

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°C . Нормируемый верхний предел температуры для случая **а** равен $+55^{\circ}\text{C}$, для случая **б** — определяется режимом полета (для дозвуковых скоростей — 55°C); для случая **в** $+315^{\circ}\text{C}$.

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 м/с^2), а при оценке прочности узлов крепления — до $10g$ (98 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/с² 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.

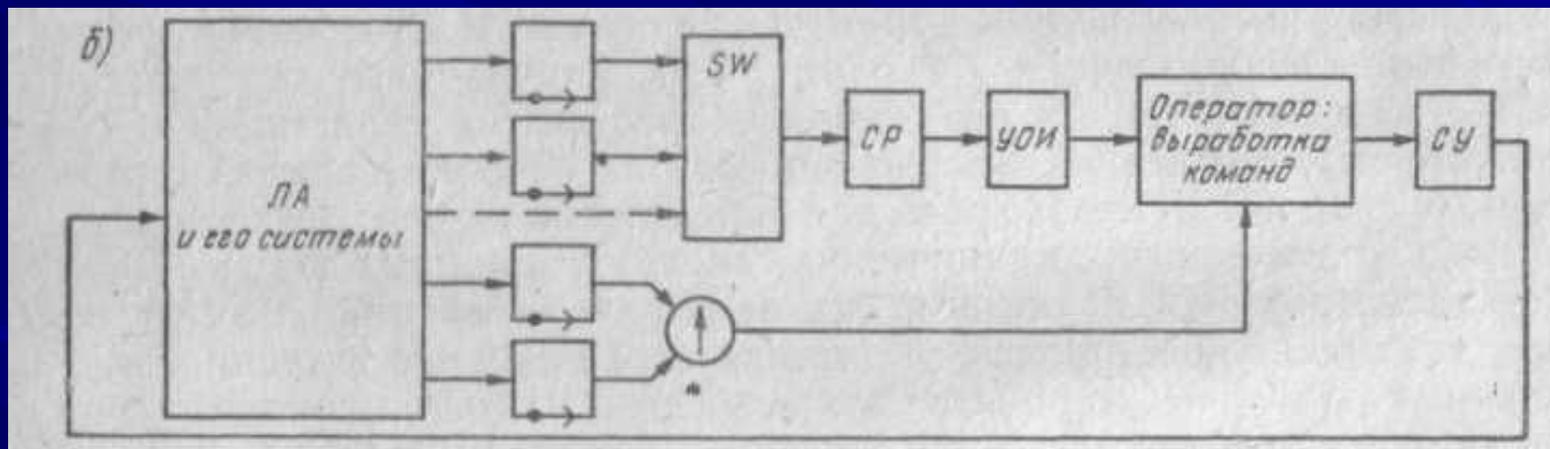
2. Общая структура типовых электронных и цифровых самолетных систем и их систем встроенного контроля

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.

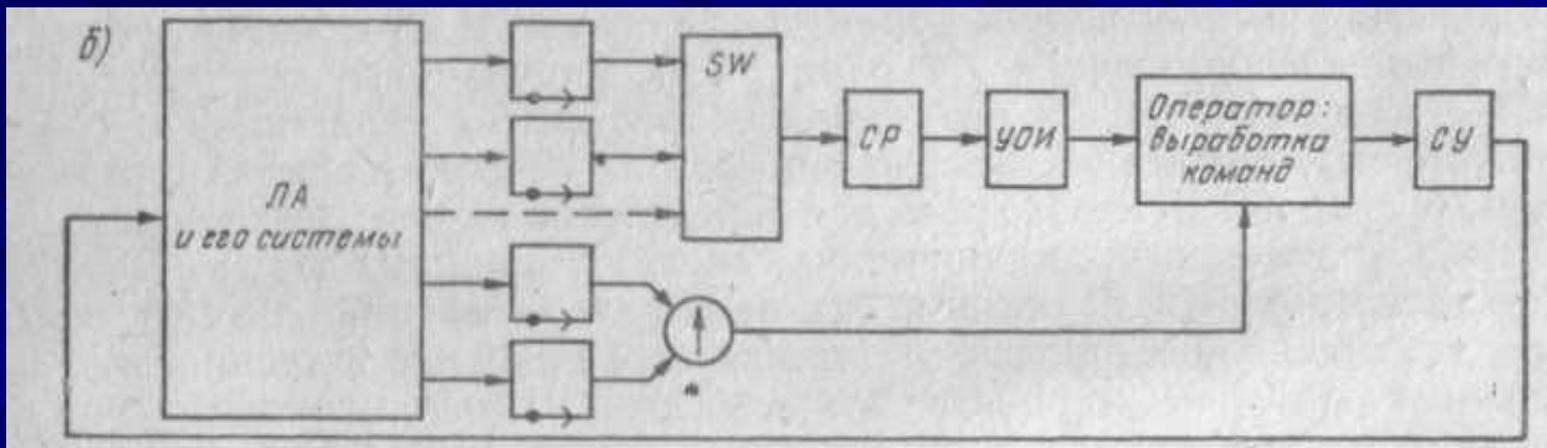
2. Общая структура типовых электронных и цифровых самолетных систем и их систем встроенного контроля

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.



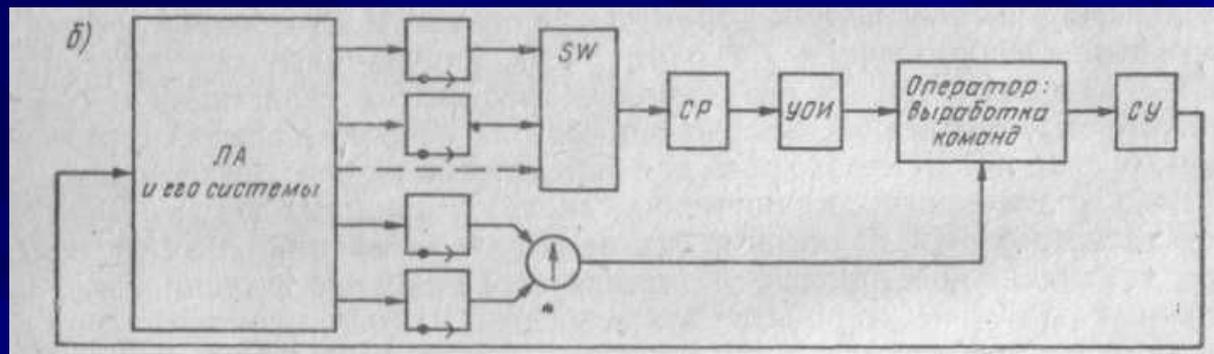
SW – коммутатор, СР – вычислительное устройство, УОИ – устройство отображения информации, СУ – система управления

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

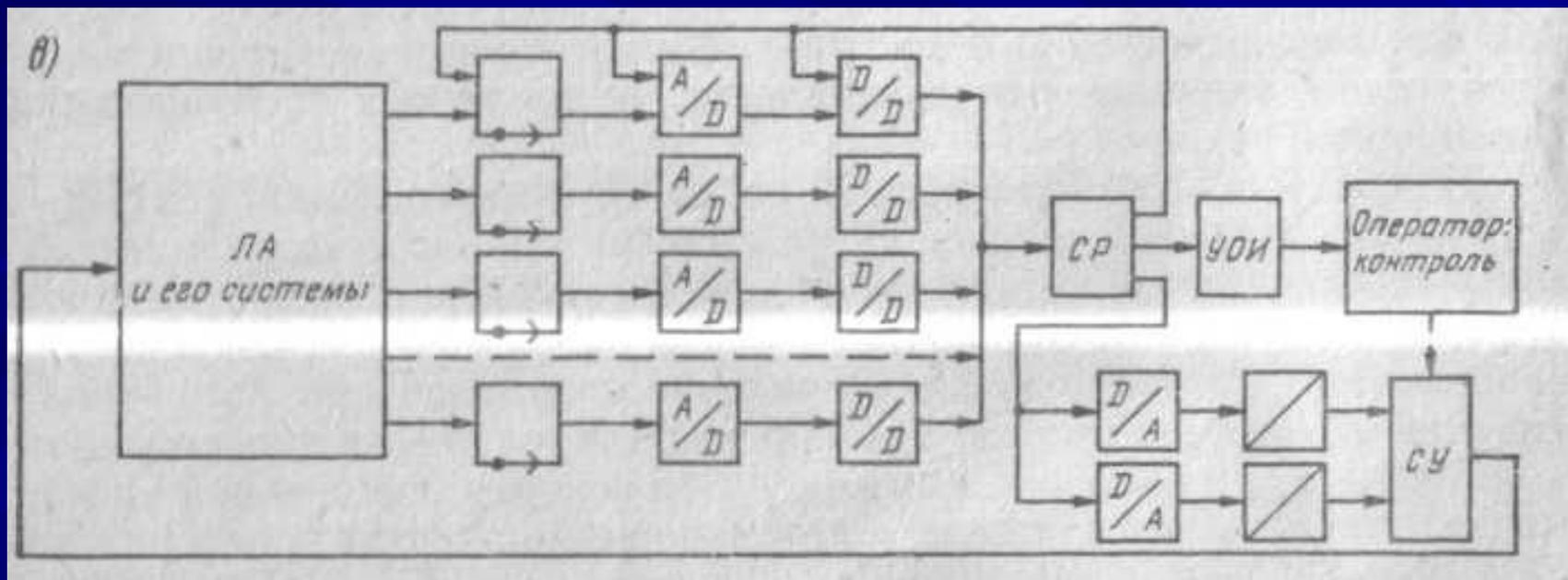


Результат обработки выдается в виде сигналов управления или в виде необходимой информации в форме, доступной для непосредственного восприятия оператора. Последний освобождается от вычислительных операций и на основе принятой информации вырабатывает команды для управления ЛА и его системами.

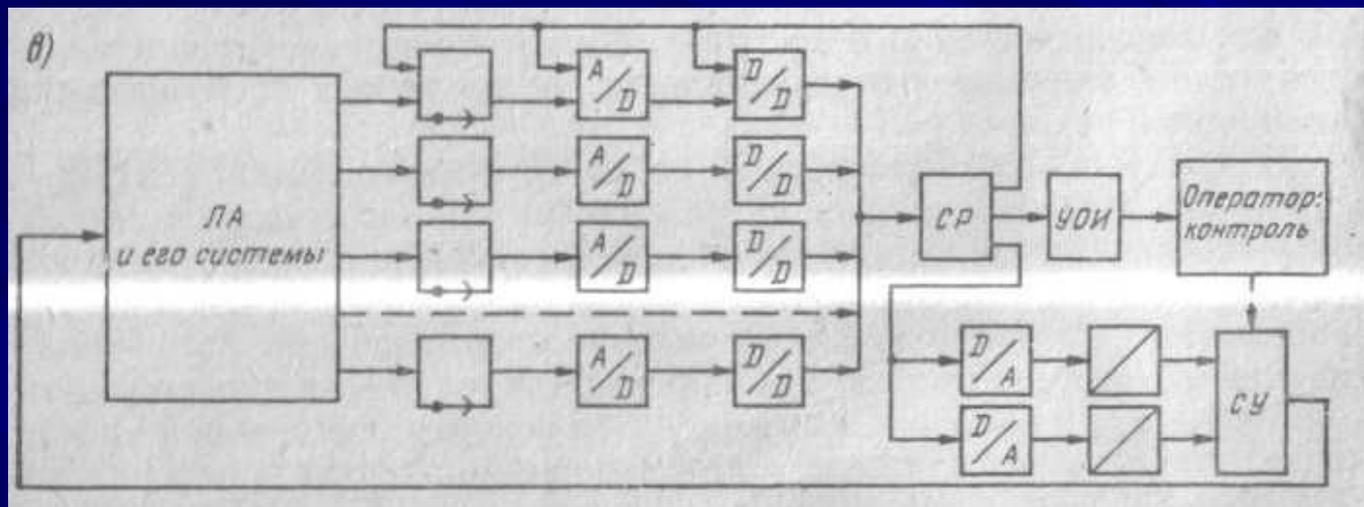
Недостатки ИИС: многочисленность каналов связи, снижающих надежность и помехозащищенность, низкая производительность специализированного вычислителя, невозможность его быстрого перепрограммирования на работу с другими алгоритмами, низкая точность решений задач, если вычислитель аналогового типа

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, программмно-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 ΔY 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.