

# Лекция № 19

## Тема 3.3. Приборное оборудование цифровых комплексов ПНО

4. Цифровая система воздушных сигналов СВС-85. Структурная схема системы СВС-85. Источники и характеристики непрерывных и дискретных входных сигналов
5. Генераторные датчики статического и полного давлений (ДДГ)
6. Назначение плат ЦП, ЗУ, ЧП, АЦП, СЗУ, ППК. Характеристики цифровых выходных сигналов в двоичном и двоично-десятичном кодах. Форматы дискретных слов и слова-состояния.
7. Режимы работы и организация встроенного контроля СВС-85
8. Особенности построения систем СВС-96 и ВБЭ-СВС

## 4. Цифровая система воздушных сигналов СВС-85

**СВС-85** предназначена для измерения, вычисления и выдачи на индикацию экипажу и в бортовые системы информации высотно-скоростных параметров и угла атаки.

Система представляет собой счетно-решающее устройство цифрового типа, использующего в качестве датчиков полного и статического давлений частотные датчики абсолютного давления. Система также осуществляет коррекцию восприятия статического давления и угла атаки.

Входными параметрами для системы являются: статическое давление , полное давление , температура заторможенного потока , значение местного угла атаки , давление на аэродроме . Кроме того, для функционирования системы требуется дискретная информация о положении закрылков и шасси, исправности обогрева приемников полного и статического давлений и датчиков угла атаки.

## 4. Цифровая система воздушных сигналов СВС-85

Система СВС- 85 обеспечивает вычисление и выдачу потребителям по четырем независимым каналам связи последовательным кодом значений следующих параметров:

- абсолютной барометрической высоты ;
- относительной барометрической высоты ;
- индикаторной (приборной) скорости;
- истинной скорости ;
- числа М;
- максимально допустимой приборной скорости ;
- температуры наружного воздуха ;
- температуры заторможенного потока ;
- динамического давления ;
- полного давления;
- местного угла атаки;
- истинного угла атаки ;
- значения давления на аэродроме .

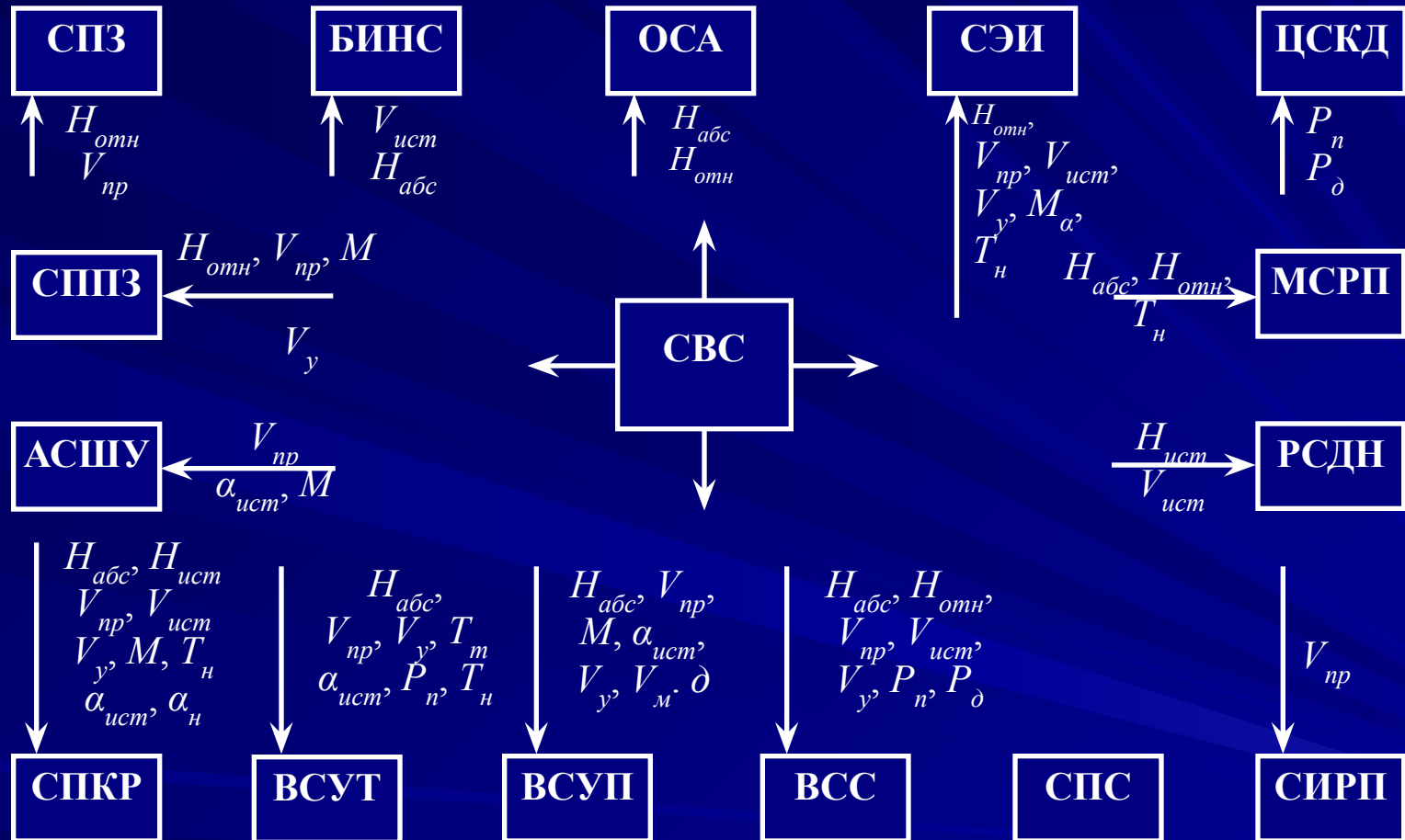
## 4. Цифровая система воздушных сигналов СВС-85

Выдача перечисленных параметров возможна при следующих эксплуатационных ограничениях:

- по высоте 503...15240 м;
- скорости вертикальной до 102 м/с;
- приборной 55,5...832 км/ч;
- истинной 185...1108 км/ч;
- числу  $M$  0,1...1,0;
- температуре наружного воздуха  $-99...+60$  °С;
- давлению на уровне Земли 557...1074 Па;
- углу атаки  $60^\circ$ .

Параметры  $H_{отн}$ ,  $V_{пр}$ ,  $M$ ,  $\rho_0$  индицируются на экранах командно-пилотажных индикаторов системы электронной индикации КПИ СЭИ - 85 по вызову. Система СВС - 85 имеет встроенное средство контроля, осуществляющее контроль работоспособности датчиков и вычислителей.

## Структурная схема системы СВС-85

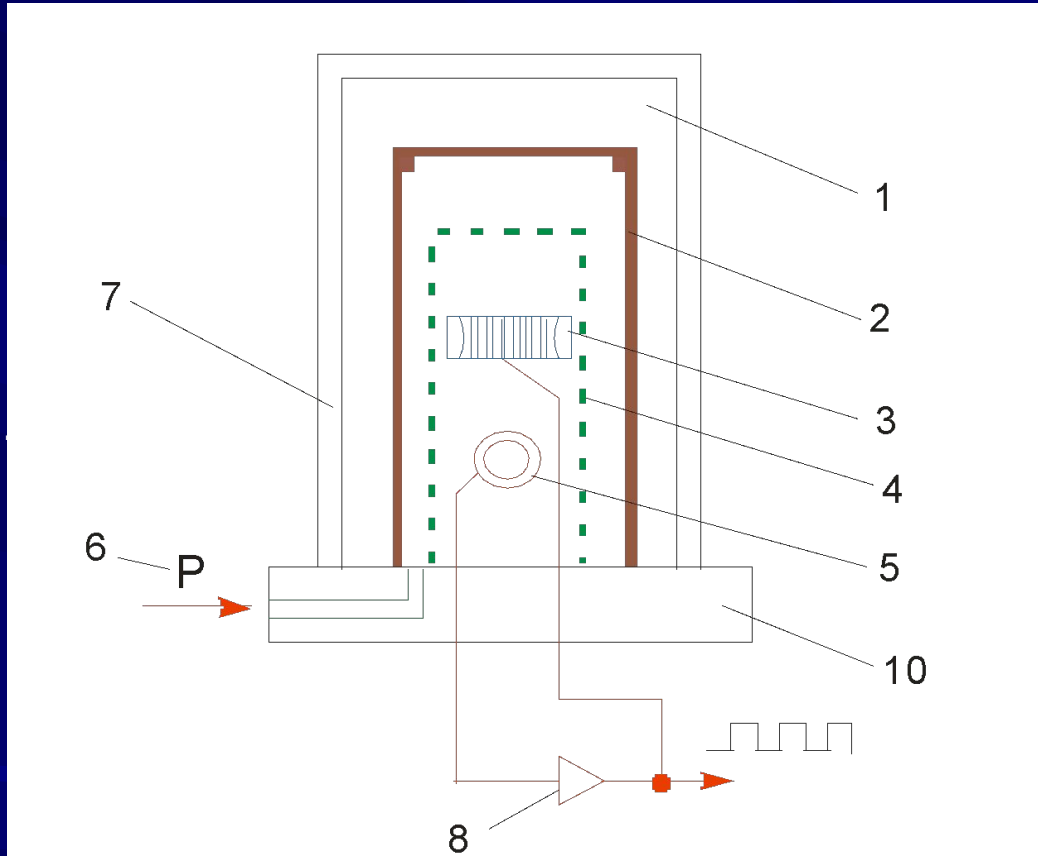


## **Источники и характеристики непрерывных и дискретных входных сигналов**

**Взаимодействие СВС по выходным каналам с другими системами:**

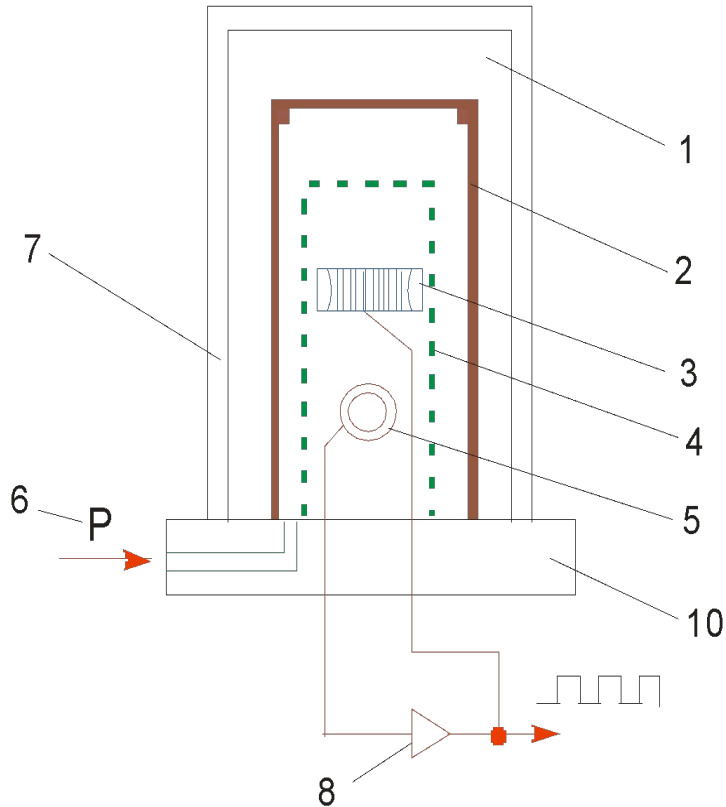
- СПЗ – сигнализация положения закрылков;
- БИНС – бесплатформенная инерциальная навигационная система;
- СЭИ – система электронной индикации;
- ЦСКД – цифровая система команд по давлению;
- МСРП – магнитная система регистрации параметров;
- РСДН – радиотехническая система дальней навигации;
- СИРП – система индикации разбега и пробега;
- СПС – система предупреждения столкновения в воздухе;
- ВСС – вычислительная система самолетовождения;
- ВСУП – вычислительная система управления полетом;
- ВСУТ – вычислительная система управления тягой;
- СПКР – система предупреждения критических режимов;
- АСШУ – автоматическая система штурвального управления;
- СППЗ – система предупреждения приближения Земли

## 5. Генераторные датчики статического и полного давлений (ДДГ)



- 1 – опорный вакуум;
- 2 – цилиндр;
- 3 – катушка возбуждения;
- 4 – элементы системы самовозбуждения;
- 5 – катушка съема сигнала;
- 6 – давление;
- 7 – корпус;
- 8 – усилитель;
- 9 – выход;
- 10 – основание

## 5. Генераторные датчики статического и полного давлений (ДДГ)



Принцип действия датчика основан на зависимости собственной частоты упругого элемента от величины его внутреннего механического напряжения, вызванного действием измеряемого давления. Резонатор 2 расположен внутри герметичного цилиндрического корпуса 7, которые вместе закреплены на общем основании 10. Такой датчик обеспечивает измерение статического или полного давления. Измеряемое давление  $P_{ст}$  подается во внутреннюю полость резонатора. Резонансные колебания стенки резонатора возбуждаются при помощи индуктивного преобразователя.

В таком же преобразователе съема наводится небольшая электродвижущая сила, этот сигнал поступает на усилитель и по каналу обратной связи подается на катушку возбуждения.



## 5. Генераторные датчики статического и полного давлений (ДДГ)

Устанавливаются незатухающие колебания стенок цилиндрического резонатора на собственной частоте, величина которой зависит от измеряемого давления:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2Eb\delta^3}{ml^3} \left[ 1 + \left( \frac{b}{\delta} \right)^8 \left( \frac{P}{E} \right)^2 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \right]}$$

где  $E$  – модуль упругости материала цилиндра;

$m$  – приведенная масса, кг;

$\delta$  – толщина стенки, см (0,01-0,03 см);

$l$  – длина цилиндра, см (3-5 см);

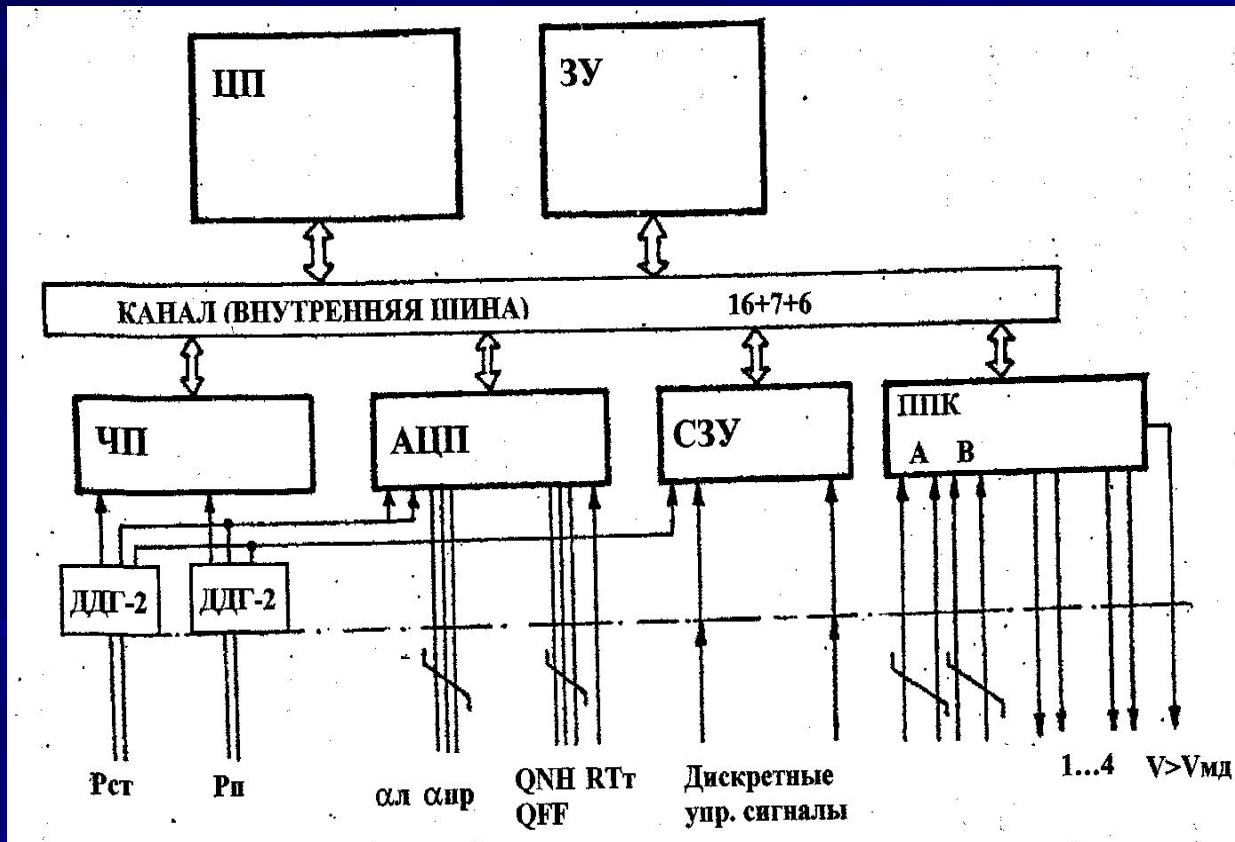
$b$  – диаметр цилиндра, см (1,5-2 см);

$P$  – давление, кг/см<sup>2</sup>.

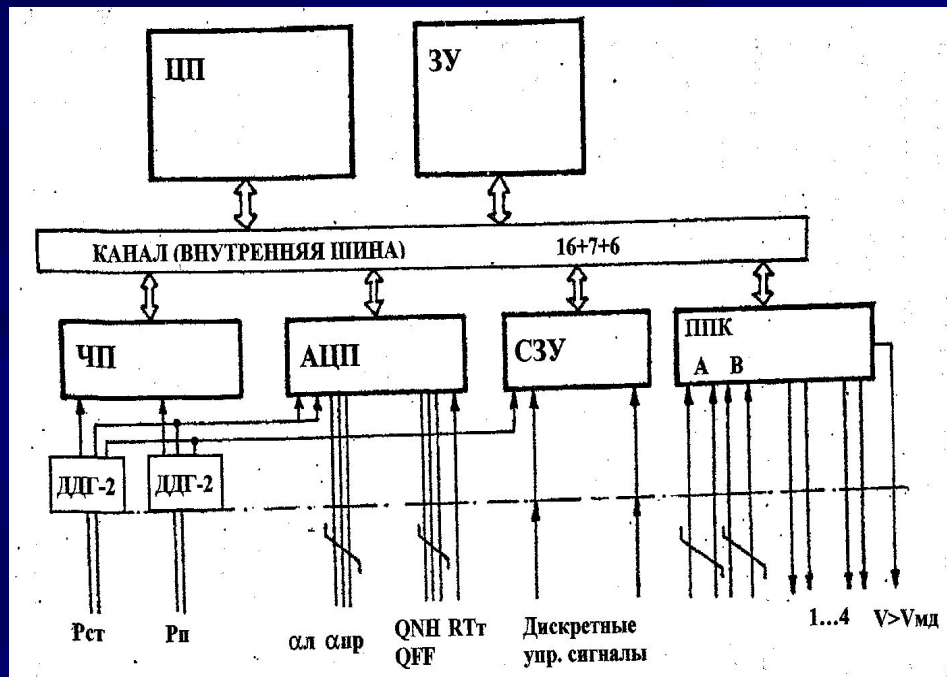
## 6. Назначение плат ЦП, ЗУ, ЧП, АЦП, СЗУ, ППК. Характеристики 14 цифровых выходных сигналов в двоичном и двоично-десятичном кодах.

### Форматы дискретных слов и слова-состояния

Функциональные узлы СВС-85 связаны между собой каналом (внутренняя шина системы)

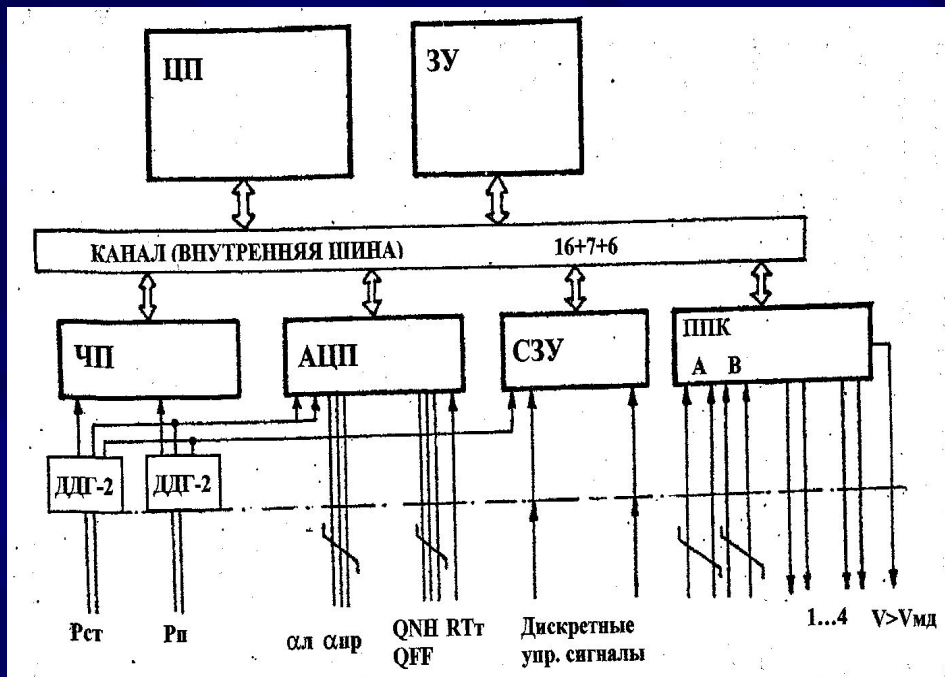


ППК – приемо-передатчик кода;  
СЗУ – специальное ЗУ;  
ЧП – частотный преобразователь;  
ЦП – центральный процессор;  
АЦП – аналого-цифровой преобразователь



Канал представляет собой систему соединений, состоящую из двадцати девяти проводников, которые связывают одноименные контакты соединителей всех функциональных узлов. Назначение проводников канала: шестнадцать линий для двунаправленной передачи адреса и данных (с 0 по 15 разряд); семь линий для сигналов управления обменом; шесть линий для обеспечения режима прерывания программы.

Центральный процессор (ЦП), расположенный на плате узла УВ, совместно с запоминающим устройством (ЗУ), является автоматом, выполняющим циклически последовательность команд, обеспечивающую функционирование системы. При этом ЦП управляет работой всех внешних устройств (ЧП, АЦП, СЗУ, ППК), считывает информацию с первичных датчиков, производит вычисление значений параметров, формирует выходные кодовые слова (совместно с ППК) и выполняет подпрограмму контроля.

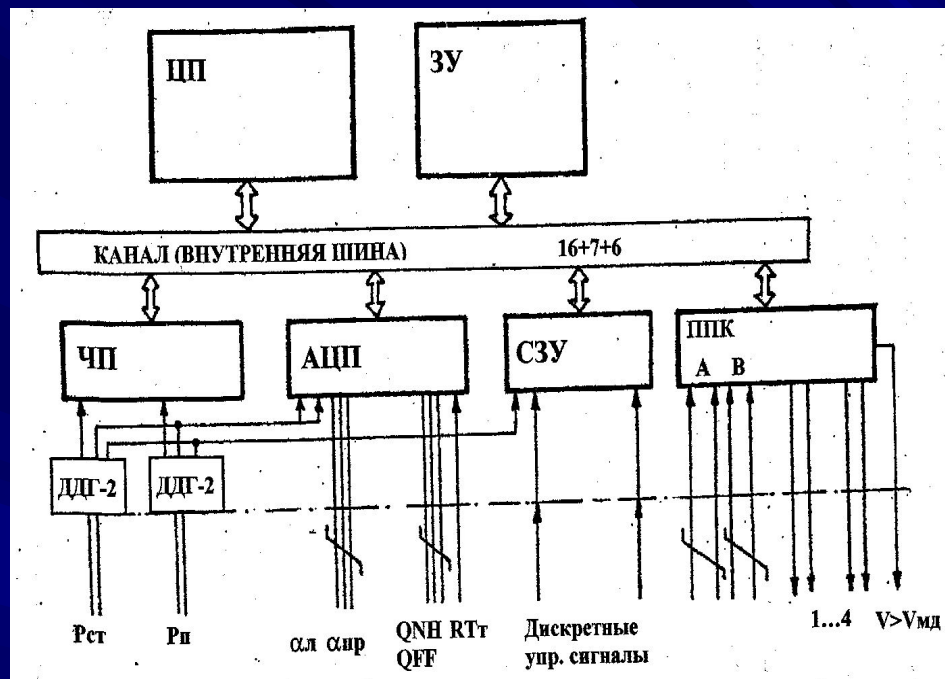


ЗУ состоит из постоянного запоминающего устройства (ПЗУ) программы и оперативного запоминающего устройства (ОЗУ). Устройство ПЗУ имеет емкость 6К (6144) 16-ти разрядных слов и программируется при изготовлении системы.

Имеется возможность перепрограммирования при испытаниях. В устройстве ПЗУ хранится вся последовательность выполняемых ЦП команд, константы, необходимые для вычисления значений параметров, и коэффициенты датчиков. Устройство ОЗУ, емкостью 1К (1024) слова, используется для хранения промежуточных результатов при вычислениях.

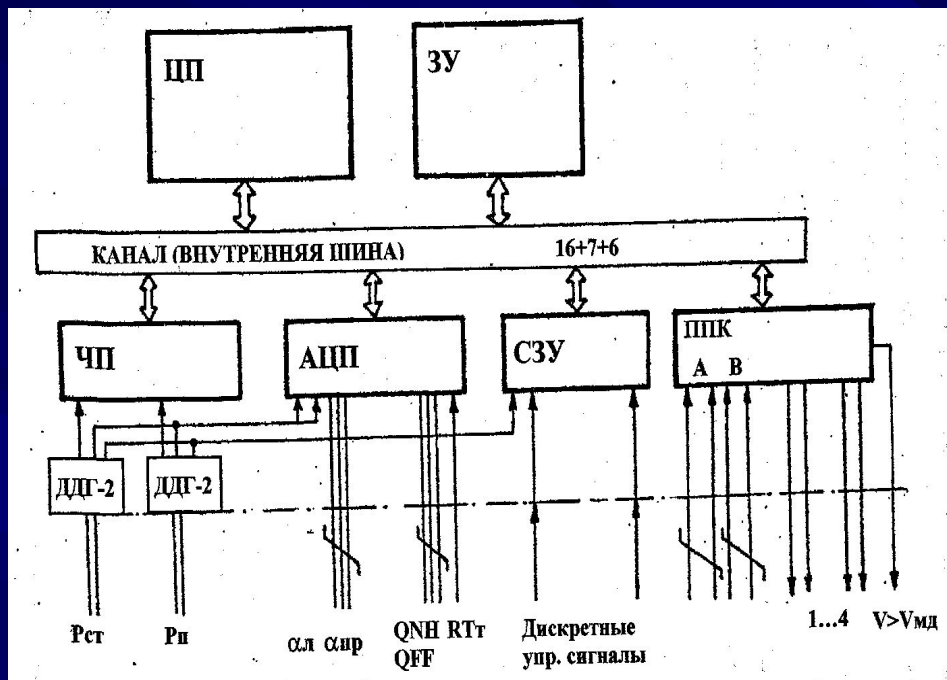
## 6. Назначение плат ЦП, ЗУ, ЧП, АЦП, СЗУ, ППК.

11



Частотный преобразователь (ЧП) предназначен для преобразования в двоичный код сигналов частотных датчиков давления. Используется время-импульсный метод преобразования: период-время-код.

Узел ЧП - одноканальный, за время малого цикла работы системы (62,5 мс) производятся последовательно преобразования сигналов датчика Pст, датчика Pп и сигнала контрольной частоты.



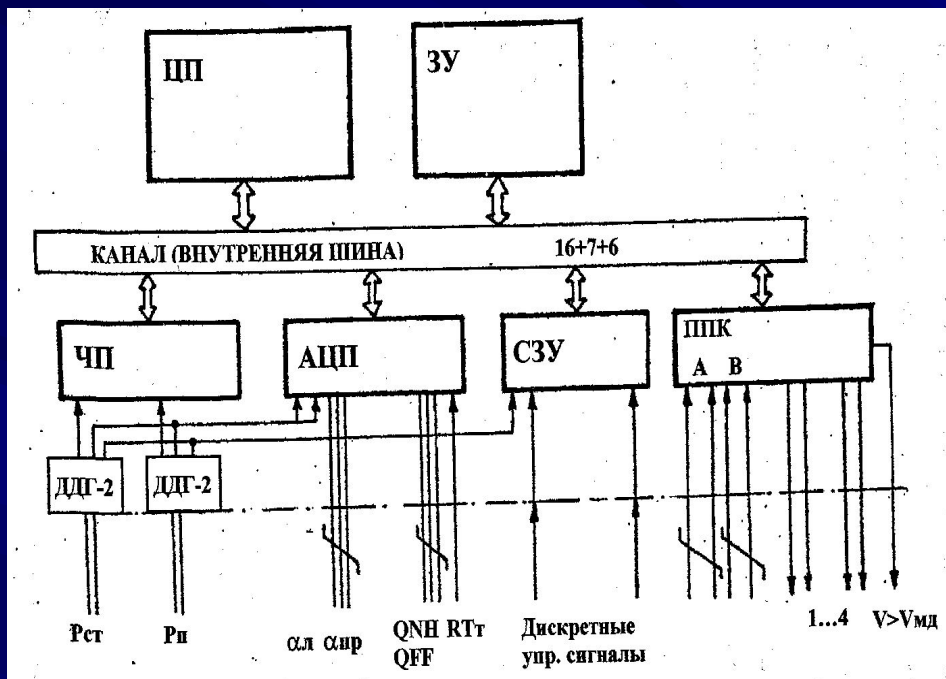
Входными сигналами узла АЦП являются:

- сигнал температурного канала датчиков давления;
- сигналы с СКТ датчиков угла атаки (4 входа);
- сигнал с датчика температуры торможения (4 входа);
- сигнал контрольного напряжения (1 вход).

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) преобразует в код сигналы аналоговых первичных датчиков. Основной частью узла АЦП является 11-ти разрядный преобразователь постоянного однополярного напряжения в двоичный код (ПНК). На вход одноканального устройства ПНК подается через аналоговый коммутатор сигнал одного из первичных датчиков. Сигналы первичных датчиков во входных устройствах узла АЦП преобразуются в один вид - постоянное напряжение, меняющееся в диапазоне от 0,1 до 9,9 В.

## 6. Назначение плат ЦП, ЗУ, ЧП, АЦП, СЗУ, ППК.

9



Специализированное запоминающее устройство (СЗУ) выполняет следующие функции:

- обеспечивает прием дискретных управляющих и информационных сигналов (разовых команд) и передачу их в виде параллельного кода в узел ЦП;
- обеспечивает хранение и выбор специфических поправочных коэффициентов для различных самолетов.

Приемо-передатчик кода (ППК) формирует и, через выходные усилители, выдает в линии кодовые 32-х разрядные слова. Имеются четыре выходных канала, каждый из которых работает независимо от изменения нагрузки остальных каналов. Формат слов выходной информации определяется программно, а в узле ППК происходит только преобразование параллельного кода в последовательный. Приемник биполярного кода под управлением программы подключается к одной из двух входных линий (А или В), принимает и в виде параллельного кода передает в канал кодовое слово с адресом, предварительно заказанным программой.

## Вычислитель цифровой СВС-85 (СВС-96)

Выходные параметры вычисляются в специализированной цифровой вычислительной машине по определенным алгоритмам:

$$\begin{aligned}
 N_a &= F_N (\lg P_{cm}) ; \\
 M &= F_M (\lg b), \quad \lg b = \lg P_{\partial} - \lg P_{cm} ; \\
 V_{пр} &= F_V (\lg P_{\partial}) ; \\
 \lg P_{cm} &= F_{P_{cm}} (P_{cm}) ; \\
 \lg P_{\partial} &= F_{P_{\partial}} (P_{\partial}) .
 \end{aligned}$$

которые реализуется в виде программы в кодах машинных операций типа сложения, вычитания, умножения и др. По мере вычисления параметров по командам происходит выдача информации в устройство вывода, которое формирует и выдает потребителям кодовые, аналоговые и разовые сигналы.



## Вычислитель цифровой СВС-85 (СВС-96)

В принятых в СВС- 85, 96 алгоритмах вычисления параметров используется метод кусочно-полиномиальной аппроксимации градуировочных функциональных зависимостей

$$P = k_0 + k_1 f + k_2 f^2 + k_3 f^3 + k_4 f^4 + k_5 f^5$$

Их коэффициенты  $k_i$  корректируются по сигналам температуры датчика:

$$k_i = a_{i0} + a_{i1} T + a_{i2} T^2$$

где  $i = 0, 1, \dots, 5$ .

Коэффициенты  $a_{ij}$  рассчитываются для каждого датчика по результатам его индивидуальной калибровки. Они записываются в память вычислителя.

При реализации этого метода вычисления область задания функции разбивается на некоторое число интервалов. На каждом интервале функция аппроксимируется полиномом. Его степень и численные значения коэффициентов выбираются из условия получения требуемой точности вычисления параметра и непрерывности функции во всей области изменения аргумента.

## **7. Режимы работы и организация встроенного контроля СВС-85**

Управление проверкой работоспособности СВС, ее датчиков и связей с взаимодействующим оборудованием (при комплексном контроле всего оборудования ПНО) производится от системы сбора и локализации отказов – ССЛО.

СВС- 85 имеет встроенное средство контроля, которое с момента включения электропитания СВС и ее датчиков осуществляет непрерывный автоматический контроль собственной работоспособности и датчиков.

Встроенные средства контроля обеспечивают полноту контроля при выявлении отказов не ниже 0,95.

Наличие отказов СВС и ее датчиков фиксируется на МСРП, проверяется вызовом кадра «БЛОКИ» на индикаторе КИСС, отказ двух СВС сигнализируется на экранах СЭИ ( выпадение бленкера ).

Конструкция системы требует принудительного обдува, что обеспечивается на самолете централизованной замкнутой системой обдува стеллажей. Необходимый расход воздуха при температуре охлаждающего воздуха +40°С составляет 11 кг/ч. Повышенная рабочая температура +55°С, повышенная рабочая кратковременная температура без охлаждения в течение 30 мин +45°С. Пониженная рабочая температура -15°С.

## 8. Особенности построения систем СВС-96 и ВБЭ-СВС

Для новых самолётов, а также для замены аналоговых бортовых СВС разработана малогабаритная цифровая система СВС-96, соответствующая по точностным характеристикам ARINC 706. Отличительная черта – расширенная функция предполётного контроля датчиков аэродинамических углов ДАУ- 85 и вдвое меньшие габариты, масса, энергопотребление по сравнению с типовыми СВС.

Система воздушных сигналов СВС- 96 предназначена для измерения, вычисления и выдачи на индикацию экипажу и в бортовые системы информации о высотно-скоростных параметрах и угле атаки. СВС- 96 представляет собой счетно-решающее устройство цифрового типа. В качестве датчиков полного и статического давлений применены генераторные датчики давлений.

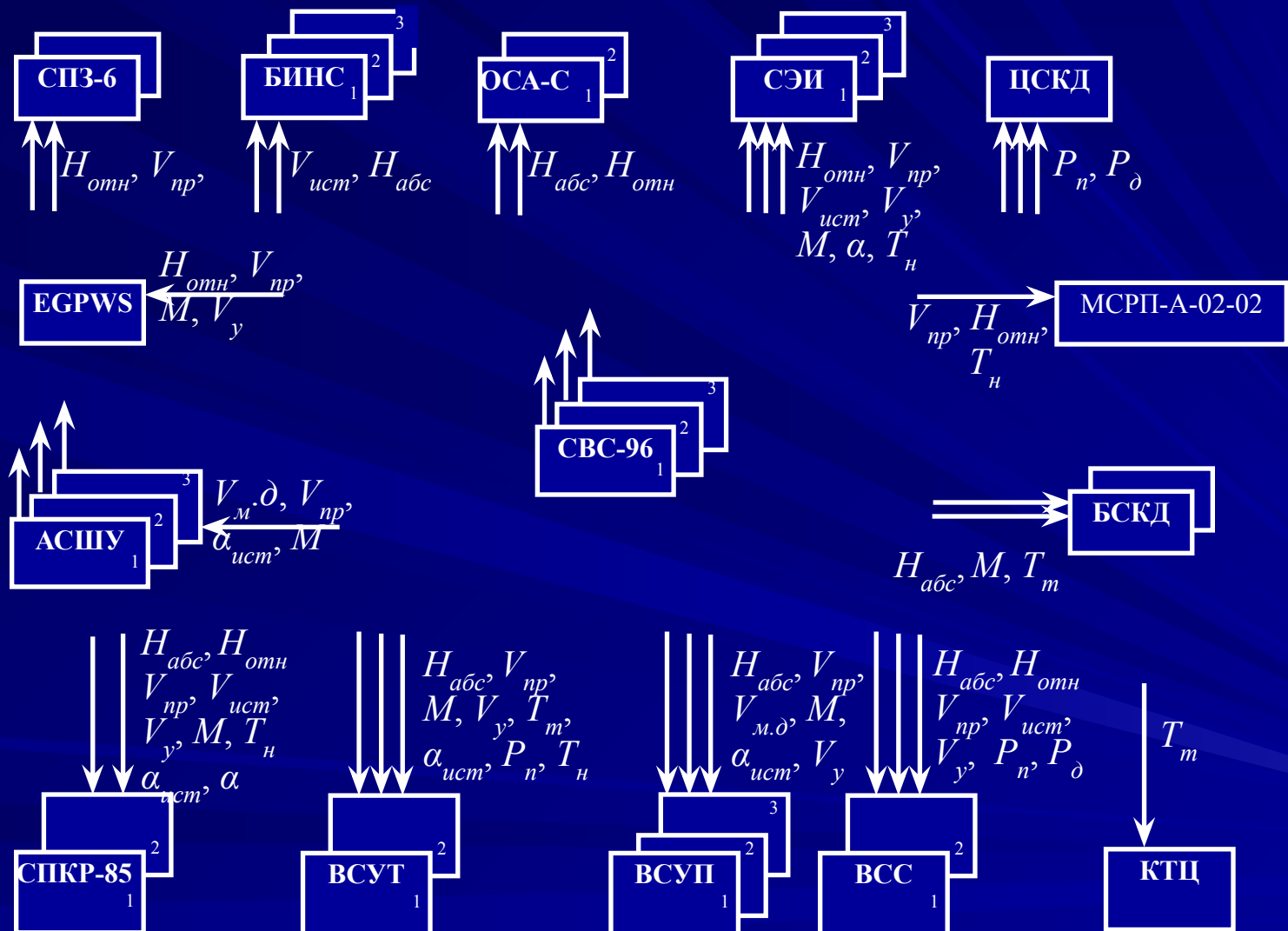
Система осуществляет коррекцию на аэродинамическую поправку высотно-скоростных параметров и угла атаки на основе хранящихся в памяти вычислителя коэффициентов коррекции

## 8. Особенности построения систем СВС-96 и ВБЭ-СВС

На самолете установлено три СВС. На входы каждой СВС-96 поступают сигналы от следующих датчиков:

- 1) статическое давление подводится к системе от плит-приемников статического давления;
- 2) полное давление подводится к системе от ППД-1М;
- 3) сигнал, пропорциональный температуре торможения, поступает с приемников температуры П-104;
- 4) значения  $\alpha_{\text{мест}}$  и сигнал исправности обогрева поступает в СВС от ДАУ- 85;
- 5) сигнал барокоррекции (давление  $P_0$  ,  $P_3$  ,  $P_{ст}$ ) поступает на вход СВС от ПУ СЭИ;
- 6) дискретные сигналы:
  - а) команда на проведение «ТЕСТ» - от ССЛО ;
  - б) сигнал об отказе обогрева ППД или его не включении - с блока контроля обогрева БКПД ;
  - в) сигнал о положении закрылков - от системы положения закрылков ;
  - г) сигнал о положении шасси - от концевого выключателя.

## 8. Особенности построения систем СВС-96 и ВБЭ-СВС



## Система воздушных сигналов СВС - 96



Устанавливается на самолеты Бе-200, Ту-204, Ту-334, а в перспективе — на вновь разрабатываемые летательные аппараты.

# Прибор пилотажный комбинированный резервный ППКР-СВС



Прибор пилотажный комбинированный резервный ППКР-СВС 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.

Позволяет заменить группу резервных механических приборов (высотомер, вариометр, измеритель приборной скорости и числа М)