

# Лекция № 2

## Тема 1.2. Основы теории авиационных приборов

1. Условия эксплуатации АП и ИИС в соответствии с ЕНЛГС
2. Общая структура типовых электронных и цифровых самолетных систем и их систем встроенного контроля
3. Классификация погрешностей и основные статические и динамические характеристики АП

# 1. Условия эксплуатации АП и ИИС в соответствии с ЕНЛГС

Авиационные приборы и измерительные системы в процессе летной эксплуатации подвергаются внешним воздействиям: изменению температуры и давления окружающей среды, механическим ударам, линейным ускорениям, вибрации, пыли, влажности и т.п.

Требования к самолетному оборудованию, условия его эксплуатации и испытаний устанавливаются едиными нормами летной годности гражданских самолетов (ЕНЛГС).

**СА-81.** Изменение температуры и давления окружающей среды в широком диапазоне объясняется особенностями земной атмосферы. На основе статистической обработки многолетних метеорологических данных разработан средний закон изменения параметров воздуха от высоты, принятый за основу стандартной атмосферы (СА-81).

**Температура.** Изменяются геометрические размеры деталей и физические параметры материалов (электрическое и магнитное сопротивление, модуль упругости и т.п.). Увеличивается износ трущихся поверхностей, понижается механическая и электрическая прочность.

# 1. Условия эксплуатации АП и ИИС в соответствии с ЕНЛГС

**Температура.** Авиационное оборудование в зависимости от размещения на самолете подразделяется на оборудование, расположенное:

- а) в отсеках с регулируемой температурой;
- б) в отсеках с нерегулируемой температурой и в зонах, контактирующих с внешним потоком воздуха;
- в) в двигательных отсеках.

Во всех случаях нижний предел рабочей температуры равен - 60 °С. Нормируемый верхний предел температуры для случая **а** равен + 55 °С, для случая **б** — определяется режимом полета (для до звуковых скоростей — 55°С); для случая **в** +315°С.

Для снижения вредного влияния изменения температуры среды на результаты измерения для приборов выбирают материалы с малыми температурными коэффициентами, применяют схемы температурной компенсации, используют термообогрев приборов.

# 1. Условия эксплуатации АП и ИИС в соответствии с ЕНЛГС

**Давление.** Значения нормируемых параметров пониженного давления  $p$  для авиационного оборудования устанавливаются в зависимости от высотности самолетов, на которых оно устанавливается. Различают оборудование, предназначенное для высот до: 6000 м ( $p \approx 47,2$  кПа); 10 000 м ( $p \approx 26,5$  кПа); 15 000 м ( $p \approx 12$  кПа).

Понижение давления воздуха ухудшает отвод тепла от электрических узлов, усиливает испарение смазки подшипников, уменьшает электрическое напряжение пробоя изоляции. Для устранения этих нежелательных явлений приборы герметизируют и заполняют их инертным газом.

**Влажность воздуха.** Повышенная влажность воздуха отрицательно сказывается на работе приборов. Относительная влажность воздуха может меняться до 100 %.

С подъемом на высоту происходят конденсация влаги и ее выпадение в виде росы, инея, снега. Осадки, попадая на приборы, отрицательно влияют на их работу. При этом ускоряется коррозия металлов, понижается сопротивление электрической изоляции, происходит заклинивание подвижных частей при замерзании конденсата.

# 1. Условия эксплуатации АП и ИИС в соответствии с ЕНЛГС

**Влажность воздуха.** Для устранения этих нежелательных последствий в приборах применяют нержавеющие материалы, лакокрасочные и гальванические покрытия. Используют герметизацию приборов с заполнением их инертным газом, влагопоглотители, электрообогрев (для предохранения от обледенения).

**Перегрузки и ускорения.** Авиационные приборы и системы подвергаются механическим воздействиям: перегрузкам от эволюции самолета, турбулентным колебаниям атмосферы, ударам при взлете и посадке, вибрациям от воздействия аэродинамических сил и работы двигателя. Перегрузки оцениваются в относительных единицах: отношением ускорения **a** к ускорению свободного падения **g**.

Значения нормируемых параметров линейного ускорения устанавливаются при оценке устойчивости и прочности оборудования до  $5g$  ( $49 \text{ м/с}^2$ ), а при оценке прочности узлов крепления — до  $10g$  ( $98 \text{ м/с}^2$ ).

# 1. Условия эксплуатации АП и ИИС в соответствии с ЕНЛГС

19

**Перегрузки и ускорения.** Линейные ускорения могут привести к смещению положения равновесия подвижной системы при наличии небаланса, к увеличению зоны застоя за счет увеличения трения в опорах, к нарушению прочности узлов крепления. Для снижения вредного влияния линейных ускорений производят тщательную балансировку подвижной системы, взвешивание подвижной системы в жидкости.

**Вибрация.** Кратковременные, но достаточно большие по значению ускорения — удары и вибрация могут привести к обрывам проводов в местах пайки, к ускоренному износу осей, опор, подшипников, нарушению работы подвижных элементов приборов, потере способности оборудования сохранять свои функциональные параметры в заданных пределах.

В случае совпадения частоты вибрации основания с частотой колебаний отдельных деталей и узлов прибора может наступить опасный для эксплуатации резонанс.

Верхняя частота диапазона вибрации для оборудования самолетов с ТРД достигает 2000 Гц, для оборудования самолетов с ТВД и амортизируемого оборудования — 500 Гц.

# 1. Условия эксплуатации АП и ИИС в соответствии с ЕНЛГС

**Вибрация.** Применяемое на борту самолетов оборудование должно быть виброустойчиво и вибропрочно.

Виброустойчивость характеризует способность оборудования правильно функционировать при вибрации, а вибропрочность — сопротивляемость разрушающему влиянию вибрации.

Виброустойчивость приборов и систем достигается тщательной балансировкой их деталей и узлов, выбором собственной частоты упругих колебаний выше верхней частоты вибрации самолета. Вибропрочность обеспечивается применением прочных и твердых материалов, термообработкой и выполнением деталей определенного сечения с необходимым запасом прочности.

Для уменьшения действия вибрации, ударов и тряски на работу приборов на самолетах используется индивидуальная амортизация и амортизация приборных досок.

# 1. Условия эксплуатации АП и ИИС в соответствии с ЕНЛГС

**Шум.** К устанавливаемому на борту оборудованию предъявляются требования по акустическому шуму. В этой связи рассматривают оборудование, устанавливаемое:

- а) в отсеках вне силовой установки;
- б) в зоне силовой установки;
- в) в зоне действия шума выхлопной струи.

Нормируемый уровень звукового давления в контрольных точках для случая широкополосного шума (со спектром возможных частот 125 ... 8000 Гц) для случаев:

а — 130 дБ, б — 140 дБ, в — 150 дБ.

Кроме отмеченных внешних воздействий авиационное оборудование может подвергаться воздействию сетевых радиопомех, магнитного и электростатического полей, радиационного излучения, морского тумана, плесневых грибов.



# 1. Условия эксплуатации АП и ИИС в соответствии с ЕНЛГС

**Помехи, магнитные и электростатические поля.** Сетевые радиопомехи, распространяющиеся по цепям питания от радиотехнических и электрических устройств, отрицательно влияют на работу электрических приборов и электронных устройств.

Для исключения этого влияния в цепи питания приборов устанавливают электрические фильтры, которые защищают прибор как от внешних помех, так и от помех, возникающих в самом приборе.

Для устранения влияния магнитного и электростатического полей приборы экранируют.

**Влажный тропический климат.** Возможен рост плесневых грибов, влияние которых может отрицательно сказаться на работоспособности оборудования. Для противостояния развитию плесневых грибов используют герметизацию приборов, а для изготовления деталей и узлов применяют грибоустойчивые материалы.

# 1. Условия эксплуатации АП и ИИС в соответствии с ЕНЛГС

**Техническое обслуживание.** Применяемая в настоящее время планово-предупредительная система технического обслуживания авиационных приборов основывается на проведении определенного фиксированного объема работ через установленные промежутки времени независимо от фактического технического состояния приборов. Техническое обслуживание приборов ведется с использованием КПА и состоит из оперативных и периодических форм технического обслуживания.

Техническое обслуживание приборов проводится по регламентам в определенной последовательности в течение установленного межремонтного ресурса. Регламент данного типа самолета является основным документом, определяющим объем и периодичность выполнения работ по техническому обслуживанию авиационных приборов.

# 1. Условия эксплуатации АП и ИИС в соответствии с ЕНЛГС

## **Техническое обслуживание.**

Расчетно-экспериментальные методы установления ресурсов и эксплуатацию по установленным ресурсам недостаточно эффективны и приводят к большим экономическим потерям.

Одним из перспективных путей повышения надежности и эффективности использования авиационных приборов является разработка и внедрение в практику эксплуатации метода технического обслуживания с заменой приборов по техническому состоянию.

# 1. Условия эксплуатации АП и ИИС в соответствии с ЕНЛГС

АП и ИС должны сохранять свою работоспособность в широком диапазоне:

- **температур** –  $60...+60^0$  С
- **давления**  $10^{-5}...10^5$  Па
- **относительной влажности** 0... 100%
- **линейные ускорения центра масс** - от 0 до 10g на пилотируемых ЛА и от 0 до нескольких сотен g на беспилотных ЛА
- **вибрационные линейные ускорения** в местах крепления приборов - от единиц до нескольких тысяч Гц по частоте и от единиц до нескольких десятков g по ускорению
- **угловые ускорения**, вызванные маневрированием ЛА и его угловыми колебаниями - от 0 до нескольких десятков Гц по частоте и от 0 до нескольких десятков рад/с<sup>2</sup> по амплитуде.

## 2. Общая структура типовых электронных и цифровых самолетных систем и их систем встроенного контроля

Авиационные приборы, информационно-измерительные системы и комплексы относятся к современным средствам измерений, которые устанавливаются на борту ЛА и вырабатывают измерительную информацию для решения задач, возникающих при его эксплуатации.

Измерительная информация определяется как зависимость

$$Y(t) = F [X(t), N(t)]$$

где  $Y(t)$  — совокупность выходных сигналов;

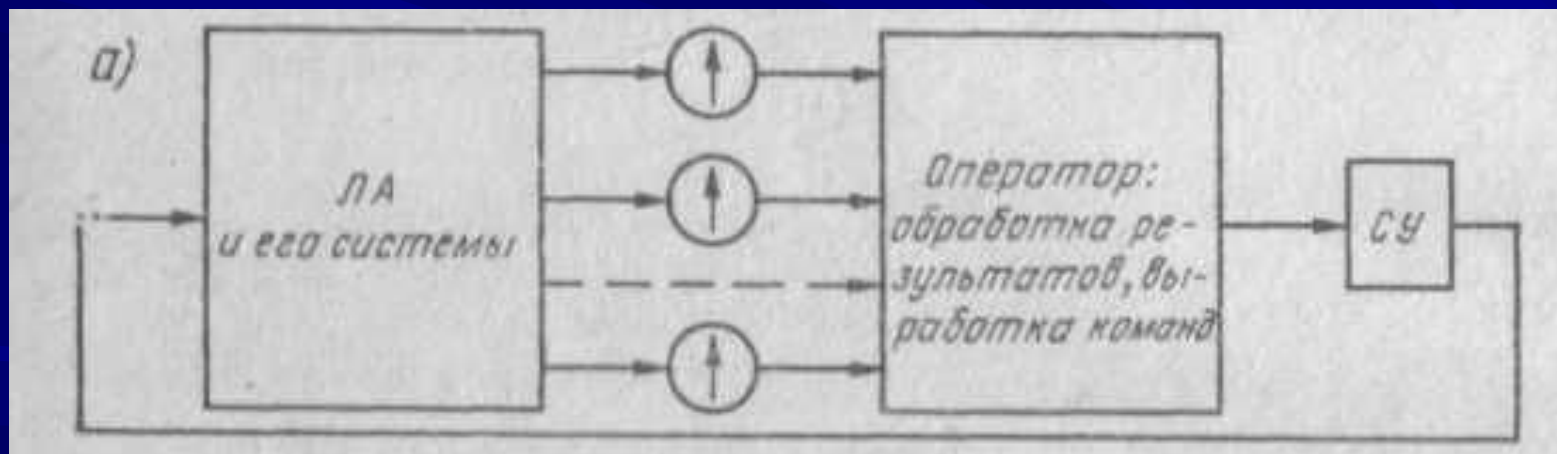
$X(t)$  — совокупность входных полезных сигналов;

$N(t)$  — совокупность помех, определяющих воздействие факторов внешней среды, вредных сигналов, действующих как на вход, так и на составные части прибора и т. д.;

$F[\cdot]$  - функция преобразования измерительного средства.

## 2. Общая структура типовых электронных и цифровых самолетных систем и их систем встроенного контроля

**Авиационный прибор** — устройство для выработки сигнала измерительной информации о контролируемой физической величине в форме, доступной для непосредственного восприятия операторами, которыми являются члены экипажа или специалисты технического обслуживания авиационной техники (АТ). Состоит из датчика (преобразователя) и указателя.



Аналоговый прибор состоит из совокупности аналоговых звеньев-преобразователей информации, которые образуют измерительную цепь.

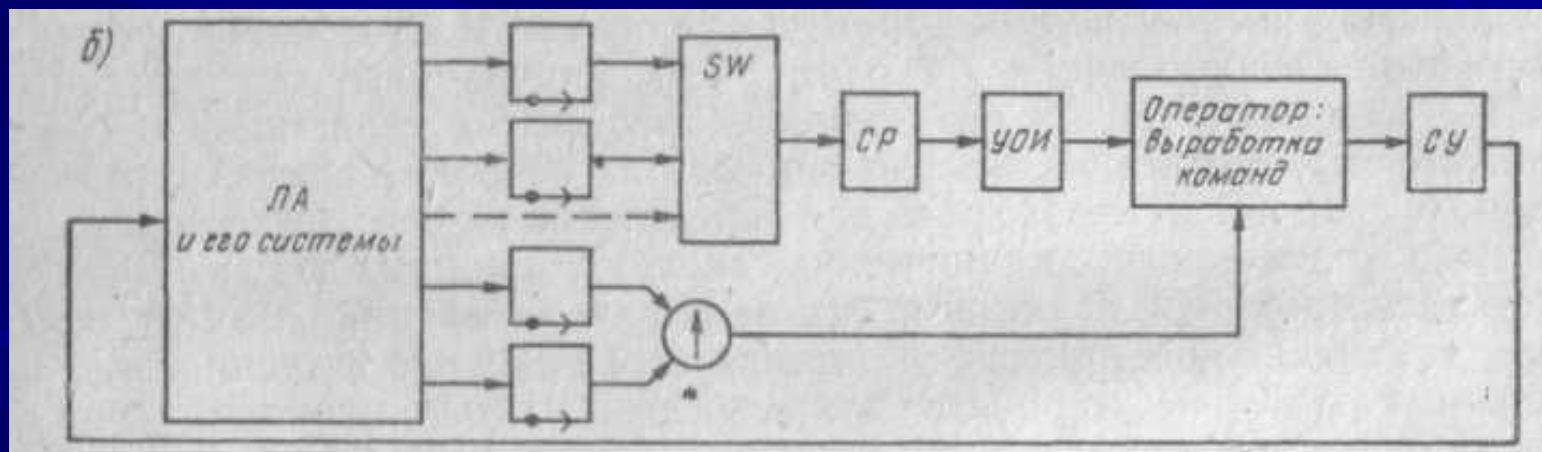
## 2. Общая структура типовых электронных и цифровых самолетных систем и их систем встроенного контроля

**Датчик или преобразователь** первичной информации (ППИ) —устройство, вырабатывающее сигнал измерительной информации, который непосредственно используется в системах автоматического управления, информационно-измерительных комплексах, корректорах авиационных приборов и т.д.

Появление ряда задач при усложнении авиационной техники, когда для их решения стала необходима обработка результатов измерений и выдача их на основе интегральной информации, привело к созданию информационно-измерительных систем.

## 2. Общая структура типовых электронных и цифровых самолетных систем и их систем встроенного контроля

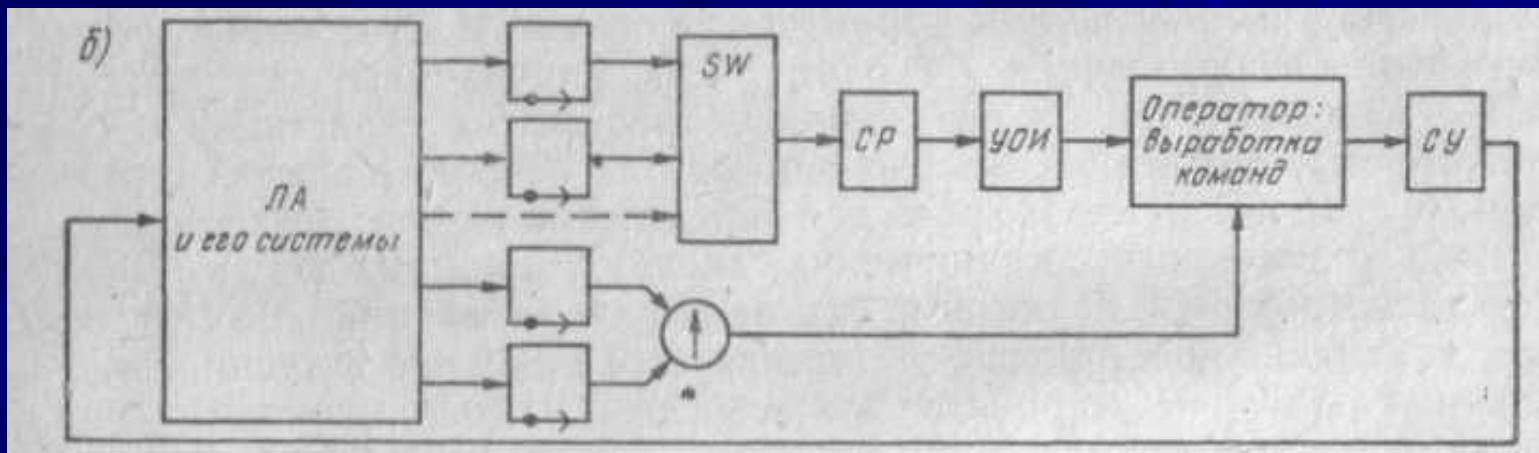
**Информационно-измерительная система** (ИИС) — совокупность функционально объединенных средств измерений и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связи и предназначенных для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для использования в автоматических системах управления и доступной для непосредственного восприятия операторами.



SW – коммутатор, СР – вычислительное устройство, УОИ – устройство отображения информации, СУ – система управления

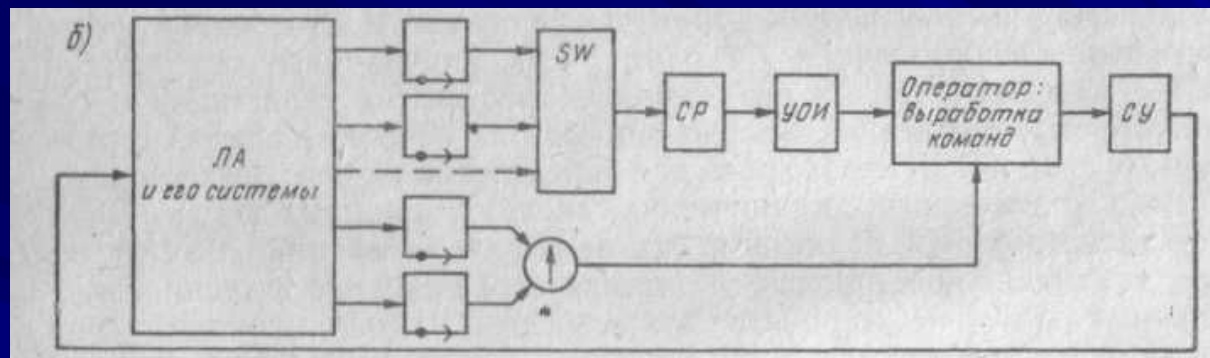


## 2. Общая структура типовых электронных и цифровых самолетных систем и их систем встроенного контроля



При реализации ИИС вместо отдельных приборов устанавливают необходимое число датчиков, которые преобразуют необходимые физические величины в какую-либо универсальную физическую величину, например в напряжение. После чего организуется передача информации по каналам связи, коммутация и обработка результатов измерения на специализированном вычислительном устройстве по заданным алгоритмам.

## 2. Общая структура типовых электронных и цифровых самолетных систем и их систем встроенного контроля

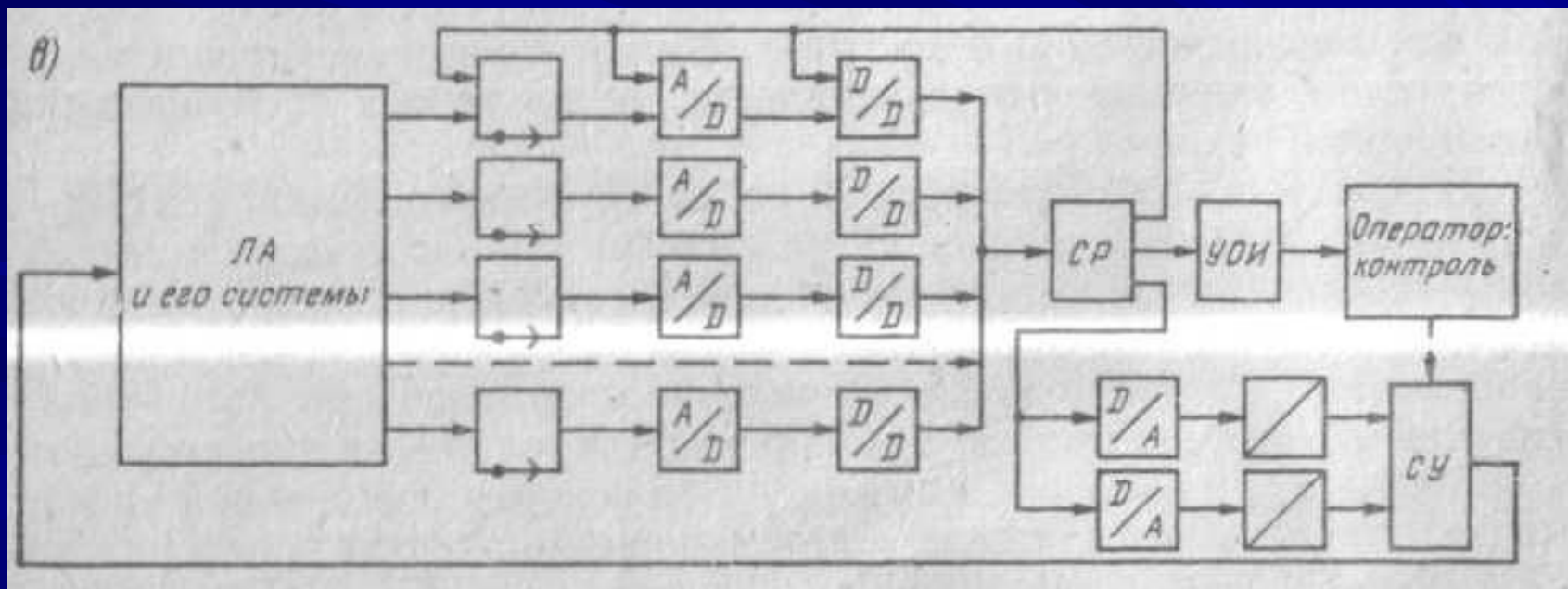


Результат обработки выдается в виде сигналов управления или в виде необходимой информации в форме, доступной для непосредственного восприятия оператора. Последний освобождается от вычислительных операций и на основе принятой информации вырабатывает команды для управления ЛА и его системами.

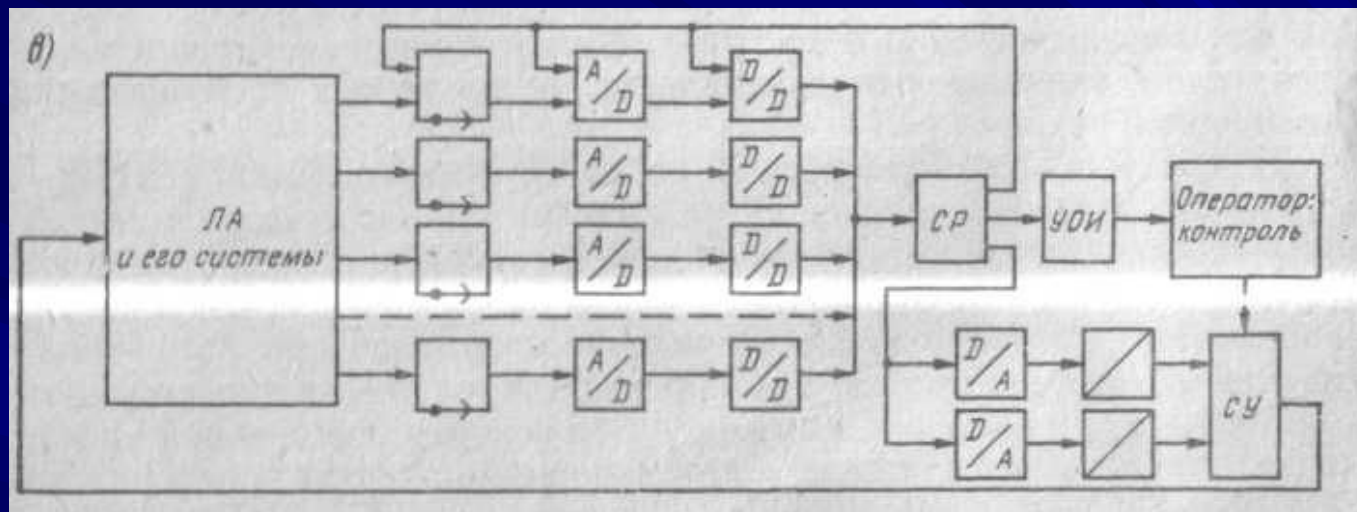
Недостатки ИИС: многочисленность каналов связи, снижающих надежность и помехозащищенность, низкая производительность специализированного вычислителя, невозможность его быстрого перепрограммирования на работу с другими алгоритмами, низкая точность решений задач, если вычислитель аналогового типа

## 2. Общая структура типовых электронных и цифровых самолетных систем и их систем встроенного контроля

**Информационно-измерительный комплекс** — программно-управляемая совокупность измерительных, вычислительных и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связи и предназначенных для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для последующей автоматической обработки, передачи по каналам связи, использования в автоматических системах управления и доступной для непосредственного восприятия операторами.



## 2. Общая структура типовых электронных и цифровых самолетных систем и их систем встроенного контроля



В ИИК входят: устройство ввода программ, процессор, интерфейс, коммутатор, программно-перестраиваемые агрегаты и системы, развитая система отображения информации и контроля. В ИИК происходит практически одновременно измерение, вычисление и выработка команд управления системами и агрегатами ЛА. При этом используются сложные алгоритмы обработки информации и управление системами ЛА полностью передается ИИК и САУ.

### 3. Классификация погрешностей и основные статические и динамические характеристики АП

Причины возникновения погрешностей измерений :

- **неточность математического описания функциональной зависимости**

$$Y(t) = F[X(t), N(t)] \quad (2.1)$$

неполнота ее реализации в измерительном средстве;

- **наличие помех**  $N(t)$  и **возмущений**, влияющих на значение параметров  $Q(t)$  функции преобразования (2.1), и т.д.

Для реального измерительного средства

$$Y_p(t) = F_d[X(t), N(t), Q(t)] \quad (2.2)$$

где  $Y_p(t)$  — совокупность выходных сигналов реального измерительного средства;  $F_d[\cdot]$  — действительная функция преобразования, принятая на основе выбранного метода измерения,  $Q(t)$  — значения параметров функции преобразования (2.1).

При  $N(t) = 0$  и номинальных параметрах  $Q_0$  выходные сигналы измерительного средства имеют истинные значения

$$Y_0(t) = F[X(t), Q_0]. \quad (2.3)$$

Погрешность измерения :

$$\Delta Y = Y_p(t) - Y_0(t) = F_d[X(t), N(t), Q(t)] - F[X(t), Q_0].$$

### 3. Классификация погрешностей и основные статические и динамические характеристики АП

Погрешности классифицируются по следующим признакам:

#### 1. По причинам, порождающим погрешности:

- **методические** - определяются недостаточной разработанностью метода измерения или приближенностью реализации функции преобразования  $F_{\phi} [\cdot]$  в конструкции измерительного средства;
- **инструментальные** - обуславливаются неточностью изготовления элементов измерительного средства, изменением их параметров под воздействием внешней среды, несовершенством материалов, из которых они изготавливаются, недостатками эксплуатации АП, связанными с низким уровнем регулировок, нарушением регламентных работ, внесением погрешностей во время профилактических осмотров, ремонтов и т.д.

### 3. Классификация погрешностей и основные статические и динамические характеристики АП

Погрешности классифицируются по следующим признакам:

#### 2. По характеру изменения во времени:

- **статические** - определяется величиной  $\Delta Y$  при времени измерения  $t \rightarrow \infty$ ;
- **динамические** - является функцией переходного процесса измерения и оценивается различными критериями, учитывающими время измерения  $t$ . Она обусловлена реакцией средства измерения на скорость (частоту) изменения входного сигнала, зависит от динамических свойств (инерционности) средства измерения, частотного спектра входного сигнала, изменение нагрузки и влияющих величин;
- **вариация показаний.**

### 3. Классификация погрешностей и основные статические и динамические характеристики АП

Погрешности классифицируются по следующим признакам:

#### 3. По виду их закономерности при многократных измерениях:

- **систематические** - определяются составляющей, которая при повторном измерении остается постоянной или изменяется по какой-либо детерминированной закономерности. Они поддаются учету и могут быть скомпенсированы;

- **случайные** - при повторном измерении носят вероятностный характер и при единичном измерении не поддаются учету. Они должны удовлетворять определенным ограничениям по значению и частоте появления, т. е. должны отвечать определенным вероятностным характеристикам.