИП на основе современных компьютерных и информационных технологий, как это показано в разделе 4, при создании которых должны выполняться требования, многие из которых определены по результатам представленных в этом разделе исследований.

Методы повышения эффективности КСПм, КСПи и «скоростные» характеристики будут представлены в отдельной статье.

№п/п	Наименование СОИ	ПКА	Тип КСП	Размер информационного поля	Тип информационного поля	Кол-во кнопок		Максимальное количество команд	Степень сжатия
						1 ступень	2 ступень		
						7	8		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	«СИС-5-3КВ»	"Восход"	КСПм	7 x 13	7 x 13	7	13x2	182	5,52
2	«Сатурн»	"Зонд"	КСПм	8 x 13	8 x 13	8	13+4	136	5,54
3	<i>там же</i>	"Зонд"	КСПм	7 x 10	7 x 10	7	10x2	140	5,19
4	<i>там же</i>	"Зонд"	КСПммбд	13x13	СД в кн	13	13x1	169	6,5
5	«Уран»	СА ЛЗ	КСПм	9 x 9	9 x 9	9	9 + 6	135	5,63
6	«Уран»	СА ЛЗ	КСПм	9 x 7	9 x 7	9	9 + 4	117	5,32
7	«Орион»	БО ЛЗ	КСПм	7 x 5	7 x 5	7	5x2	70	4,12
8	«Луч»	ЛК ЛЗ	КСПм	9 x 9	9 x 9	9	9x2	162	5,79
9	«Сириус-7К», «Сириус- А8»,	Союз-7К	КСПмм	16 x 16	1 x 16	16	12x2	384	9,6
10	"Сириус-17К"	"Салют"	КСПмм	16 x 16	1 x 16	16	12x2	384	9,6
11	«Мирзам –17К» (управление пироклапанами ОДУ и системы «Радуга»)	"Салют"	КСПмр	-	две мнемосхемы с СД	7	7 и ступень 3	49	3,27
12	<i>Там же</i> (управление электропневмогидроклапанами ОДУ и системы «Радуга»)	<i>там же</i>	КСПмр	-	<i>там же</i>	9	9 и ступень 3	81	4,26
13	<i>Там же</i> (управление пироклапанами заправщика)	<i>там же</i>	КСПмр	<i>там же</i>	<i>там же</i>	7	7 и ступень 3	49	3,27
14	"Марс"	Алмаз	КСПмм	16 x 16	1 x 16	16	12x2	384	9,6
15	"Марс"	<i>там же</i>	КСПм	4 x 9	2x(2x9)	4	9x2	72	3,27
16	"Марс" (ППР)	<i>там же</i>	КСПм	4 x 9	2x(2x9)	4	9x2	72	3,27
17	<i>там же</i>	<i>там же</i>	КСПм	9 x 9	3x(3x9)	9	9x2	162	6
18	"Икар" (ПВА1)	<i>там же</i>	КСПм	11 x 9	3x(3x9)+(2x9)	11	9x2	198	6,83
19	<i>там же</i>	<i>там же</i>	КСПммбд	13 x 13	СД в кн.	13	13x1	169	6,5
20	"Икар" (ПСВ)	<i>там же</i>	КСПм	5 x 9	(3x9) +	4	9x2	72	3,27

№п/п	Наименование СОИ	ПКА	Тип КСП	Размер информационного поля	Тип информационного поля	Кол-во кнопок		Максимальное количество команд	Степень сжатия
						1 ступень	2 ступень		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
					(2x9)				
21	"Юпитер" (ПГО1)	там же	КСПм	9 x 9	3 x (3 x 9)	9	9 x 2	162	5.79
22	"Вега"- пульт бортинженера ПБИ (РМЗ)	Буран	КСПм	5x7	поле светодиодное	5	7+1кн	35	2,7
23	там же	там же	КСПм	9 x 9	3 x (3 x 9)	9	9 x 2	162	5.79
24	«Нептун»	Союз-Т	КСПм	9 x 9	3 x (3 x 9)	9	9 x 2	162	5.79
25	там же	там же	КСПм	7 x 9	(3x9) + 2x(2x9)	7	9 x 2	126	5,04
26	«Нептун-М»	"Союз-ТМ"	КСПм	9 x 9	3 x (3 x 9)	9	9 x 2	162	5.79
27	там же	там же	КСПм	7 x 9	(3x9) + 2x(2x9)	7	9 x 2	126	5,04
28	"Плутон"	"МИР" - базовый блок	КСПир	Пульт сигнализации	2мп x ((3 x 3) т x (3 x 3)сиг)	9(ст1)+9(ст2)	9(ступень3) и 2ступени 4	9x9x9x2=1458	50,28
29	«Мирзам –1А» (управление пироклапанами ОДУ)	там же	КСПир	Панель ОДУ	мнемосхема с СД	7	7 и 1 (ступень 3)	49	3,27
30	Там же (управление электроклапанами ОДУ)	там же	КСПир	там же	там же	9	9 и 1 (ступень 3)	81	4,26
31	Там же (управление клапанами заправщика)	там же	КСПир	там же	там же	7	7 и 1 (ступень 3)	49	3,27
32	"Меркурий"	Природа	КСПир	Пульт сигнализации ПКСМ	6мп x (3т x (3x3)сиг)	2x(6(ст1) + 6(ст2))	2x (9 и 1 (ст3))	2x(6x6x9x2)=2x648	28.17
33	то же	Спектр	КСПир	то же	2мп x (3т x	6(ст1) +	9 и 1 (ст3)	648	28.17

№п/п	Наименование СОИ	ПКА	Тип КСП	Размер информационного поля	Тип информационного поля	Кол-во кнопок		Максимальное количество команд	Степень сжатия
						1 ступень	2 ступень		
						7	8		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
					(3x3)сиг)	6(ст2)			
34	<i>то же</i>	Квант1	КСПир	<i>то же</i>	4мп х (3т х (3х3)сиг)	6(ст1) + 6(ст2)	9 и 1 (ст3)	648	28.17
35	<i>то же</i>	Квант2	КСПир	<i>то же</i>	4мп х (3т х (3х3)сиг)	2(6(ст1) + 6(ст2))	2х (9 и 1 (ст3))	2 х 648	28.17
36	<i>то же</i>	Кристалл	КСПир	<i>то же</i>	3мп х (3т х (3х3)сиг)	6(ст1) + 6(ст2)	9 и 1 (ст3)	648	28.17

Примечание: Обозначения и сокращения в таблице.

сд – светодиоды

бд- без дешифратора,

КСП – командно-сигнальный пульт,

КСПмм - командно-сигнальный пульт с матричным способом подачи команд и матричным способом вызова объектов на контроль,

КСПммбд – это пульт типа *КСПмм* без дешифратора наименований объектов управления,

КСПир – *КСП* с иерархическим способом избирания объектов управления и развернутым информационным полем в виде мнемосхем или табло сигнализаторов,

мп - модуль пульта, *ст* - ступень, *сиг* – сигнализатор, *т* – табло, *Кн* – кнопки,