

**СГУ им. Академика М.Ф.Решетнева**

# **БЦВМ КА**



**Курс лекций для гр. РС18-03**



# Состав вычислительных средств ЛА

В состав основных средств авиационного комплекса входят:



# Состав вычислительных средств ЛА

В состав основных средств авиационного комплекса входят:

□ Информационные средства



# Состав вычислительных средств ЛА

В состав основных средств авиационного комплекса входят:

- Информационные средства
- Линии передачи информации



# Состав вычислительных средств ЛА

В состав основных средств авиационного комплекса входят:

- Информационные средства
- Линии передачи информации
- Средства обработки информации



# Состав вычислительных средств ЛА

В состав основных средств авиационного комплекса входят:

- Информационные средства
- Линии передачи информации
- Средства обработки информации
- Исполнительные средства



- **Информационные средства** — датчики исходной информации предназначены для сбора информации об окружающей обстановке, состоянии объекта и его систем.



**• *Линии передачи информации*** осуществляют связь всех средств авиационного комплекса в соответствии с принятым порядком передачи информации. Техническая реализация линий передачи информации может быть самой разнообразной. Та или иная техническая реализация выбирается в зависимости от назначения линий передачи информации и взаимного расположения элементов авиационного комплекса.



## Состав вычислительных средств ЛА

**Средства обработки информации**, принятия решений и формирования команд управления занимают центральное место и определяют всю специфику работы управляющей системы. Эти средства представляют собой, как правило, совокупность вычислительных устройств различного функционального назначения, не связанных между собой либо связанных между собой и составляющих единую вычислительную систему. Вместо отдельных вычислительных устройств авиационного комплекса в настоящее время применяют вычислительные машины и системы.



## Состав вычислительных средств ЛА

- **Исполнительные средства** предназначены для обработки сформированных команд управления в соответствии с условиями применения того или иного авиационного комплекса.

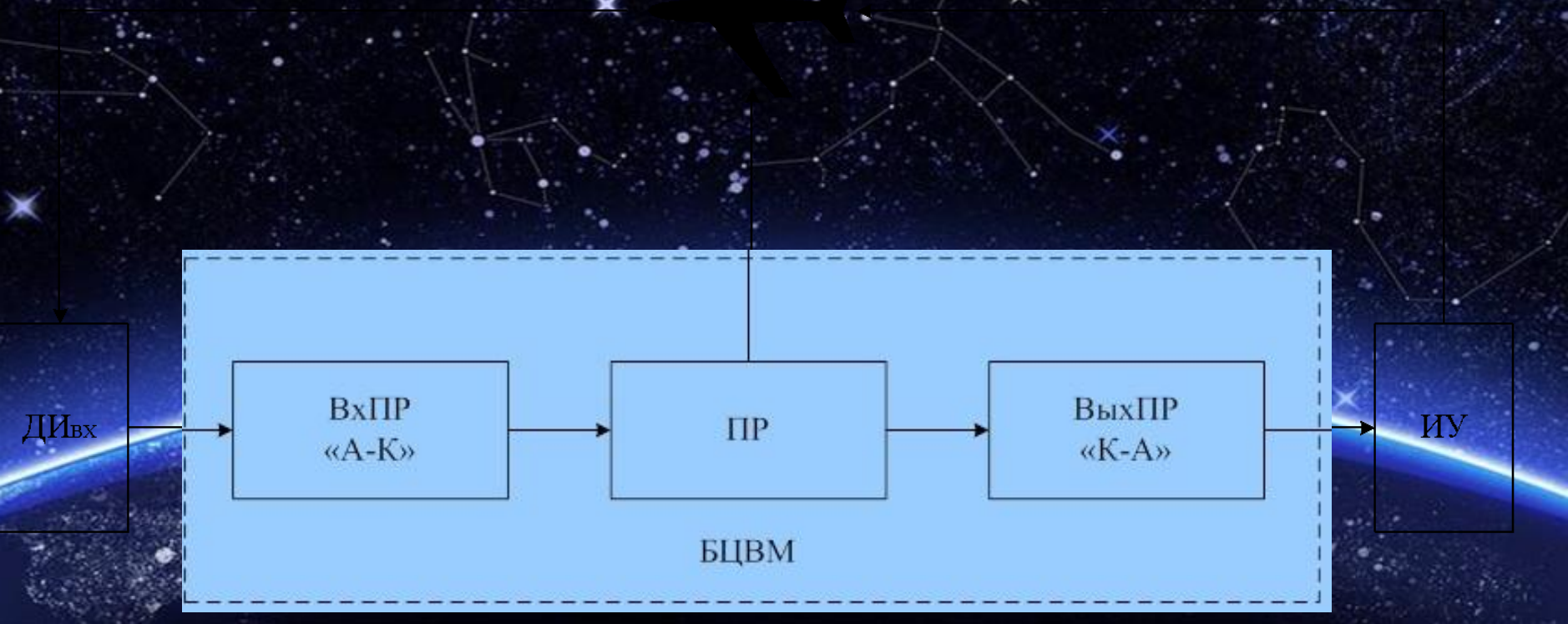


# Состав вычислительных средств ЛА





До этого мы говорили о вычислительных средствах вместе с системой управления летательного аппарата. Далее мы рассматриваем саму БЦВМ (без линий связи, датчиковых и исполнительных устройств).





## Состав вычислительных средств ЛА

**Характерные особенности  
работы БЦВС** в контуре управления ЛА:



## Состав вычислительных средств ЛА

**Характерные особенности работы БЦВС** в контуре управления ЛА:  
- сопряжение БЦВС с аппаратурой иного физического характера;

-



## Состав вычислительных средств ЛА

- Характерные особенности работы БЦВС** в контуре управления ЛА:
- сопряжение БЦВС с аппаратурой иного физического характера;
  - многократное повторение алгоритма;



## Состав вычислительных средств ЛА

**Характерные особенности работы БЦВС** в контуре управления ЛА:

- сопряжение БЦВС с аппаратурой иного физического характера;
- многократное повторение алгоритма;
- реальный масштаб времени;
-



## Состав вычислительных средств ЛА

- Характерные особенности работы БЦВС** в контуре управления ЛА
- сопряжение БЦВС с аппаратурой иного физического характера;
  - многократное повторение алгоритма;
  - реальный масштаб времени;
  - ограничение реализации алгоритмов во времени;
  -



- Характерные особенности работы БЦВС** в контуре управления ЛА:
- сопряжение БЦВС с аппаратурой иного физического характера;
  - многократное повторение алгоритма;
  - реальный масштаб времени;
  - ограничение реализации алгоритмов во времени;
  - повышенная надежность.



*Теперь расскажем, что из себя представляет бортовой вычислительный комплекс летательного аппарата*



# Состав вычислительных средств ЛА

***Основу современной БЦВС ЛА составляют:***





## Состав вычислительных средств ЛА

***Основу современной БЦВС ЛА составляют:***

- средства хранения и обработки информации (однопроцессорные и многопроцессорные БЦВМ, специализированные вычислители, запоминающие устройства);



## Состав вычислительных средств ЛА

### ***Основу современной БЦВС ЛА составляют:***

- средства хранения и обработки информации (однопроцессорные и многопроцессорные БЦВМ, специализированные вычислители, запоминающие устройства);
- средства информационного обмена, обеспечивающие в процессе функционирования комплекса обмен информацией элементов БЦВС с бортовым оборудованием и между собой;



## Состав вычислительных средств ЛА

### ***Основу современной БЦВС ЛА составляют:***

- средства хранения и обработки информации (однопроцессорные и многопроцессорные БЦВМ, специализированные вычислители, запоминающие устройства);
- средства информационного обмена, обеспечивающие в процессе функционирования комплекса обмен информацией элементов БЦВС с бортовым оборудованием и между собой;
- программное обеспечение, включающее в себя объектные (бортовые) программы, а также средства их создания, отработки и документирования;



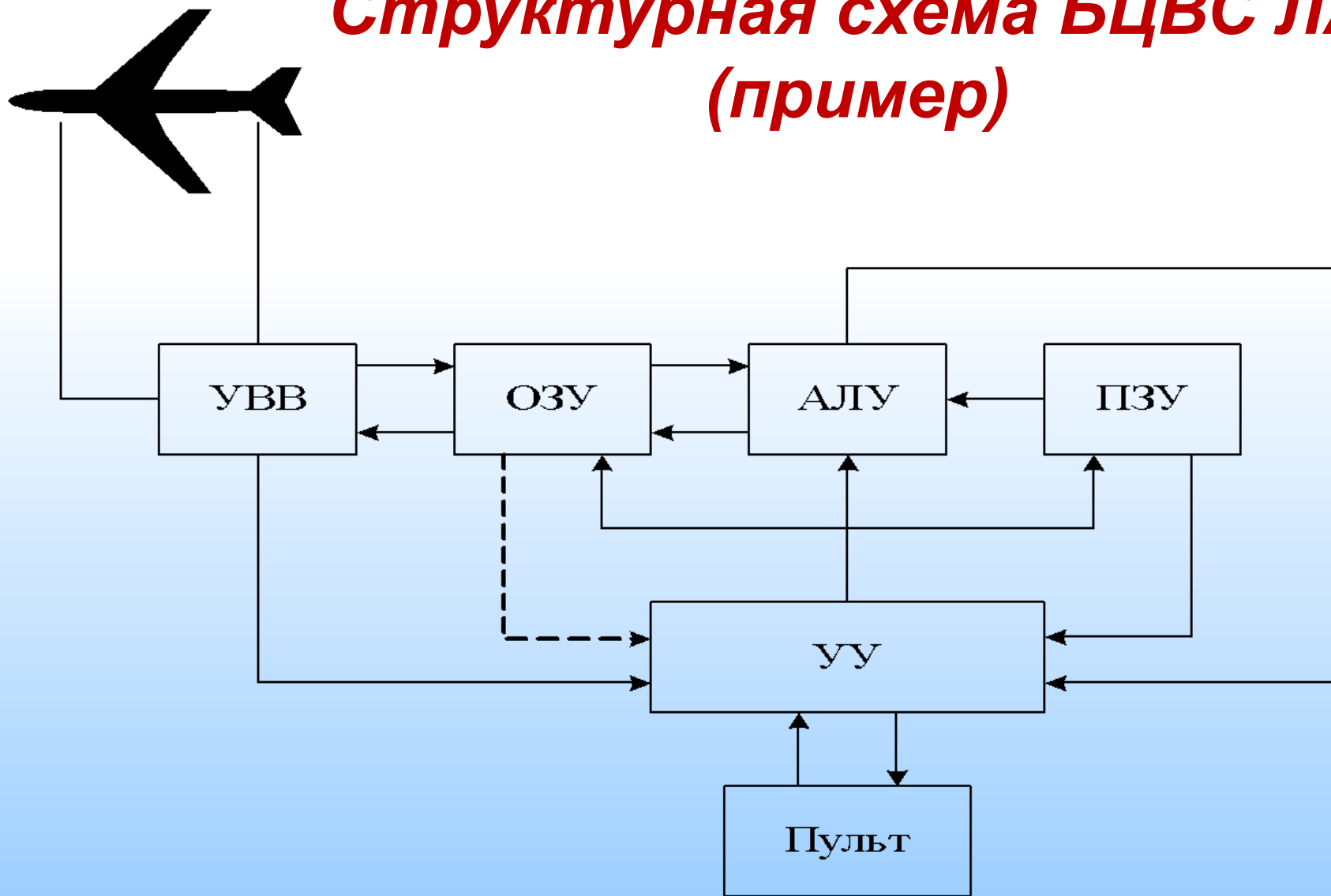
## Состав вычислительных средств ЛА

### ***Основу современной БЦВС ЛА составляют:***

- средства хранения и обработки информации (однопроцессорные и многопроцессорные БЦВМ, специализированные вычислители, запоминающие устройства);
- средства информационного обмена, обеспечивающие в процессе функционирования комплекса обмен информацией элементов БЦВС с бортовым оборудованием и между собой;
- программное обеспечение, включающее в себя объектные (бортовые) программы, а также средства их создания, отработки и документирования;
- система функционального контроля аппаратуры БЦВС.



## Структурная схема БЦВС ЛА (пример)





## Состав вычислительных средств ЛА

**Многомашинная БЦВС** представляет собой комплекс, объединяющий несколько независимых вычислительных машин, каждая из которых включает в свой состав центральный процессор, память, каналы ввода-вывода. Отдельная часть БЦВС (подсистема) может представлять собой также вычислительную систему. Например, в состав многомашинной БЦВС могут входить однопроцессорные и многопроцессорные вычислительные системы.



## Состав вычислительных средств ЛА

**Многопроцессорная БЦВС** - это совокупность вычислительных средств, включающая два или более процессора, которые функционируют под управлением единой операционной системы на основе совместного использования общей памяти и каналов информационного обмена.



# Основные характеристики ЭВМ

К основным характеристикам любой ЭВМ, не обязательно бортовой, относятся:

- ***операционные ресурсы,***
- ***емкость памяти,***
- ***быстродействие ЭВМ,***
- ***производительность ЭВМ,***
- ***надежность,***
- ***стоимость ЭВМ.***



# Основные характеристики ЭВМ

Одна из основных характеристик ЭВМ - множество реализуемых в ней операций обработки, хранения и ввода - вывода информации - ***операционные ресурсы***.  
Операционные ресурсы тем больше, чем более разнообразны способы представления информации и шире система команд.  
Расширение операционных ресурсов возможно только за счет увеличения затрат оборудования.



# Основные характеристики ЭВМ

Следующая важная характеристика ЭВМ - **емкость памяти**. Емкость памяти измеряется в словах или двоичных единицах информации - битах, или кратных единицах: байтах, словах. Байт равен 8 битам, Кбайт = 1024 байт.



## Основные характеристики ЭВМ

**Быстродействие ЭВМ** - число операций, выполняемых в 1с. Поскольку разные операции выполняются с разной скоростью, то говорят о среднем быстродействии ЭВМ на разных классах задач, которое определяется с учетом вероятностей использования каждой операции при решении заданного класса задач.



## Основные характеристики ЭВМ

**Производительность ЭВМ** в отличие от быстродействия измеряется средним числом задач, решаемых на ней за единицу времени. Производительность зависит от быстродействия процессора, устройств ввода - вывода, порядка прохождения задач в ЭВМ и т. д. Она увеличивается при совмещении операций ввода - вывода с обработкой, использовании мультипрограммного и мультипроцессорного режимов работы.



## Основные характеристики ЭВМ

**Надежность** - свойство ЭВМ выполнять изложенные на нее функции в течение заданного времени. Надежность характеризуется такими величинами, как интенсивность отказов и наработка на отказ. Отказ - случайное событие, возникающее из-за неисправности элементов, из которых собрана ЭВМ, и соединений между ними. Интенсивность отказов - среднее число отказов за единицу времени. Нарботка на отказ - средний промежуток времени между отказами.



## Основные характеристики ЭВМ

Увеличение надежности осуществляется за счет резервирования, заключающегося во введении в состав ЭВМ или отдельных устройств избыточного оборудования.



## Основные характеристики ЭВМ

**Стоимость ЭВМ** равна суммарной стоимости всего оборудования и программного обеспечения, входящего в ее состав. Улучшение любой из рассмотренных характеристик ЭВМ при данном уровне технологии, в конечном счете, приводит к увеличению стоимости.



Надежность БЦВС - свойство системы сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих ее способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования.



## Характеристики надежности БЦВС

Надежность зависит от назначения вычислительной системы и условий ее применения. Она представляет собой сочетание **безотказности, ремонтпригодности, долговечности и сохраняемости.**



# Характеристики надежности БЦВС

***Безотказность*** - способность сохранять работоспособное техническое состояние в течение некоторого времени.



***Ремонтпригодность*** - приспособленность к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, поддержанию и восстановлению работоспособного технического состояния путем проведения технического обслуживания и ремонта.



# Характеристики надежности БЦВС

***Долговечность*** - свойство сохранять работоспособное техническое состояние до наступления предельного состояния, при установленной системе технического обслуживания и ремонта.



# Характеристики надежности БЦВС

**Сохраняемость** - способность сохранять значения показателей безотказности, ремонтпригодности, долговечности в течение и после хранения и транспортирования.



## Характеристики надежности БЦВС

Техническое состояние БЦВС классифицируется тремя видами (в зависимости от соответствия НТД):

- 1) **исправное** - БЦВС соответствует всем требованиям НТД;
- 2) **работоспособное** - состояние БЦВС, при котором значения всех параметров, характеризующих способность системы выполнять заданные функции, соответствует требованиям НТД;
- 3) **правильного функционирования** - система в текущий момент способна выполнять одну или несколько функций, сохраняя значения заданных параметров в пределах, установленных НТД.



## Характеристики надежности БЦВС

### **Специфика оценки надежности ПО.**

Программное обеспечение (ПО) БЦВМ делится на специальное и общее.

С учетом специфики ПО можно предложить следующую систему понятий и терминов в области надежности программного обеспечения.

Надежность ПО включает:

- **безотказность,**
- **корректность,**
- **устойчивость,**
- **восстанавливаемость и**
- **исправляемость.**

## Характеристики надежности БЦВС

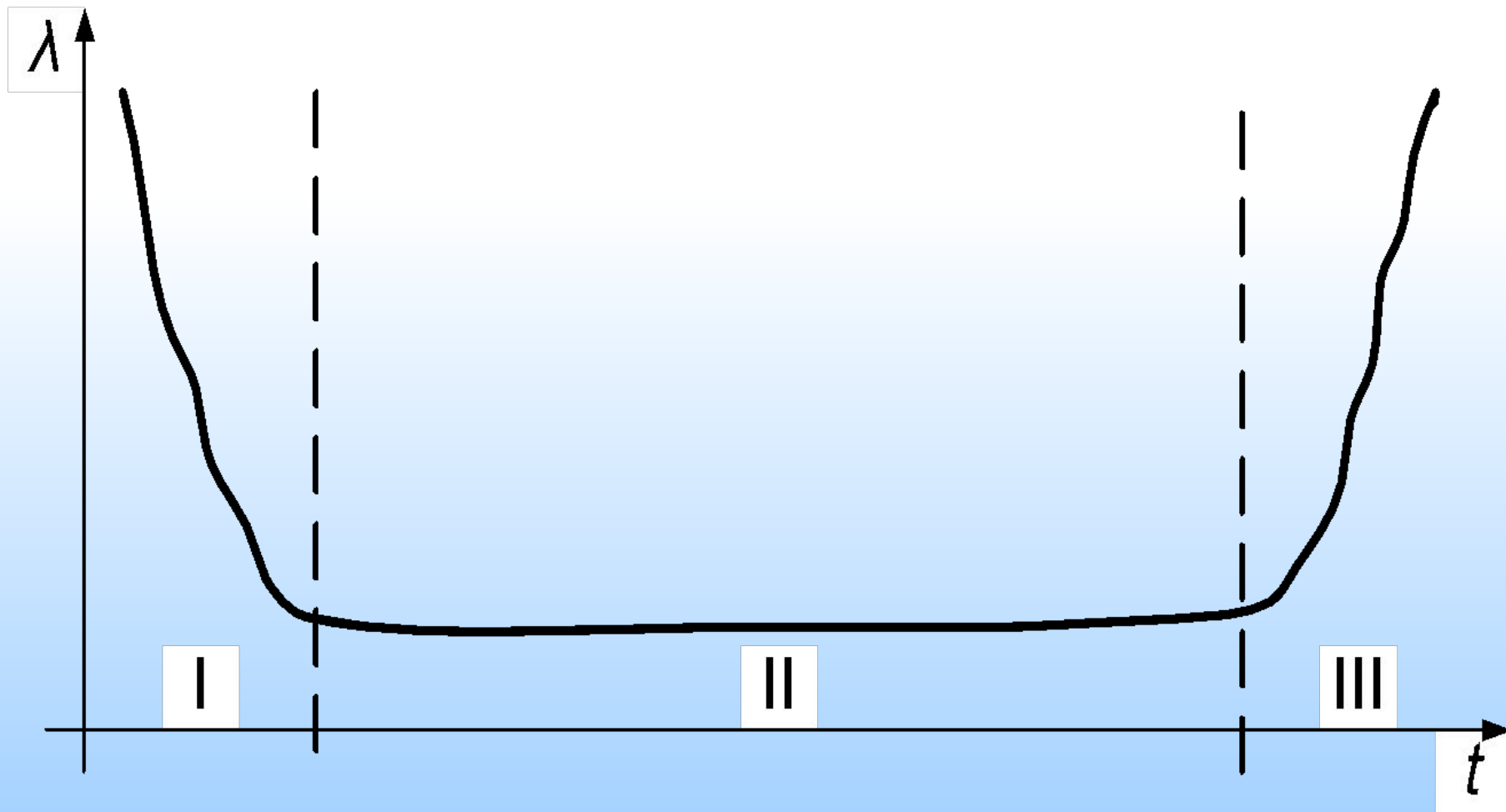
Интенсивность отказов «лямбда» - показывает, какая доля элементов данного типа выходит из строя за один час работы.

Все отказы могут быть разделены на:  
катастрофические (внезапные);  
параметрические (постепенные).

Зависимость ЛЯМБДА -характеристики от времени для этих типов отказов приведена на следующем слайде.



# Характеристики надежности БЦВС



## Характеристики надежности БЦВС

Как видно, суммарная лямбда-характеристика имеет три четко выраженных участка:

I участок – период приработки, в котором преобладающее влияние имеют катастрофические отказы;

II участок – период нормальной работы, который характеризуется соотношением  $\lambda = \text{const}$  ;

III участок – период старения и износа, в котором преобладающее влияние имеют параметрические отказы.



## Характеристики надежности БЦВС

Принято считать, что аппаратура БЦВК работает в период гарантийного ресурса на II участке, где лямбда-характеристика постоянна. Если необходимо определить лямбда-характеристику системы или прибора в целом, то пользуются следующим соотношением (см. следующий слайд):

## Характеристики надежности БЦВС

$$\Lambda(t) = \sum_{i=1}^m \lambda_i(t) n_i$$

где  $m$  – число типов элементов;

$n_i$  – количество элементов  $i$ -го типа;

$\lambda_i$  – интенсивность отказов элементов  $i$ -го типа.



**Вероятность безотказной работы** – это вероятность того, что при заданных условиях эксплуатации на заданном интервале времени не произойдет ни одного отказа.

Соотношение для участка с постоянной интенсивностью отказов следующее:

$$P(t) = \exp(-\Lambda t)$$

**Вероятность появления отказа** – связана с вероятностью безотказной работы соотношением:

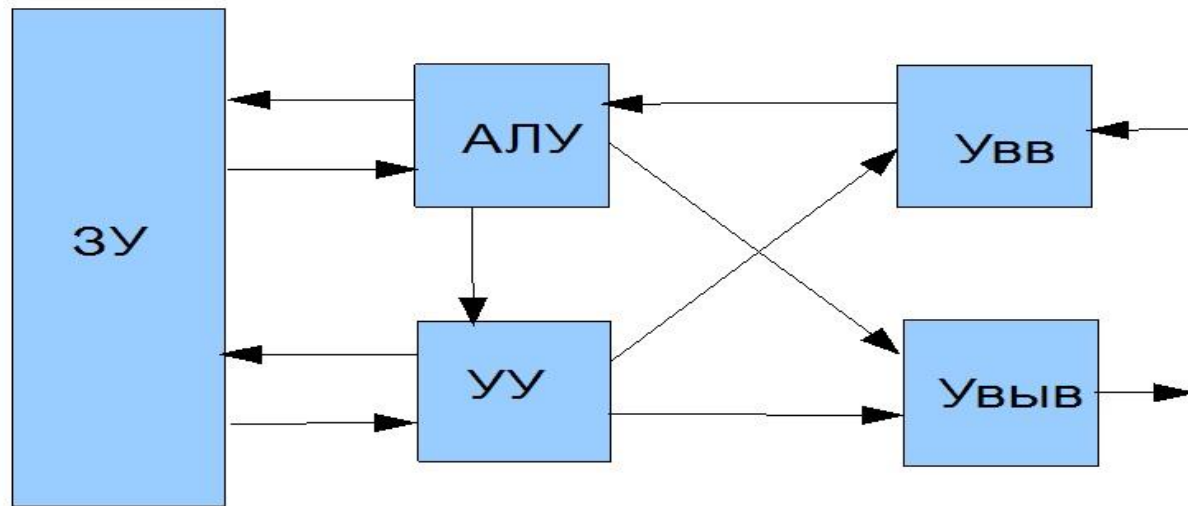
$$Q(t) = 1 - P(t) = 1 - \exp(-\Lambda t)$$



**Среднее время наработки до первого отказа** – определяет какое время система будет функционировать до первого отказа:

$$T_{CP} = \int_0^{\infty} P(t) dt = \frac{1}{\Lambda}$$

# Построение управляющей ЭВМ ЛА



Пример структуры управляющей ЭВМ

(АЛУ – арифметико-логическое устройство, ЗУ – запоминающее устройство, УУ – устройство управления, УВЫВ – устройство вывода сигналов, УВВ – устройство ввода сигналов)



**Показанные выше структурные схемы бортовых ЭВМ были характерны для вычислительных средств первых поколений ЭВМ.**

**Если характеризовать кратко современные вычислительные средства летательных и космических аппаратов, то можно сказать что они на несколько порядков «интеллектуальнее» первых ЭВМ и сейчас их структура ближе к мобильным устройствам, чем к большим ЭВМ.**

# Построение управляющей ЭВМ ЛА

Однако, учитывая гигантскую стоимость бортовой элементной базы (бортовая ЭВМ стоит порядка \$1 млн), при разработке бортовых средств микропроцессорной техники все-таки, нашли дальнейшее, более глубокое развитие принципы, применяемые в больших наземных ЭВМ:

- модульность;
- магистральность;
- микропрограммируемость;
- многократная повторяемость (регулярность) структуры.

Эти принципы позволяют создавать БЦВМ из стандартизированных элементов, что повышает надежность и уменьшает стоимость и сроки разработки.



# Построение управляющей ЭВМ ЛА

Самой характерной чертой управляющей ЭВМ как основного элемента системы управления реального времени также является мультипрограммность, обеспечивающая многозадачный режим работы.

Это предполагает, в свою очередь, минимальную (менее 10 мкс) реакцию как аппаратуры, так и операционной системы на внешние прерывания.

# Типовые каналы обмена УЭВМ

1) **Аналоговые постоянные величины** напряжения, сопротивления и тока;

2) **Дискретные (цифровые одиночные) сигналы** в виде:

- Замыкание контактов реле на время от десятков до сотен миллисекунд;

- Импульсы напряжения большой величины при коммутации напряжения питания (10-100 В) на время от десятков до сотен миллисекунд;

- Короткие импульсы длительностью несколько микросекунд.

3) **Аналоговые униполярные импульсные сигналы** с переменной частотой или фазой;

4) **Каналы цифрового обмена последовательного и параллельного типа**, а также с более сложной структурой.



# Построение БЦВМ ЛА

Типовая схема приема импульса напряжения



# Построение БЦВМ ЛА

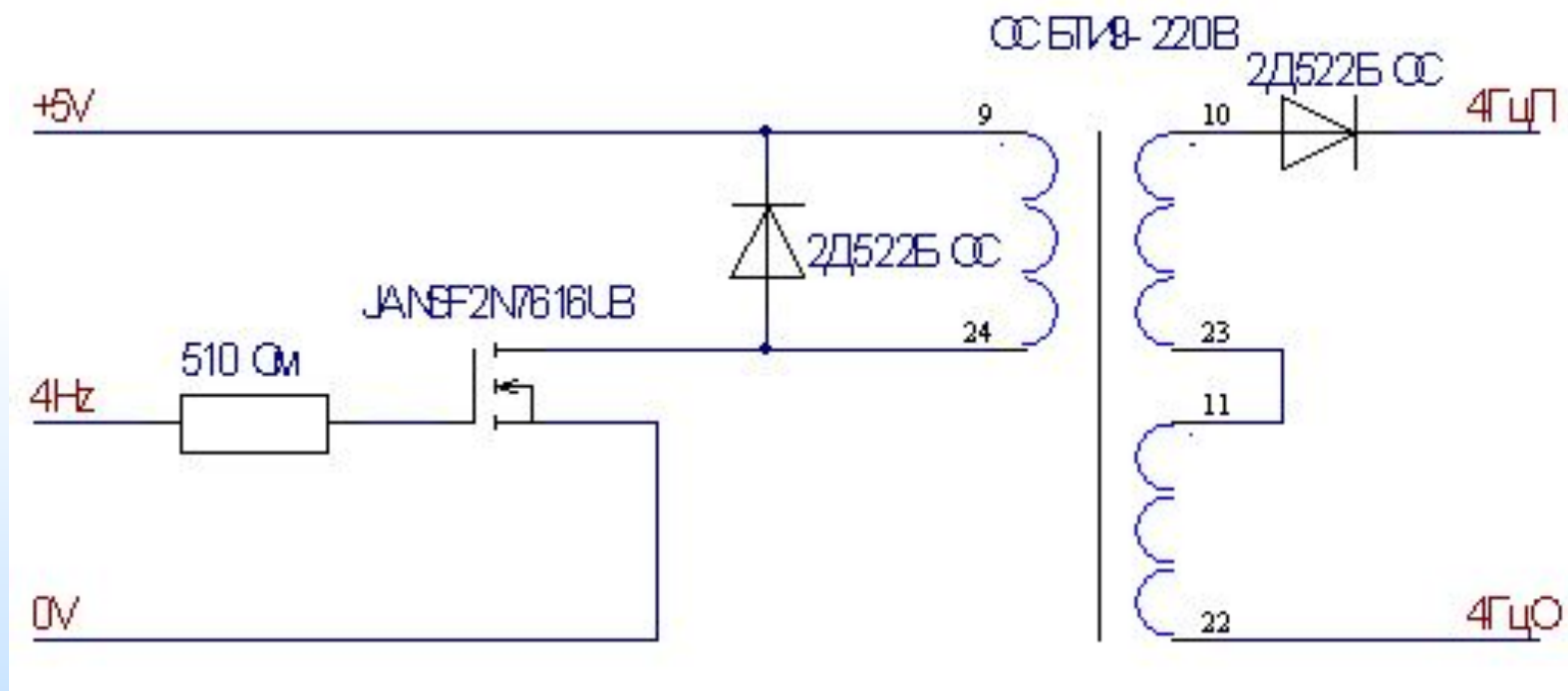
Типовая схема формирования сигнала  
замыкания контактов



# Построение БЦВМ ЛА

Типовая схема формирования сигнала  
уровнем сопротивления

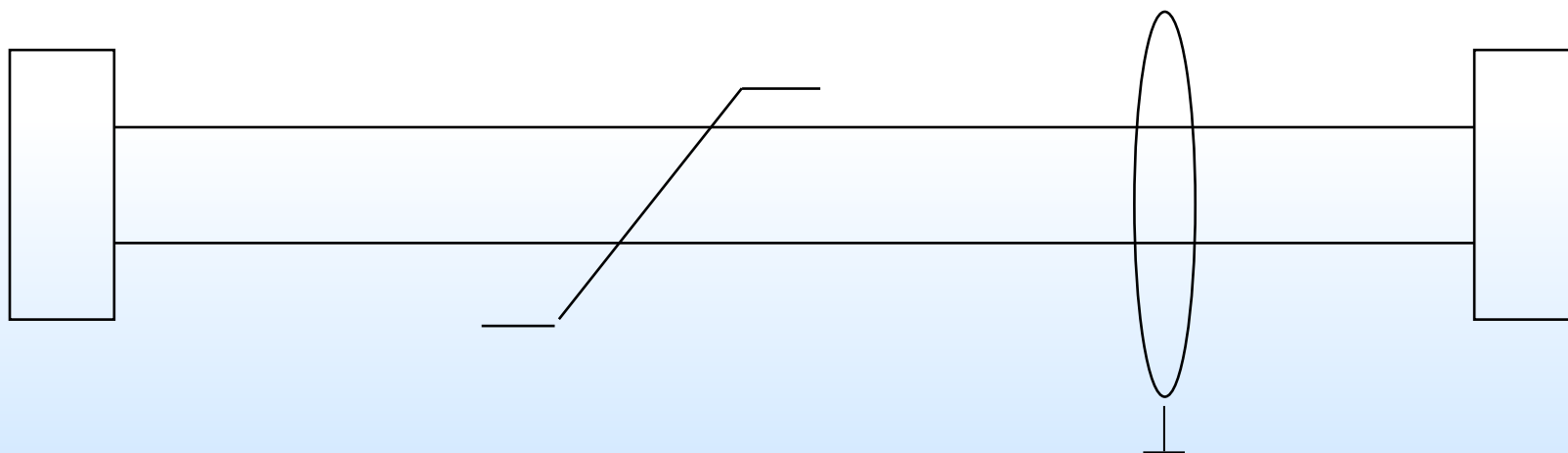
# Построение БЦВМ ЛА



Типовая схема формирования импульсного сигнала

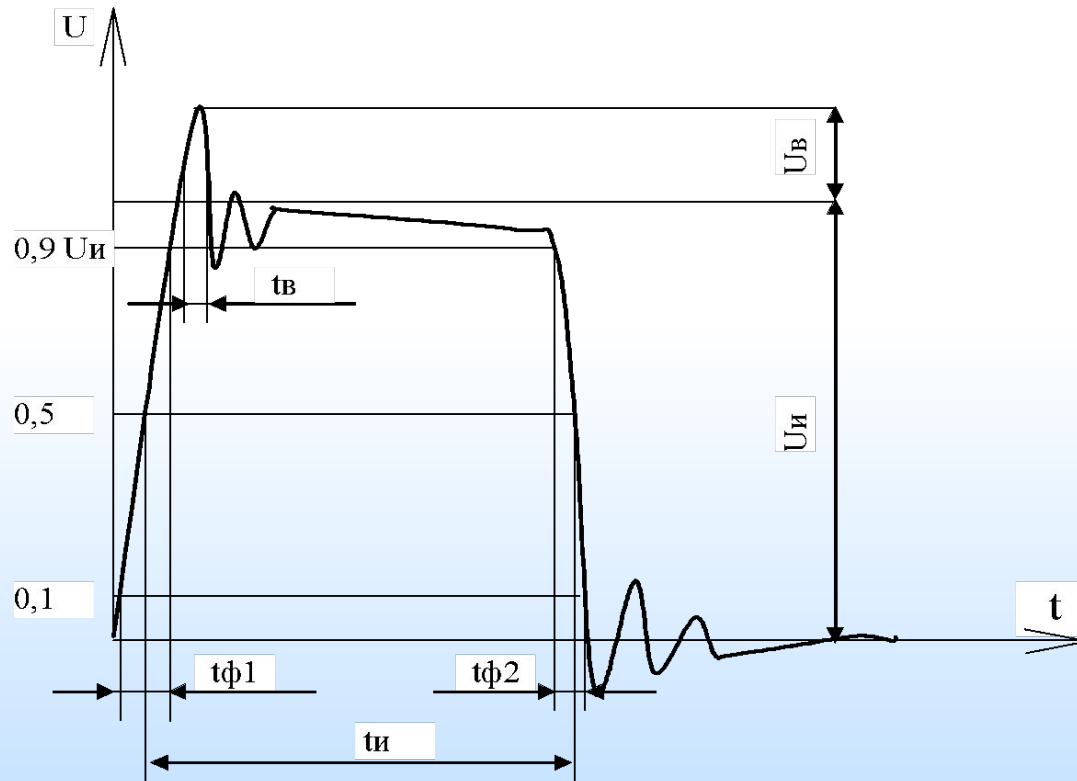


# Построение БЦВМ ЛА




Типовая схема линии связи импульсными сигналами

# Построение БЦВМ ЛА



Типовой вид импульсного сигнала





**Спасибо за  
внимание!**