

# Лекция № 18

## Тема 3.3. Приборное оборудование цифровых комплексов ПНО

1. Состав комплекса цифрового пилотажно-навигационного оборудования (КСЦПНО)
2. Передача информации между подсистемами комплекса биполярным последовательным кодом (БПК)
3. Резервные приборы ВБМ-2, УС-2, ВАР-30

## 1. Состав комплекса цифрового пилотажно-навигационного оборудования (КСЦПНО)

Этапы развития воздушных судов :

- 1900 – 1940 гг. – механизация воздушных судов;
- 1940 – 1970 гг. – электрификация воздушных судов;
- 1970 – 2000 гг. – электронизация воздушных судов;
- 2000 г. и далее – внедрение искусственного интеллекта (ИИ).

Этап электронизации ВС: применение интегральных микроэлектронных технологий и созданием на их основе бортовых высокопроизводительных компьютеров и новых автоматизированных систем контроля и управления. Из слов «авиация» и «электроника» возник новый термин – «авионика», которым в конце XX века стали называть бортовые электронные средства и их комплексы, обеспечивающие управление полетом. XXI век - переход к искусственному интеллекту в управлении, но существующие интегрированные комплексы и системы бортового цифрового оборудования (СБЦО) нельзя считать комплексами, построенными на основе искусственного интеллекта (ИИ), так как средства информационной поддержки принятия решения человеком (СИППР) отсутствуют.

## 1. Состав комплекса цифрового пилотажно-навигационного оборудования (КСЦПНО)

Анализ подобных систем показывает, что в настоящее время пока не созданы бортовые информационно-управляющие системы (БИУС) с системой СИПР, построенные на базе ИИ.

Непрерывный рост интенсивности воздушного движения предъявляет постоянно возрастающие требования к оптимальному использованию воздушного пространства и навигационным характеристикам в соответствии с документами ICAO 9613 и ICAO 9650. Это вызвано необходимостью обеспечения эффективности эксплуатации, регулярности и безопасности полетов. Такие задачи возможно успешно решать за счет использования новых интегрированных комплексов и СБЦО ВС нового поколения.

В настоящее время уже существует несколько поколений базовых интегрированных комплексов авионики.

## 1. Состав комплекса цифрового пилотажно-навигационного оборудования (КСЦПНО)

**Первое** - комплекс стандартного цифрового пилотажно-навигационного оборудования (КСЦПНО), установленный на самолетах В-757/767, А-320, ИЛ-96, ТУ-204, АН-74, Ан-140, период разработки - 1980 – 1993 гг.

**Второе** - интегрированные комплексы бортового оборудования (ИКБО-95), установленные на самолетах В-777, Бе-200, ТУ-214, ТУ-204-300, ТУ-334, АН-148, период разработки - 1995-2003 гг.

**Третье** - (ИКБО-2005) установлены на самолетах А-380, период разработки - 2005-2006 гг.

Базовые комплексы стандартного цифрового пилотажно-навигационного оборудования (БКСЦПНО) устанавливаются на воздушных судах нового поколения (Ил-96-300, Ту-204, Ту-334, Ил-114, Ка-38, Ан-70, Ан-140, и др.). Технический уровень БКСЦПНО несколько превышает уровень ПНО самолетов В-757, В-767, А-310. Функциональные возможности расширены примерно на 20...40%.

Первые бортовые комплексы имели одну вычислительную машину и были построены по централизованному принципу на базе аналогового вычислителя.

В дальнейшем бортовой комплекс стал строиться по федеративному принципу, предполагающему наличие нескольких отдельных специализированных вычислителей. При этом каждая функция управления реализуется в отдельных блоках с единым индикационным полем кабины экипажа (EFIS).

Первые федеративные бортовые комплексы были гибридными, так как содержали как аналоговые, так и цифровые вычислители.

Впоследствии аналоговые вычислители были полностью заменены цифровыми с использованием интерфейса связи по стандарту A-429.

### Предпосылки к переходу к модульной авионике

Эволюция федеративного бортового комплекса привела к тому, что количество цифровых блоков, устанавливаемых на борту летального аппарата, за 20 лет возросло в 5 раз.

При этом существенно усложнилось программное обеспечение вычислительных машин. Это привело к проблемам в разработке и отладке программного обеспечения.

Следующая группа проблем была связана с объединением различного оборудования в единый комплекс. «Электронный борт» каждого самолета стал представлять собой уникальный продукт, требующий сложных технологий системной интеграции.

Как следствие, изменилась и структура затрат на программное обеспечение, которая стала составлять порядка 80% стоимости разработки бортового комплекса. Назрела необходимость революционного изменения архитектуры комплекса.

В качестве решения проблемы была выдвинута идея построения бортового комплекса на принципах интегрированной модульной авионики.

Под интегрированной модульной авионикой понимается концепция построения бортового комплекса, базирующаяся на открытой сетевой архитектуре и единой вычислительной платформе. Понятие «интегрированная» используется как объединение общих ресурсов — источников питания, процессора, памяти, коммуникационных шин, источников ввода-вывода для решения единой задачи — управления. Функции систем комплекса в этом случае выполняют программные приложения, разделяющие общие вычислительные и информационные ресурсы.

## 1. Состав комплекса цифрового пилотажно-навигационного оборудования (КСЦПНО)

Комплекс стандартного цифрового пилотажно-навигационного оборудования (КСЦПНО) является практически полностью цифровым. В отличие от аналоговых ПНК здесь датчики, вычислители, индикаторы выполнены на цифровой элементной базе, все связи между системами комплекса также цифровые.

Основные направления развития авионики - все более широкое использование в ней микропроцессорных устройств и цифровых вычислительных машин, которые по своим вычислительным и логическим возможностям цифровой элементной базы превосходят аналоговые, и перспективные возможности интеллектуализации пилотажно-навигационных комплексов (ПНК).

Безусловно, рост требований к регулярности, надежности и безопасности полетов привел к появлению принципиально новых бортовых БКСПНО, основанных на цифровом управлении ВС.

## 1. Состав комплекса цифрового пилотажно-навигационного оборудования (КСЦПНО)

Переходу к цифровому пилотажно-навигационному оборудованию (ЦПНО) способствовали следующие факторы:

- высокая технологичность, малые габаритные размеры, масса и стоимость цифровой элементной базы;
- возможность решения большого числа логических задач и более простая, надежная и глубокая организация встроенного контроля, позволяющего охватить практически все оборудование комплекса;
- получение высокой надежности благодаря использованию методов структурной и информационной избыточности и большая возможность стандартизации и унификации оборудования;
- уменьшение рабочей нагрузки на экипаж благодаря применению цифровых систем электронного отображения информации на цветных дисплеях.

## 1. Состав комплекса цифрового пилотажно-навигационного оборудования (КСЦПНО)

Из зарубежных данных следует, что переход к цифровым системам в пилотажной части комплекса позволяет:

- уменьшить ее стоимость на 20...40%;
- на 75% сократить трудоемкость технического обслуживания ;
- на 30...50% - число случаев невыполнения программы полета из-за неисправности ПНК;
- на 50% снизить потери из-за повреждения ПНК.

Существенно снижается моторная нагрузка на экипаж. Так, в зависимости от этапа полета нагрузка на командира корабля уменьшается на 10...35%, на второго пилота - на 25...45%, на бортинженера - на 30...60%.

Однако речь идет о снижении моторной нагрузки, а не сенсомоторики в целом. И это показали катастрофы на ВС нового поколения.

Сенсомоторика (от лат. sensus - чувство, ощущение и motor - двигатель) - взаимосоординация - сенсорных и моторных компонентов деятельности - получение сенсорной информации приводит к запуску тех или иных движений , а те, в свою очередь, служат для регуляции, контроля или коррекции сенсорной информации

## 1. Состав комплекса цифрового пилотажно-навигационного оборудования (КСЦПНО)

**Пилотажно-навигационное оборудование** обеспечивает выполнение следующих функций:

- автоматическое самолетовождение в горизонтальной и вертикальной плоскостях при полете по запрограммированному маршруту и в зоне аэродрома;
- комплексную обработку информации от автономных и неавтономных средств с целью обеспечения заданной точности и достоверности поступающих данных;
- оптимизацию режимов полета с целью экономии топлива;
- автоматический заход на посадку согласно I и II категориям ICAO и автоматическую посадку согласно IIIA категории ICAO по радиомаякам СП 50, ILS и MLS, соответствующим этим категориям;
- директорное управление боковым и продольным движением при взлете, начиная с момента отрыва от ВПП;
- индикацию пилотажно-навигационной информации на многоцветных экранных индикаторах, пультах управления и резервных приборах.

## 1. Состав комплекса цифрового пилотажно-навигационного оборудования (КСЦПНО)

В состав цифрового ПНК самолета Ил-96-300 и Ту-204 входят следующие основные системы:

**САУ** - система автоматического управления. В САУ входят: ВСУП - вычислительная система управления полетом; ВСУТ - вычислительная система управления тягой; АСУУ – автоматическая система устойчивости и управляемости; САД система активного демпфирования.

**ВСС** - вычислительная система самолетовождения, **РНО** – радионавигационное оборудование, **ПО** – приборное оборудование, **ССЛО** - система сбора и локализации отказов, **СЭИ** - система электронной индикации, **КИСС** - комплексная информационная система сигнализации, **СПКР** – система предупреждения критических режимов полета, **СППЗ** – система предупреждения приближения земли, **СПС** - системы предупреждения столкновений.

Исходя из этого перечня, следует сделать вывод, что сенсорная нагрузка на экипаж резко возрастает при управлении самолетами нового поколения.

## 1. Состав комплекса цифрового пилотажно-навигационного оборудования (КСЦПНО)

Авионика АН-148, по мнению конструкторов, является универсальной базой для модернизации самолетов гражданского и военного назначения различных типов: Ан-124-100, Ан-140, Ан-74, Ил-96-300, Ил-114, Ил-112, Ил-214, Ту-204, Ту-214, Ту-334.

Такая разработка рассматривалась в авиапромах России и Украины как комплексная и совместная и могла бы создать новое современное поколение базового бортового оборудования. В ближайшей перспективе оборудование при соответствующей адаптации программного обеспечения может быть рекомендовано для широкого класса вновь строящихся и модернизируемых самолетов гражданского и военного назначения.

Ан-148 – базовые системы: ВСС-100, КСЭИС-148, САУ-148, ЭДСУ-148.

Новые системы авионики АН-148, которые были поставлены на этом самолете, по результатам исследований, обеспечивают перспективность его применения на ближайшие 20 лет.

Рассмотрим более подробно состав и назначение основных систем такой перспективной разработки авионики.

## 1. Состав комплекса цифрового пилотажно-навигационного оборудования (КСЦПНО)

**Вычислительная система самолетовождения ВСС-100** – обеспечивает автоматическое маневрирование по стандартным схемам прибытия (STAR), вылета (SID), захода на посадку (APPROACH) и маневрирования в зонах ожидания (HOLD), выполняет расчеты взлетно-посадочных характеристик воздушного судна, включая безмоторный полет в случае полного отказа силовой установки. Для сокращения загрузки экипажа, состоящего из двух пилотов, проделана большая работа по оптимизации операторских процедур и информационных кадров ВСС-100, организован обмен регламентированными форматами сообщений с радиосвязным оборудованием для последующей их трансляции на землю по каналу ACARS.

**Система автоматического управления САУ-148** является единой интегрированной системой управления полетом и тягой двигателей. Ресурсы и надежность системы обеспечивают автоматизацию полета от взлета до посадки по категории III ICAO.

## 1. Состав комплекса цифрового пилотажно-навигационного оборудования (КСЦПНО)

**Комплексная система электронной индикации и сигнализации КСЭИС-148** - обеспечивает вывод на экраны индикаторов:

- пилотажной информации о пространственном положении самолета, его скорости, высоте, вертикальной скорости, режимах работы системы автоматического управления, заданных параметрах полета;
- навигационной информации о курсе, ветре, отклонениях от заданного направления полета, данные системы самолетовождения, информацию радионавигационных и посадочных систем АРК, VOR, DME, ILS/СП, РСБН;
- плана полета и картографическую маршрутную информацию с изображением топографической карты местности;
- схемы выхода из района аэродрома, захода на посадку, схемы аэропортов;
- изображения рельефа местности от бортовой системы предупреждения приближения земли TAWS;

## 1. Состав комплекса цифрового пилотажно-навигационного оборудования (КСЦПНО)

**Комплексная система электронной индикации и сигнализации КСЭИС-148** - обеспечивает вывод на экраны индикаторов:

- информации о воздушном движении и опасном сближении с другими ЛА от системы предупреждения столкновения TCAS;
- телевизионной картины от бортовых телекамер;
- информации о работе и параметрах силовой установки, систем самолета;
- сигнализации экипажу о возникновении опасных ситуаций в полете;
- аварийных, предупреждающих и уведомляющих сообщений, в необходимых случаях выдает речевые и звуковые тональные предупреждения, включает привлекающие внимание пилотов центральные сигнальные огни;
- сигнальных сообщений, сопровождающихся подсказками по действиям, которые необходимо выполнить пилотам;
- индикации карт контрольных операций из РЛЭ.

## 1. Состав комплекса цифрового пилотажно-навигационного оборудования (КСЦПНО)

**Электродистанционная система управления - ЭДСУ-148** обеспечивает:

- следящее управление секциями руля высоты (РВ), элеронами, рулем направления (РН) и многофункциональными интерцепторами (ИМ);
- позиционное управление тормозными интерцепторами;
- выполнение функции демпферов тангажа, крена и рысканья;
- выполнение функции ограничения предельных режимов;
- выполнение функции компенсации асимметрии тяги;
- выполнение команд САУП.

## 2. Передача информации между подсистемами комплекса биполярным последовательным кодом (БПК)

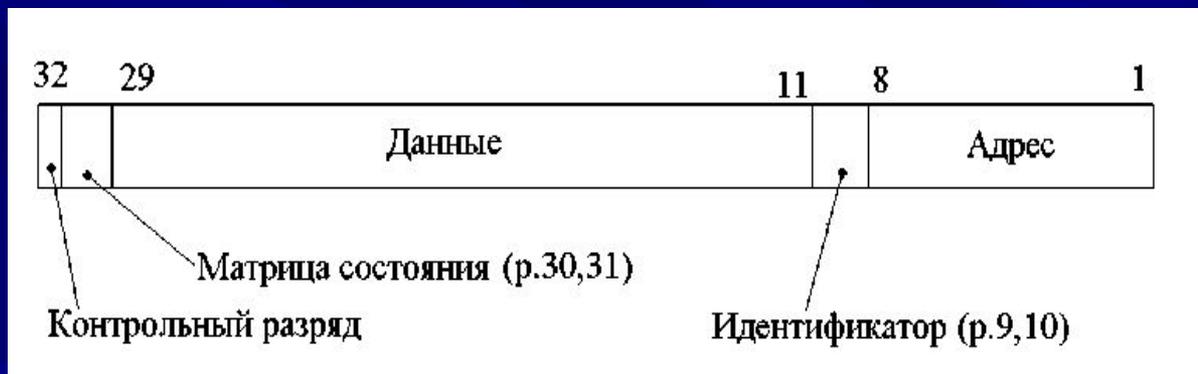
**Обмен двуполярным кодом по ARINC 429.** В настоящее время это самый распространенный способ обмена информацией на гражданских ЛА. Основной принцип передачи информации: источник, имеющий информацию для передачи, выдает ее всем, кому она нужна. При этом используется последовательная передача, вся информация выдается по витой и экранированной паре проводов – **кодовой линии связи**. Передача информации в обратном направлении по этой же паре проводов запрещена, при необходимости используется отдельная линия. Все приемники, заинтересованные в информации от данного источника, подключаются к этой паре проводов и каждый выбирает из передаваемой информации то, что ему требуется. Передача, как правило, асинхронная, т.е. источник передает данные по мере готовности, а приемник должен быть готов в любой момент принять передаваемые данные или, по крайней мере, поместить их в буфер, чтобы они не пропали. Уведомление источника о том, что данные приняты верно, не предусматривается.

## 2. Передача информации между подсистемами комплекса биполярным последовательным кодом (БПК)

### Обмен двуполярным кодом по ARINC 429.

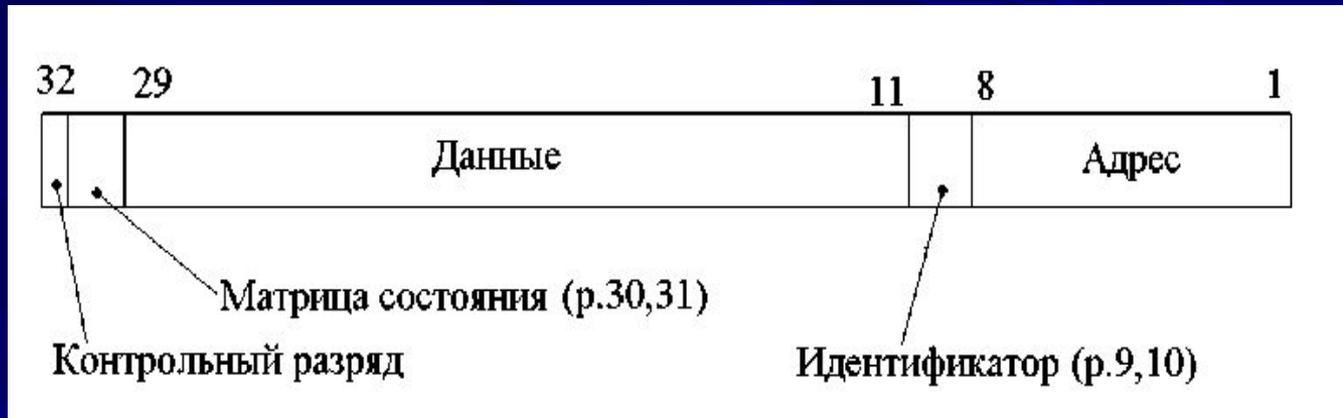
Основная информация передается циклически, поэтому неверно принятые данные могут быть приняты в следующем цикле. Интервал передачи для разного вида данных колеблется от 10 мс до 1 с.

**Информационные характеристики.** Основным элементом информации – 32-разрядное цифровое слово.



Первые 8 разрядов слова используются для идентификации содержащейся в слове информации или для идентификации его применения.

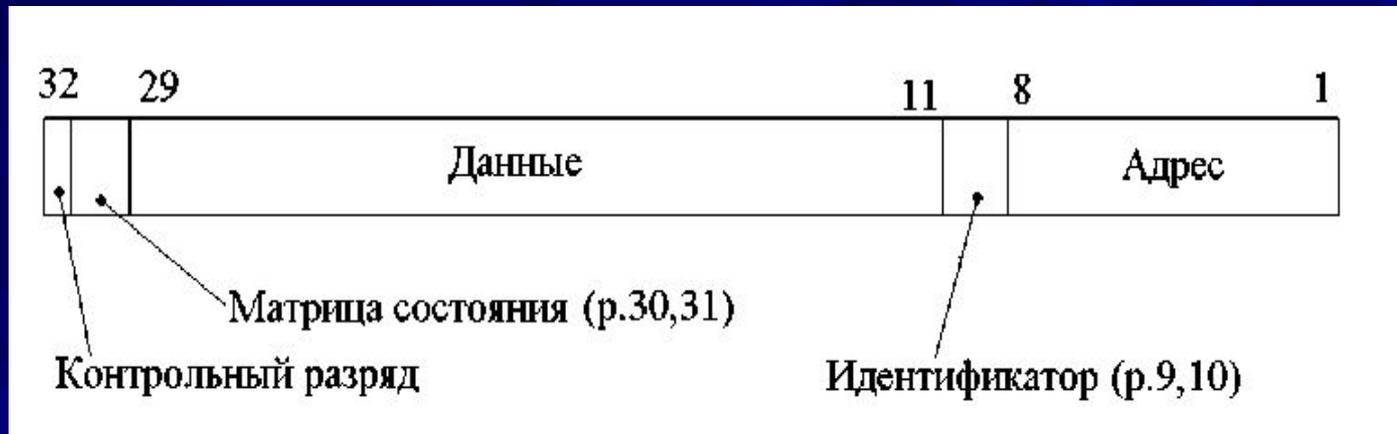
## 2. Передача информации между подсистемами комплекса биполярным последовательным кодом (БПК)



В ARINC 429 эти 8 разрядов называются label – «ярлык», но в отечественной традиции принято называть их *адрес*. Каждый источник может выдавать до 255 слов с разными адресами (нулевой адрес не используется). Всем основным параметрам, используемым на ЛА, заранее установлены адреса. Для тех параметров, которые в стандарте не упоминаются, адреса выбирает разработчик системы.

Разряды 9,10, *идентификатор источника*, используются для указания номера источника информации, если их несколько (например, 2 независимых канала системы). Эти разряды могут также использоваться для указания номера приемника, которому адресована информация.

## 2. Передача информации между подсистемами комплекса биполярным последовательным кодом (БПК)



Разряды с 11 по 29 отведены для данных. В зависимости от типа данных предусматривается 5 основных типов слов:

- двоичный код (ДК);
- двоично-десятичный код (ДДК);
- слова дискретных сигналов (СДС);
- данные техобслуживания;
- цифробуквенная информация.

Данные ДК содержат значение параметра в двоичном дополнительном коде. Старший значащий разряд числа – 28, его вес равен половине от максимального значения, выбранного для параметра.

## 2. Передача информации между подсистемами комплекса биполярным последовательным кодом (БПК)

**Дополнительный код** положительного числа равен прямому коду этого числа

### Алгоритм получения дополнительного кода отрицательного числа

Для получения дополнительного  $k$ -разрядного кода отрицательного числа необходимо:

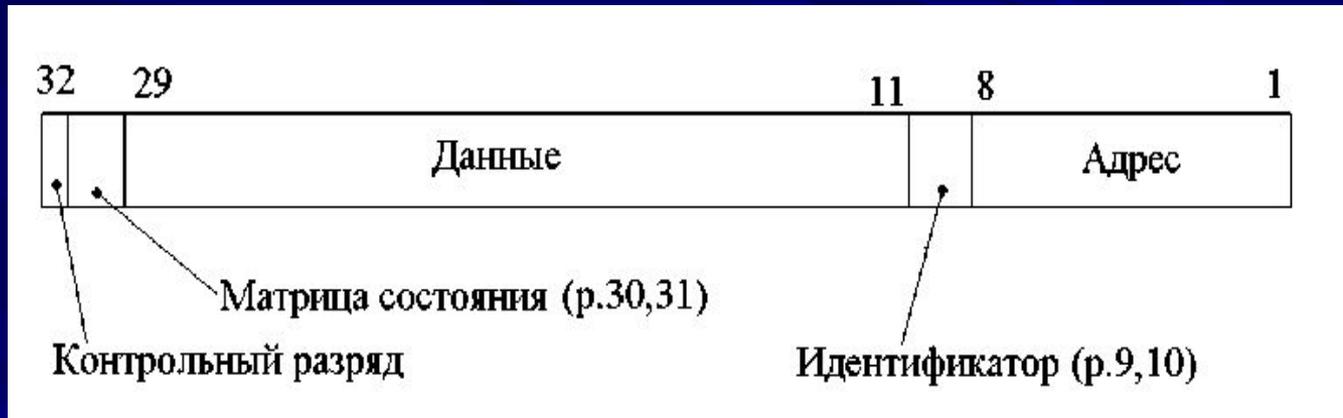
- модуль отрицательного числа представить прямым кодом в  $k$  двоичных разрядах;
- значение всех бит инвертировать: все нули заменить на единицы, а единицы на нули (таким образом, получается  $k$ -разрядный обратный код исходного числа);
- к полученному обратному коду прибавить единицу.

00110100 - число  $|-52|=52$  в прямом коде

11001011 - число - 52 в обратном коде

11001100 - число - 52 в дополнительном коде

## 2. Передача информации между подсистемами комплекса биполярным последовательным кодом (БПК)

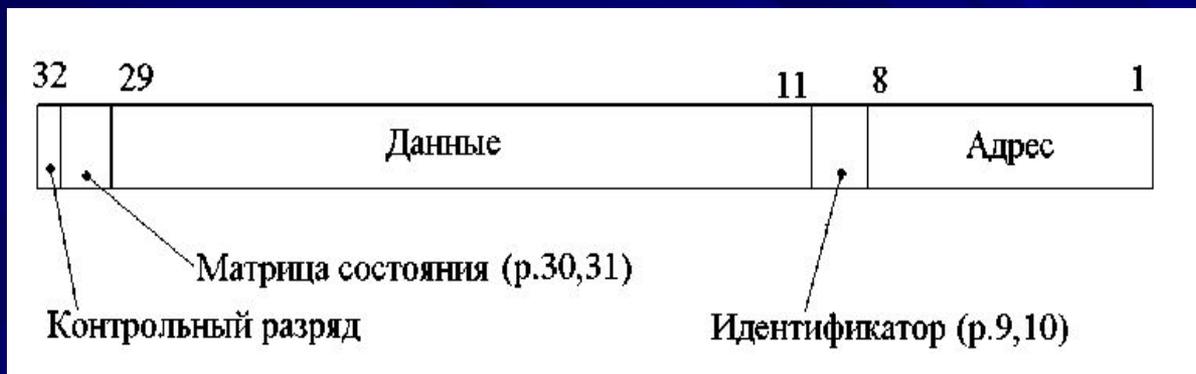


Отрицательные числа кодируются как двоичное дополнение положительной величины, а знак передается в 29 разряде:

- это плюс, север, восток, вправо, вверх, к;
- это минус, юг, запад, влево, вниз, от.

Угловые величины кодируются в пределах от 0 до 179,999°. Угловые величины  $\alpha$  от 180° до 359,999° кодируются отрицательными числами - как двоичное дополнение угла (360- $\alpha$ ). Например, угол 181° кодируется как двоичное дополнение числа 179.

## 2. Передача информации между подсистемами комплекса биполярным последовательным кодом (БПК)

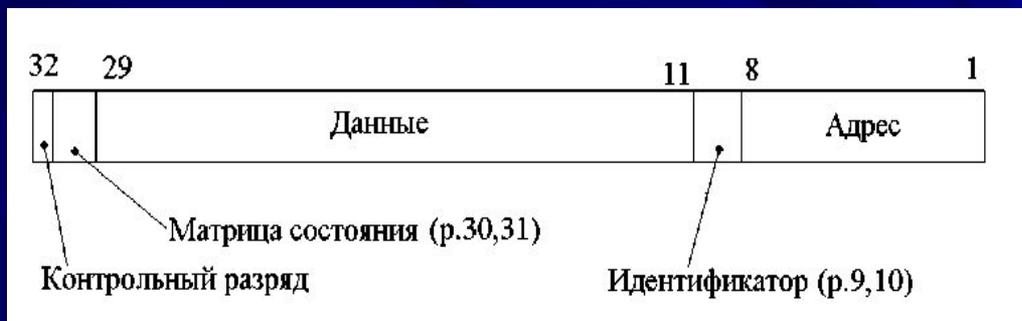


**Слова ДДК** содержат 5 цифр. Каждая цифра кодируется тетрадой – 4 разрядами (старшая тетрада – неполная, содержит только 3 разряда с 27 по 29). Эти 4 разряда представляют цифру в двоичном коде: «0000» – это 0, «0001» – это 1, «0010» – это 2 и т.д.

**Слова СДС** содержат дискретные сигналы – по одному сигналу в каждом разряде информационной части слова. Наличие сигнала передается одним состоянием разряда (например, «1»), а отсутствие – другим (например, «0»). Дискретные сигналы могут также передаваться в младших, неиспользуемых разрядах слов ДК и ДДК.

**Цифробуквенная информация** кодируется в алфавите ISO №5. В этом алфавите каждому символу – цифре, букве, спецсимволам - соответствует уникальный 8-разрядный код. В каждом слове передается по 2 символа.

## 2. Передача информации между подсистемами комплекса биполярным последовательным кодом (БПК)



ARINC 429 не предусматривает передачу графических данных, но подчеркивается, что при необходимости такой передачи может быть использован принцип кодирования символов, подобный алфавиту ISO №5, где каждый код будет означать не букву или цифру, а графический элемент – вектор, дугу и т.д.

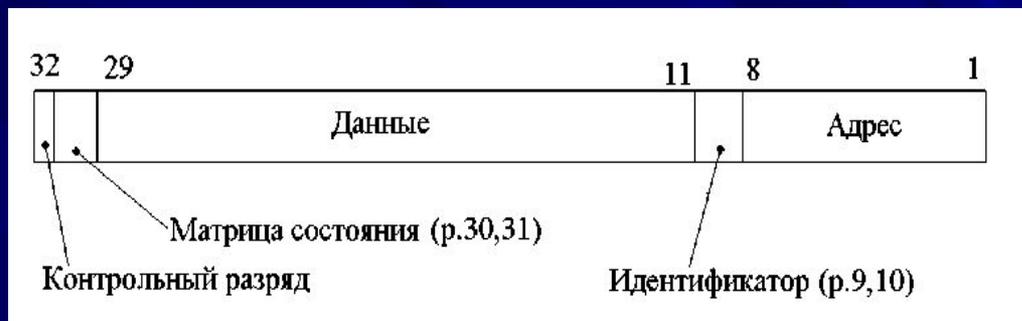
**Данные техобслуживания** передаются массивами из нескольких слов. Каждое слово в массиве имеет один и тот же адрес, а матрица состояния указывает какое это слово – первое, промежуточное или последнее. В первом слове в разрядах 9-16 передается количество слов в массиве. Передача данных массивами позволяет значительно расширить разрядность данных (в обычных словах данные могут занимать только 21 разряд). Предполагается, что приемник знает, как интерпретировать поступающую информацию.

## 2. Передача информации между подсистемами комплекса биполярным последовательным кодом (БПК)

Матрица знак/состояние (в дальнейшем – матрица состояния) заполняется в соответствии с таблицей

31	30	Тип данных			
		ДДК,СДС	ДК	ISO №5	Файл
0	0	+, к, север, восток, вправо, вверх	отказ	промежуточное слово	как ДДК или как ISO №5
0	1	нет вычисленных данных	нет вычисленных данных	начальное слово	начальное слово
1	0	тест	тест	конечное слово	конечное слово
1	1	-, от, юг, запад, влево, вниз	нормальная работа	управляющее слово	как ДДК или как ISO №5

## 2. Передача информации между подсистемами комплекса биполярным последовательным кодом (БПК)



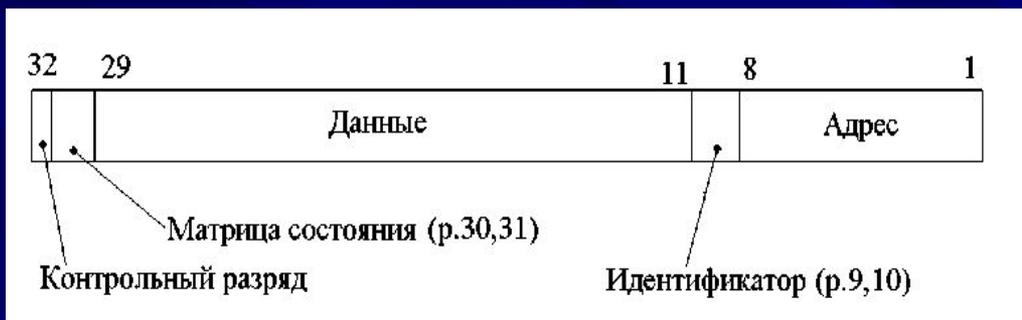
Матрица состояния «Нет вычисленных данных» означает, что информация в слове недостоверна, но по иным причинам, нежели отказ самой системы.

Матрица «Отказ» в словах ДК означает именно отказ самой системы. Для других типов слов сообщение об отказе не предусматривается, система-источник просто должна прекращать выдачу тех слов, которые она не может выдавать правильно.

Матрица «Тест» может выдаваться:

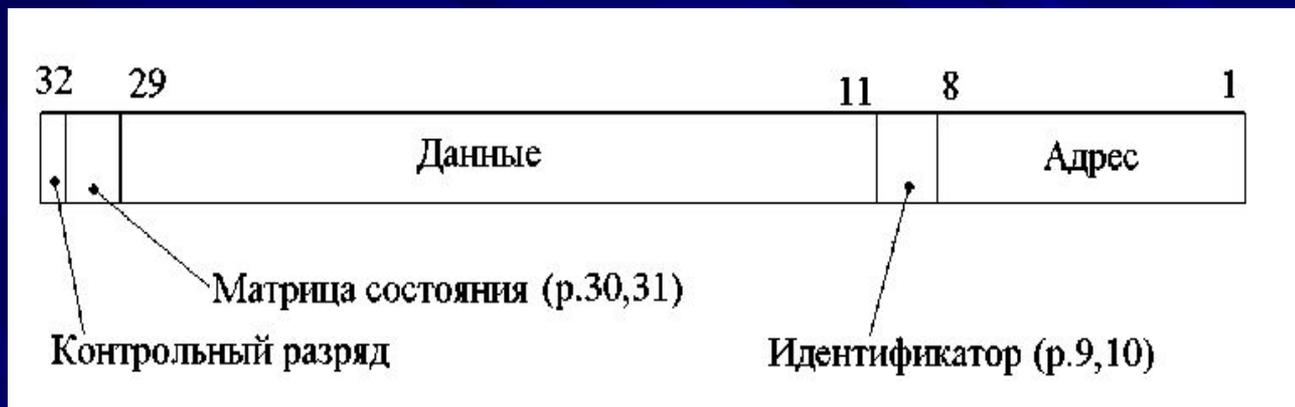
- в информационных словах, и в этом случае в слове передается результат выполнения теста, например, при наземном контроле исправности оборудования;
- в управляющих словах, и в этом случае это – команда выполнить тест.

## 2. Передача информации между подсистемами комплекса биполярным последовательным кодом (БПК)



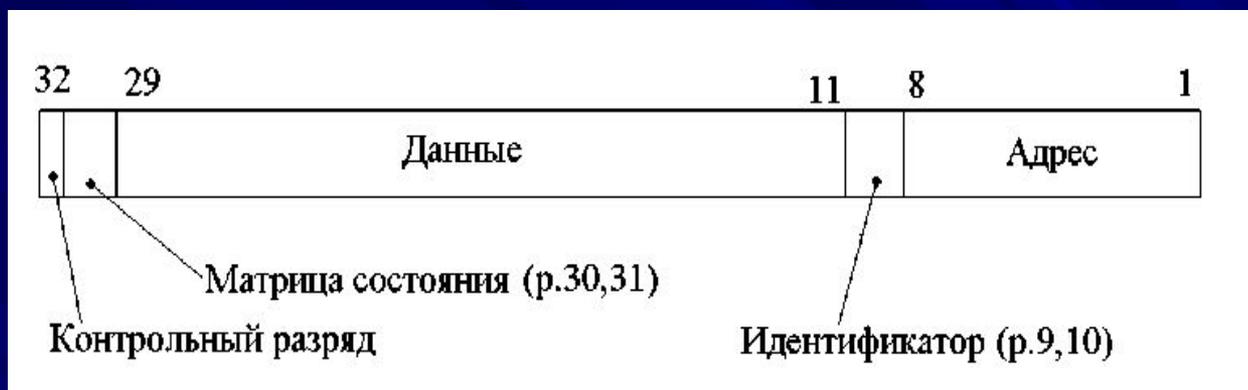
В составе каждого слова передается **контрольный разряд**. Это 32-й разряд слова, его содержимое заполняется передатчиком при выдаче слова так, чтобы общее число единиц в слове было нечетным. Контроль четности при приеме слова позволяет приемнику определить наличие единичного сбоя и не использовать такое недостоверное слово. Неиспользуемые разряды слов заполняются нулями.

## 2. Передача информации между подсистемами комплекса биполярным последовательным кодом (БПК)



Наряду с передачей отдельных слов, предусматривается возможность передачи файлов. *Файл* может содержать от 1 до 127 записей. Каждая запись может содержать от 1 до 126 слов данных в формате ДК или в цифробуквенном формате. Передача файла происходит по протоколу «запрос-ответ», при этом между передатчиком и приемником должно быть 2 линии связи – по одной в каждом направлении. Передатчик, имеющий данные для посылки, передает в свою линию слово «Запрос на посылку». Приемник по своей ответной линии отвечает «Свободно». Затем передатчик посылает файл, заполняя матрицу состояния для начального, промежуточных и конечного слов. Приемник обрабатывает информацию из конечного слова и если ошибок при передаче не обнаружено, отвечает «Принято». В противном случае передача повторяется.

## 2. Передача информации между подсистемами комплекса биполярным последовательным кодом (БПК)



Предусмотрено две скорости передачи информации:

- 100 Кбит/с  $\pm$  1%;
- 12-14,5 Кбит/с.

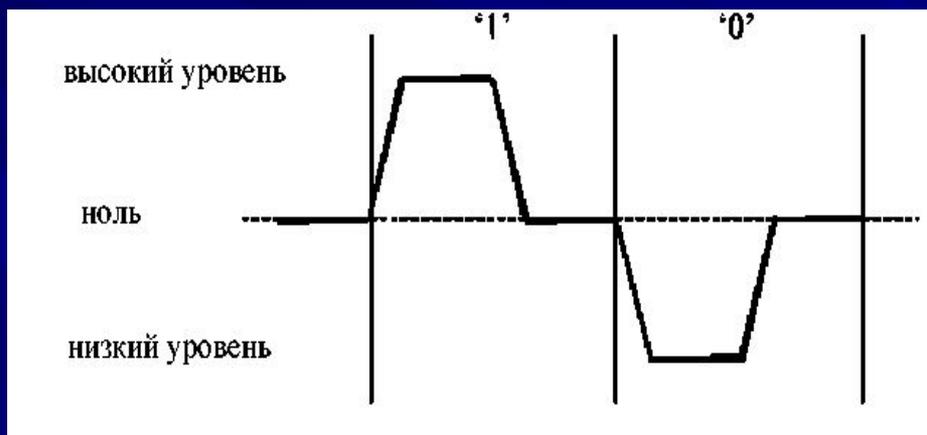
При этом не рекомендуются скорости 13,6 Кбит/с и ровно 100 Кбит/с, так как на частотах 13,6 КГц и 100 КГц работают бортовые радиосистемы. Выбранная частота должна поддерживаться со стабильностью 1%.

Синхронизация производится по паузе между словами, длительность которой должна быть не менее 4 бит. Первый же разряд после паузы – это первый разряд следующего слова.

## 2. Передача информации между подсистемами комплекса биполярным последовательным кодом (БПК)

### Электрические характеристики.

Используется трехуровневая модуляция сигнала: высокий уровень, ноль, низкий уровень, высокий уровень соответствует логической «1», низкий – логическому «0», а нулевой уровень означает паузу между передаваемыми битами.



Приемник же должен обеспечивать прием информации при следующих уровнях напряжений:

- высокий +6,5...13 В;
- ноль +2,5...–2,5 В;
- низкий –6,5...–13 В.

## 2. Передача информации между подсистемами комплекса биполярным последовательным кодом (БПК)

**Отечественные стандарты.** Передачу информации последовательным кодом на отечественных ЛА регламентирует документ РТМ 1495-75 с изменением 3. Он почти полностью соответствует ARINC 429, но имеет следующие особенности:

- если система в состоянии выдавать данные ДК, но с пониженной точностью, то в матрице состояния указывается «Нормальная работа», а о пониженной точности сигнализирует «1» в 11 разряде;
- допускаются скорости передачи информации 50/250/1000 Кбит/с.
- несколько отличаются требования к уровням и фронтам импульсов.

### 3. Резервные приборы ВБМ-2, УС-2, ВАР-30

Анероидно-мембранные приборы являются резервными на случай отказа СВС или при обесточивании самолета.

Необходимая информация для измерения высотно-скоростных параметров поступает к анероидно-мембранным приборам от систем статического и полного давлений.

К анероидно-мембранным приборам относятся:

- 1) высотомер ВБМ-2ПБ;
- 2) указатель скорости УС-2;
- 3) вариометр ВР-75ПБ.

## Барометрические механические высотомеры ВБМ

1



У этих высотомеров точность показаний по всему диапазону измерения в 2-3 раза выше, чем у высотомеров, на смену которых они разработаны. Этого удалось достичь за счет повышенной точности механической обработки деталей приборов и их сборки, применения стабилизированных барометрических ЧЭ и вибраторов, существенно снижающих погрешности от трения.

Новые высотомеры имеют встроенный подсвет шкалы и широкодиапазонные счетчики барометрического давления, обеспечивающие посадку на аэродромах, расположенных на высоте до 3 000 м над уровнем моря. Шкала счетчика давления проградуирована в гПа.

### 3. Резервные приборы ВБМ-2, УС-2, ВАР-30

**Указатель приборной скорости УС-2.** Указатель приборной скорости УС-2 предназначен для измерения и индикации приборной скорости полета. Диапазон измерения и индикации от 80 до 800 км/ч. УС-2 является механическим прибором с встроенным белым подсветом. Указатель скорости УС-2 установлен на щитке верхнем левом приборной панели пилотов. Проверка УС-2 в лаборатории производится с помощью ГД из комплекта КПА-СВС с использованием РЭ на УС-2 и КПА-СВС.

**Вариометр ВАР-75.** Вариометр ВР-75ПБ с встроенным белым подсветом предназначен для измерения и индикации вертикальной скорости набора высоты и снижения при отказе основных источников электропитания. Вариометр ВР-75ПБ установлен на щитке верхнем левом приборной панели пилотов.

В кабине экипажа на потолочной панели размещены бортовые таблицы показаний высоты (ВБМ-2ПБ) с учетом аэродинамической и инструментальной поправок и скорости (УС-2) с учетом аэродинамической поправки.

## Прибор пилотажный комбинированный резервный ППКР-СВС

Прибор пилотажный комбинированный резервный ППКР-СВС используется в качестве резервного на самолете Ан-148 и автономного на самолете Ан-148 и предназначен для измерения и индикации барометрической высоты, вертикальной скорости, приборной скорости и числа М с компенсацией аэродинамических погрешностей приемников воздушных давлений как функции числа М, а также для выдачи электрических сигналов в коде во взаимодействующее оборудование.

Прибор учитывает аэродинамические поправки и законы формирования максимальной приборной скорости  $V_{\max}$  для 32 типов самолетов.

