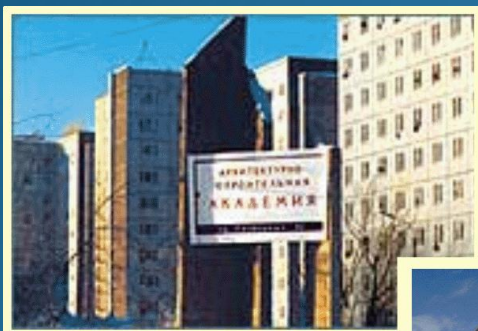




Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

# Сибирский федеральный университет

Кафедра «Приборостроение и телекоммуникации»



Красноярск, 2011



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**Сибирский федеральный университет**

Кафедра «Приборостроение и телекоммуникации»

Авторы: Алдонин Г. М., Алешечкин А.М.,

Валиханов М.М, Желудько С.П.

# **Обеспечение надежной работы РЭС.**





**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**Сибирский федеральный университет**

Кафедра «Приборостроение и телекоммуникации»

## **ТЕМА 9.**

# Основные понятия надежности

## Тема 9

**ПОНЯТИЕ НАДЕЖНОСТИ РЭС**

**ОСНОВНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА**

**РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И ОТКАЗЫ**

**КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
НАДЕЖНОСТИ**

**СТРУКТУРНАЯ НАДЕЖНОСТЬ АППАРАТУРЫ**

**МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ**

**РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ**



# *ПОНЯТИЕ НАДЕЖНОСТИ РЭС*

***НАДЕЖНОСТЬ*** - свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени или требуемой наработки при соблюдении режимов эксплуатации, правил технического обслуживания, хранения и транспортировки.



# СОСТОЯНИЯ РЭС

В любой момент времени РЭС может находиться:

- **в исправном состоянии** - если РЭА в данный момент времени удовлетворяет всем требованиям, установленным как в отношении основных параметров, характеризующих нормальное выполнение вычислительных процессов (точность, быстродействие и др.), так и в отношении второстепенных параметров, характеризующих внешний вид и удобство эксплуатации, то такое состояние называют **исправным состоянием**;
- **неисправном состоянии**— это состояние РЭА, при котором она в данный момент времени не удовлетворяет хотя бы одному из выше приведенных требований, установленных в отношении как основных, так и второстепенных параметров.

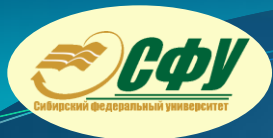




# ОСНОВНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

*Основные эксплуатационные свойства* изделий с позиций обеспечения надежной работы:

- безотказность;
- ремонтоспособность;
- долговечность ;
- сохраняемость.



# Понятие безотказности

**Безотказностью** называют свойство изделия сохранять свою работоспособность в течение некоторой наработки без вынужденных перерывов. Безотказность измеряется в единицах наработки.

- **Наработка на отказ** - среднее значение наработки ремонтируемого изделия между отказами. Для неремонтируемых изделий этот термин равнозначен понятию средней наработки до отказа.
  - **Гарантийная наработка** - представляет собой наработку изделия, до завершения которой изготовитель гарантирует и обеспечивает выполнение определенных требований к изделию
  - **Долговечность** - свойство РЭА сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонтов.
  - **Сохраняемость** - свойство изделия сохранять эксплуатационные показатели в течение заданного срока хранения и после него.
  - **Ремонтоспособность** - свойство РЭА, заключающееся в приспособлении к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путем проведения технического обслуживания и ремонтов
  - **Сбой** (одноразовый) – однократно возникающий самоустраняющийся отказ.
  - **Перемежающийся отказ** – многократно возникающий сбой одного и того же характера.
- По характеру устранения отказы делятся:**
- **устойчивые;**
  - **самоустраняющиеся.**



По наличию внешних признаков отказы различают:

- явные;
- неявные (скрытые).

*Явные* - имеют внешние признаки появления

*Неявные* (скрытые) – это отказы для обнаружения которых требуется провести определенные действия.

По причине возникновения отказы подразделяют:

- конструкционные;
- производственные;
- эксплуатационные.

Это отказы вызванные нарушением установленных норм и правил при конструировании, производстве и эксплуатации РЭА.



## • КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАДЕЖНОСТИ

- *Средняя наработка на отказ  $T_{cp}$*  и вероятность безотказной работы  $P(t)$  связаны зависимостью

$$T_{cp} = \int_0^{\infty} P(t) dt.$$

По статистическим данным

$$T_{i\text{cp}} = \sum_{i=1}^m Dn_i t_{cpi}, \quad t_{cpi} = (t_i + t_{i+1})/2, \quad m = t/Dt$$

где  $Dn_i$  - количество отказавших изделий за интервал времени  $Dt_{cpi} = (t_{i+1} - t_i)$ ;  $t_i, t_{i+1}$  - соответственно время в начале и конце интервала испытаний ( $t_1=0$ );

$t$  - интервал времени, за который отказали все изделия;

$m$  - число временных интервалов испытаний.

- *Средняя наработка на отказ  $T_{cp}$*  и вероятность безотказной работы  $P(t)$  связаны зависимостью

$$T_{cp} = \int_0^{\infty} P(t) dt.$$

По статистическим данным

$$T_{cp} = \sum_{i=1}^m Dn_i t_{cpi}, \quad t_{cpi} = (t_i + t_{i+1})/2, \quad m = t/Dt$$

где  $Dn_i$  - количество отказавших изделий за интервал времени  $Dt_{cpi} = (t_{i+1} - t_i)$ ;  $t_i, t_{i+1}$  - соответственно время в начале и конце интервала испытаний ( $t_1=0$ );  
 $t$  - интервал времени, за который отказали все изделия;  
 $m$  - число временных интервалов испытаний.

- При длительной работе РЭА для планирования ее ремонта важно знать не вероятность возникновения отказов, а их число за определенный период эксплуатации. В этом случае применяют распределение Пуассона. Распределение Пуассона применимо для оценки надежности ремонтируемой РЭА с простейшим потоком отказов.

Вероятность отсутствия отказа за время  $t$  составляет

$$P_0 = \exp(-\lambda(t)),$$

а вероятность появления  $i$  отказов за то же время

$$P_i = \lambda^i t^i \exp(-\lambda(t))/i!,$$

где  $i = 0, 1, 2, \dots, n$  - число отказов.

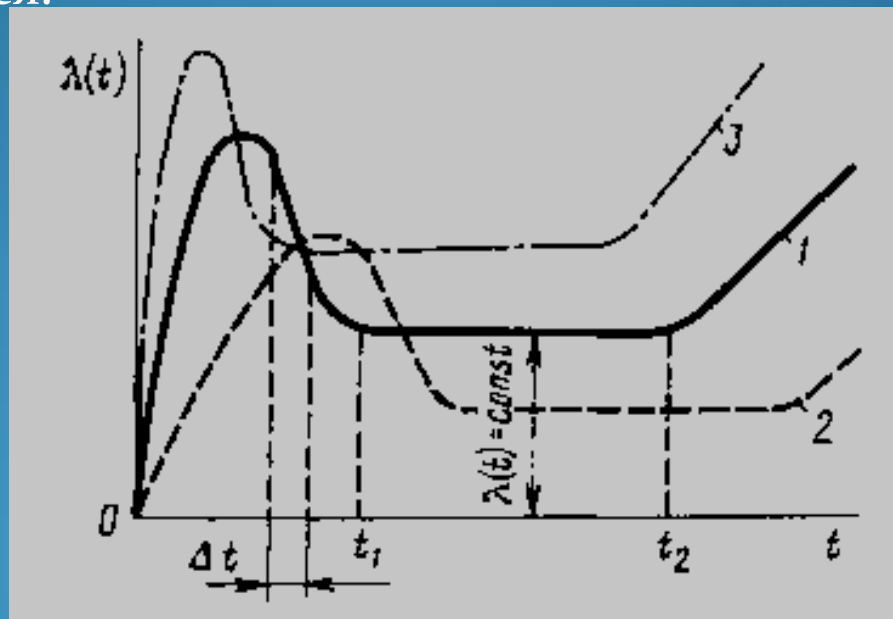
- **Интенсивность отказов.** Критерием, более полно определяющим надежность неремонтируемой РЭА и ее модулей, является интенсивность отказов  $\lambda(t)$ . Интенсивность отказов  $\lambda(t)$  представляет условную вероятность возникновения отказа в системе в некоторый момент времени наработки при условии, что до этого момента отказов в системе не было. Величина  $\lambda(t)$  определяется отношением

$$\lambda(t) = f(t)/P(t) = (1/P(t)) dQ/dt.$$

# «Кривая жизни» изделия



1) от 0 до  $t_1$ —время приработки (1—1,5%) всего времени испытаний, 2) от  $t_1$  до  $t_2$  — время нормальной работы, 3) от  $t_2$  до  $\infty$  — время старения. Время приработки характеризуется повышенным числом отказов и определяется проявлением технологических и производственных дефектов, время нормальной работы — высокой надежностью испытуемых изделий (интенсивность отказов на этом интервале практически постоянна). При ослаблении (кривая 2) или ужесточении (кривая 3) условий испытаний зависимость  $k(t)$  изменится, но три характерных временных интервала сохранятся.



# СТРУКТУРНАЯ НАДЕЖНОСТЬ АППАРАТУРЫ

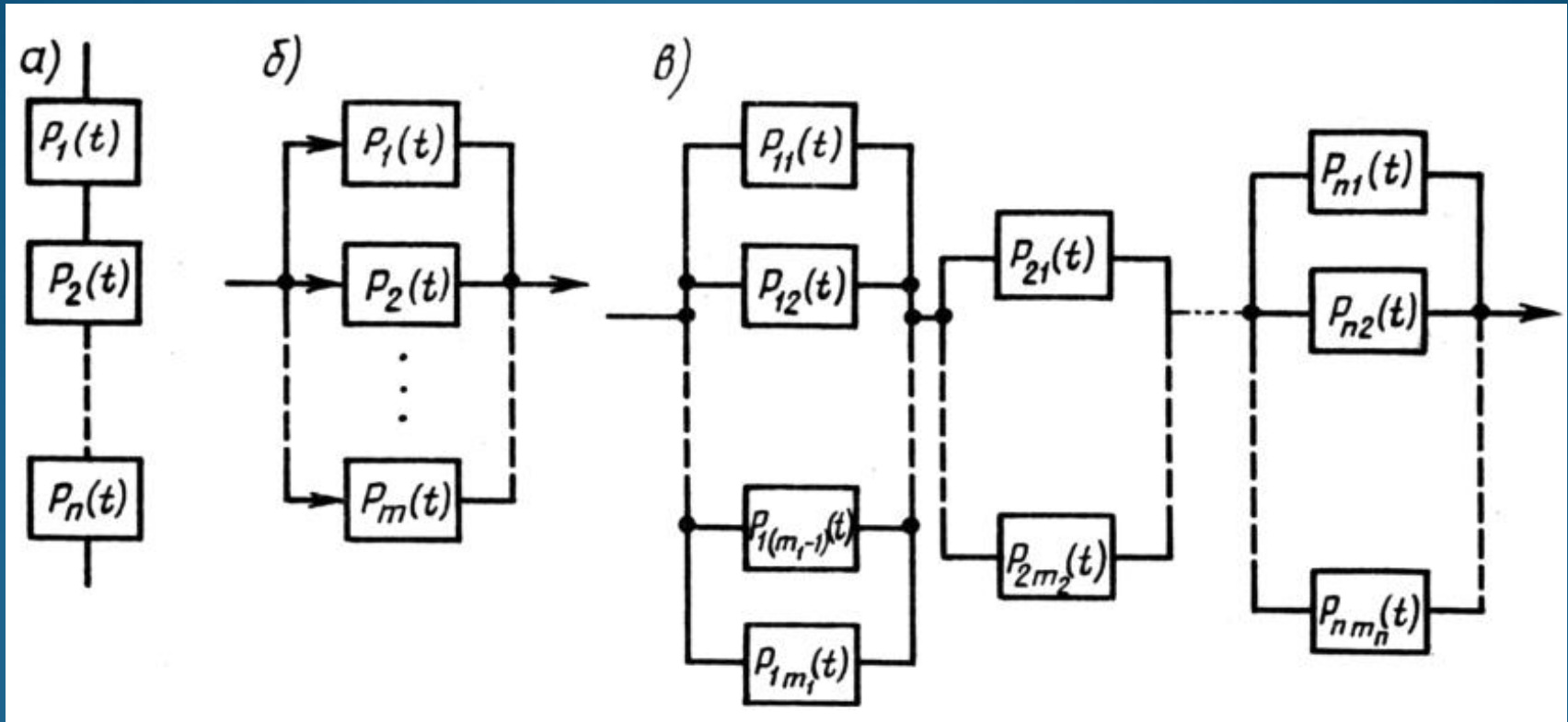


Рис.9.2 Схемы последовательного (а), параллельного (б) и параллельно-последовательного (в) включения элементов в надежности структурной схеме.

- При **последовательном** включении элементов (*рис. 9.2, а*) для надежной работы схемы необходима работа всех функциональных элементов.

Тогда вероятность безотказной работы схемы будет равна произведению вероятностей безотказной работы всех функциональных элементов:

$$P(t) = P_1(t) P_2(t) \dots P_n(t),$$

где  $n$  – число элементов схемы.

Для случая экспоненциального распределения наработки до отказа  $P_i(t) = \exp(-\lambda_i t)$  среднее время наработки на отказ составит:

- $T = 1 / \sum_{i=1}^n \lambda_i$



- Для другого простейшего случая построения структурной схемы **параллельного соединения** элементов (*рис. 9.2 б*) при вероятности отказов  $Q_i(t)$  для каждого из элементов, входящих в схему, отказ всей схемы будет иметь место тогда, когда откажут все элементы, т.е.
- $Q(t) = Q_1(t) Q_2(t) \dots Q_m(t)$ ,
- где  $m$  - число параллельно соединенных элементов.  
При этом вероятность безотказной работы всей схемы:
- $P(t) = 1 - Q(t)$ .



# МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ

- Методы повышения надежности можно разделить на:
- структурные
  1. резервирование
    - а) **постоянное** (резервные элементы включены вместе с основным и функционируют в тех же режимах);
    - б) **резервирование замещением** (обнаружение отказавшего элемента и замена его резервным);
    - в) **скользящее резервирование** (любой резервный элемент может замещать любой отказавший).
- **информационные.**
- **Резервирование** - способ повышения надежности аппаратуры, заключающийся в дублировании РЭА в целом или отдельных ее модулей или элементов.

- Простейший и наиболее распространенный вид функции решения - «закон большинства», или мажоритарный закон.

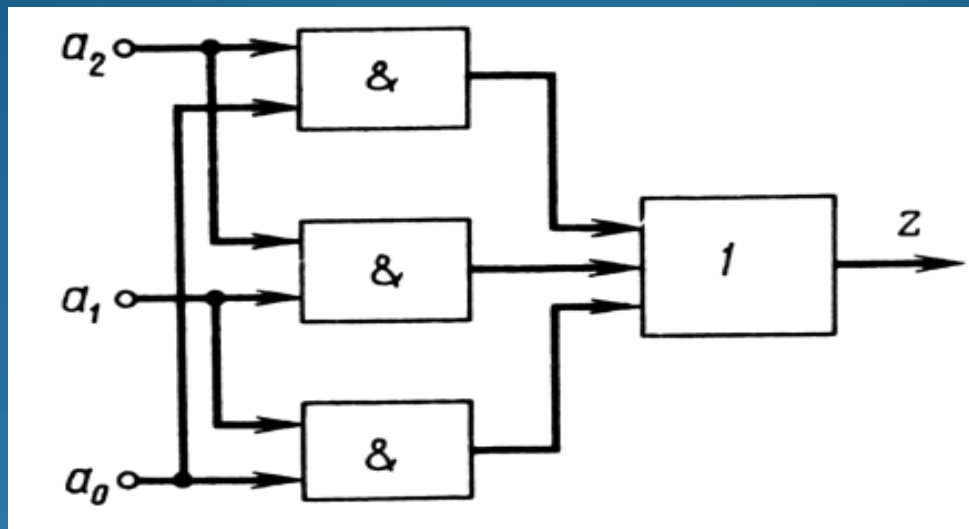


Рис. 9.3. Схема мажоритарного элемента «2 из 3»

Схема мажоритарного элемента, работающего по закону «2 из 3» и построенного из логических элементов И и ИЛИ, основана на выражении  $z = x_1 x_2 + x_2 x_3 + x_1 x_3$  и имеет вид, изображенный на *рис. 9.3.*

- *Информационные методы повышения надежности РЭА.* Основное применение информационных методов находят в вычислительной технике. Реализуются они в виде корректирующих кодов. Назначение этих кодов состоит в том, чтобы обнаруживать и исправлять ошибки в РЭА без прерывания их работы.

Корректирующие коды предусматривают введение в изделия некоторой избыточности.

*Различают :*

- временную избыточность;
- пространственную избыточность.



## Тема 10. Основы защиты от воздействий окружающей среды.

### УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ АППАРАТУРЫ

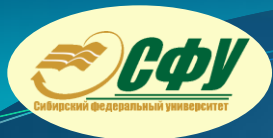
Условия эксплуатации радиоэлектронной аппаратуры и измерительно-вычислительных систем, имеют различную природу и изменяются в весьма широких пределах. Факторы, воздействующие на приборы и в определенной мере ограничивающие работоспособность аппаратуры, разделяют:

- климатические;
- механические ;
- радиационные.

*К климатическим факторам относят:* изменение температуры и влажности окружающей среды, тепловой удар, атмосферное давление, присутствие агрессивных веществ и озона в окружающей среде, солнечное облучение, грибковые образования (плесень), наличие микроорганизмов, насекомых и грызунов, взрывоопасность и воспламеняемость атмосферы, водные воздействия (дождь, брызги).

- *К механическим факторам относят:* вибрацию, механические и акустические удары, линейные ускорения.
- *К радиационным факторам относят:* все виды космической, естественной и искусственной радиации.

Эти факторы принято называть дестабилизирующими факторами. Каждый из них может проявлять себя и независимо от остальных, и в совместном действии с другими факторами той или другой группы.



# ЗАЩИТА ОТ КЛИМАТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ СРЕДЫ

**покрытия:** защитные, защитно-декоративные

- **специальные.**

- **Защитные покрытия** предназначены для защиты деталей от коррозии, старения, высыхания, гниения и других процессов, вызывающих выход аппаратуры из строя.
- **Защитно-декоративные** покрытия наряду с обеспечением защиты деталей придают им красивый внешний вид.
- **Специальные** покрытия придают поверхности деталей особые свойства или защищают их от влияния особых сред.



Для борьбы с *плесневыми грибами* применяют три способа:

- **Способ 1** - использование материалов, не склонных к образованию на них плесени;
- **Способ 2** - изменение внутреннего климата в аппаратуре, имеющее цель лишить плесневые грибки благоприятной базы для развития;
- **Способ 3** - добавление в состав лака или эмали, которыми покрывают поверхность деталей, специальных химических веществ - фунгицидов.



# *ЗАЩИТА АППАРАТУРЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЙ ВЛАЖНОСТИ*

*Защита аппаратуры от воздействия влажности* осуществляется соответствующими материалами, покрытиями, применением усиленной вентиляции сухим воздухом, поддерживанием внутри изделий более высокой температуры, чем температура окружающей среды, использованием поглотителей влаги, разработкой герметичной аппаратуры.



# Электрохимические потенциалы металлов

Таблица. 1

Пресная вода		Морская вода	
Металл	Потенциал, мВ	Металл	Потенциал, мВ
Серебро	+194	Серебро	+149
Медь	+140	Никель	+46
Никель	+118	Мель	+10
Алюминий	-169	Свинец	-259
Олово	-175	Цинк	-284
Свинец	-283	Сталь	-335
Сталь	-350	Кадмий	-519
Кадмий	-574	Алюминий	-667
Цинк	-823	Олово	-809

**Коррозия** протекает более интенсивно при контактировании материалов с существенно различными электрохимическими потенциалами.

# Металлические покрытия



- *Металлические покрытия* образуют с основным материалом детали контактную пару. В зависимости от полярности потенциала различают покрытия:
- **анодные** (отрицательный потенциал покрытия по отношению к основному металлу)
- **катодные** (положительный потенциал покрытия).
- *Оксидирование* - получение окисной пленки на стали, алюминии и его сплавах.
- *Анодирование* - декоративное покрытие алюминия и его сплавов электрохимическим способом.
- *Фосфатирование* - процесс образования на стали защитной пленки с высокими антикоррозионными и электроизоляционными свойствами
- *Лакокрасочные покрытия* защищают детали от коррозии.



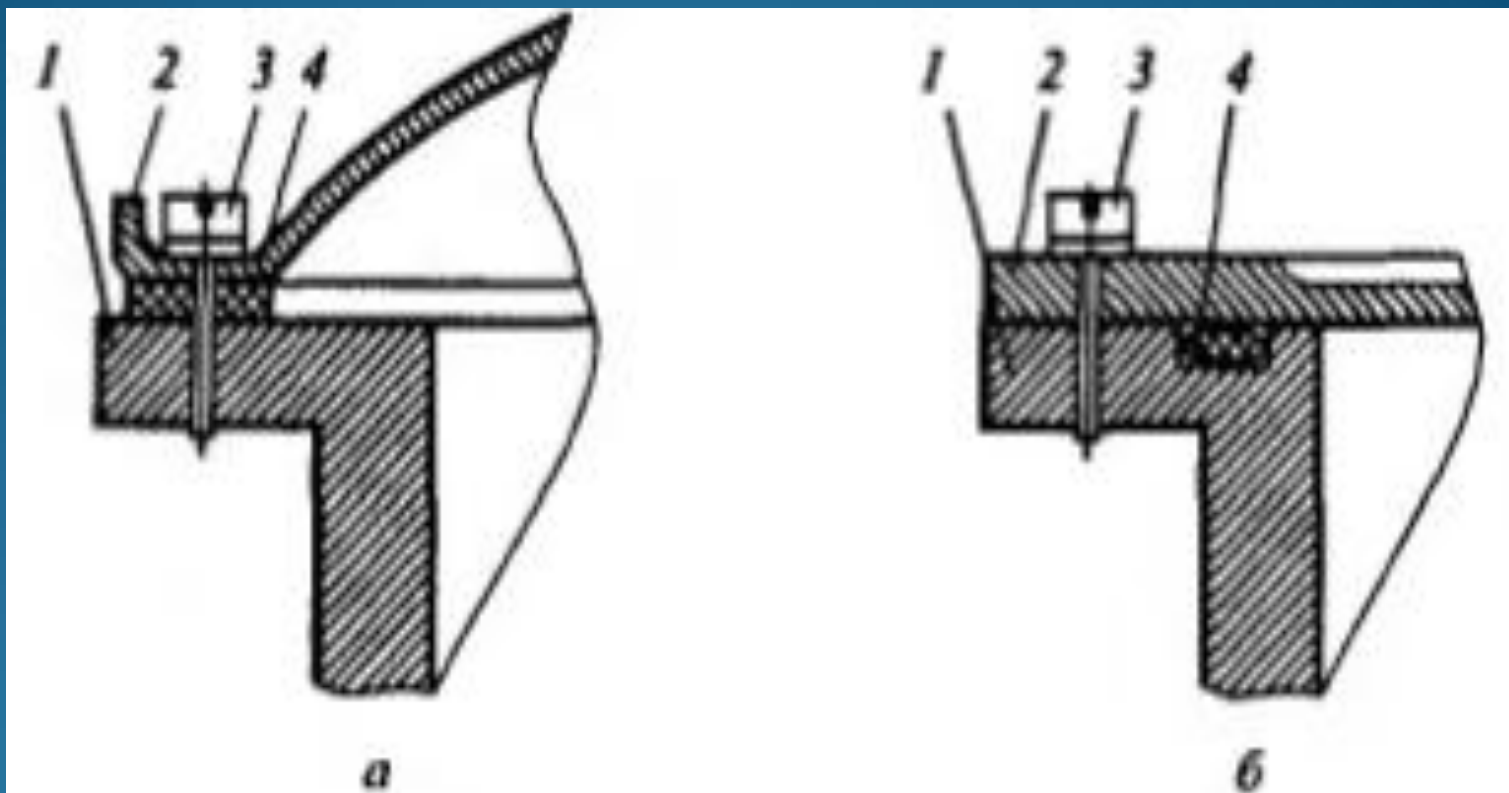
## **ЗАЩИТА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПЫЛИ**

- **Пыль** - смесь твердых частиц малой массы, находящаяся в воздухе во взвешенном состоянии.

### **ГЕРМЕТИЗАЦИЯ РЭА**

- Герметизация узлов, блоков и шкафов РЭА является надежным средством защиты от воздействия влажности и вредных веществ окружающей среды, пыли, изменения барометрического давления.

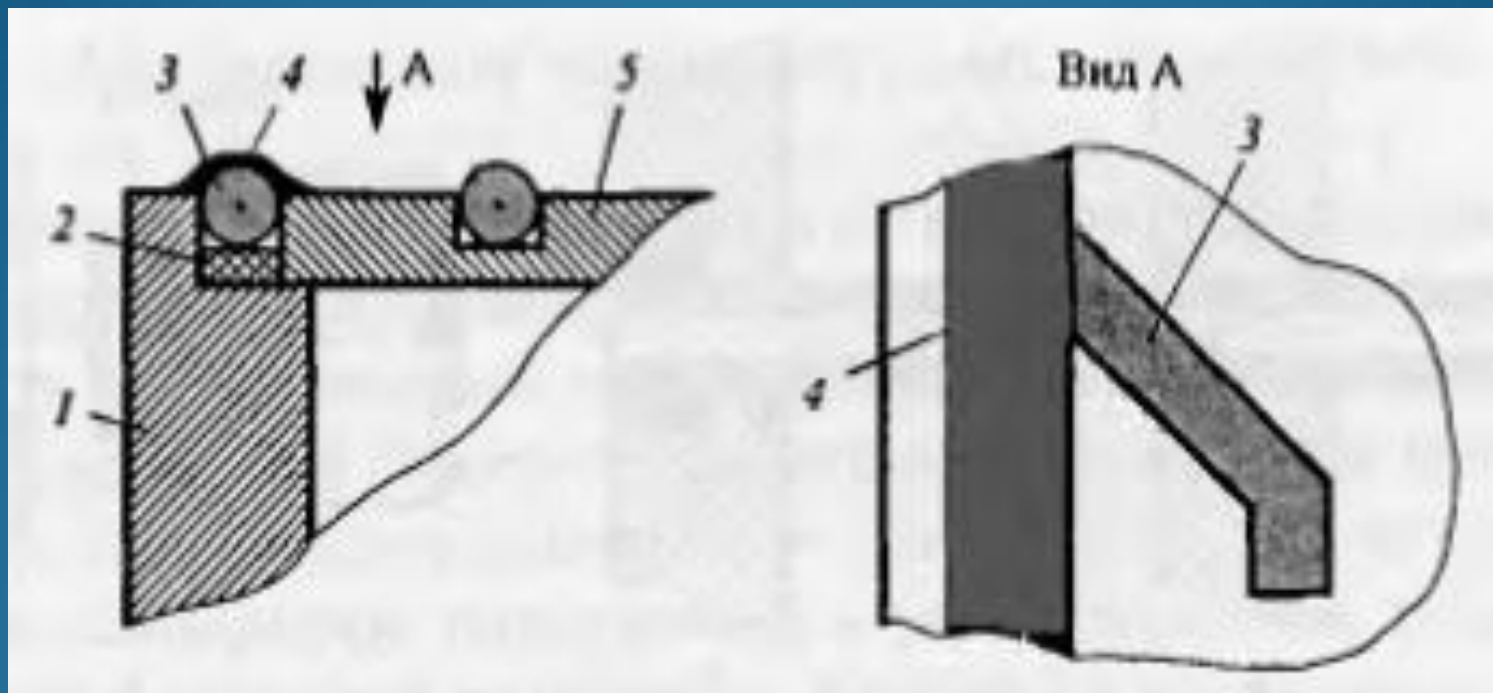
Модули первого уровня защищают покрытием лаком, заливкой эпоксидной смолой, пропиткой, особенно точечных изделий, опрессовкой герметизирующими компаундами



**Рис. 9.4.** Герметизация упругой (резиновой) прокладкой:

*1* — корпус; *2* — крышка; *3* — винт; *4* — прокладка

При жестких требованиях к герметичности герметизацию выполняют сваркой или пайкой (рис. 9.5)

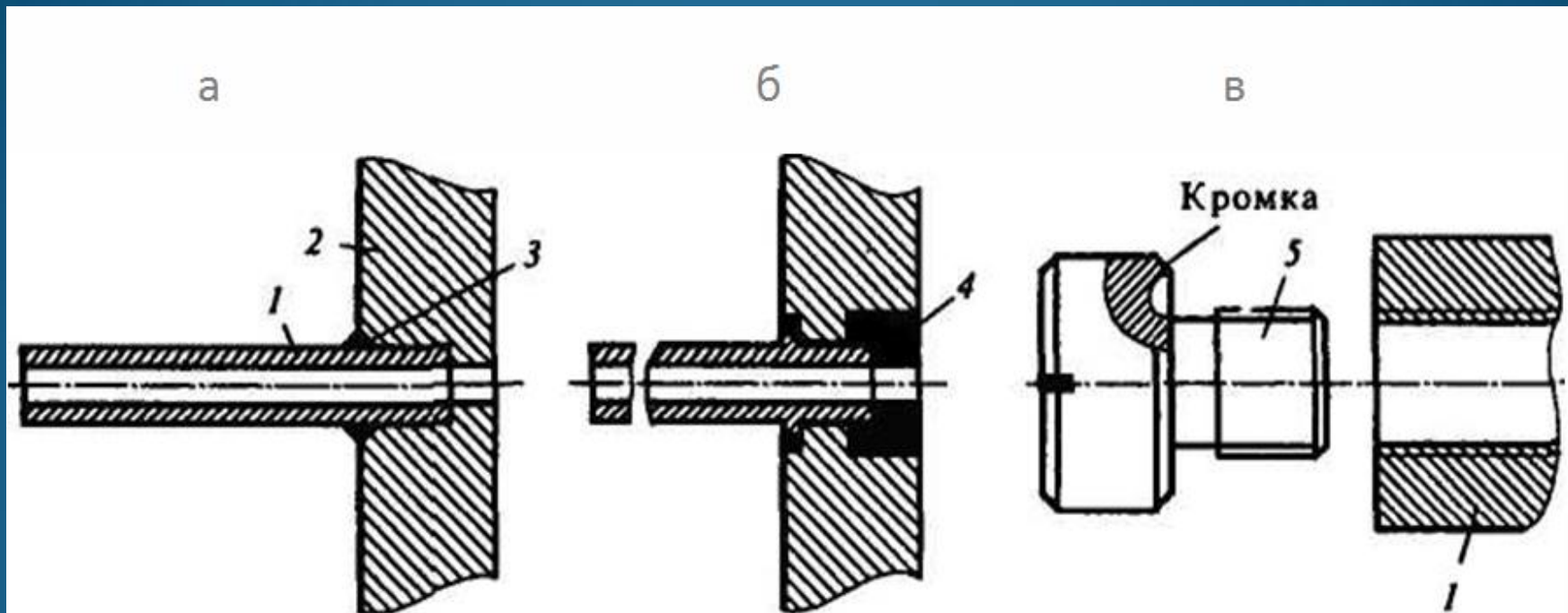


**Рис. 9.5.** Герметизация паяным швом и проволокой:  
1 - корпус, 2 - прокладка; 3 – проволока, 4 - припой,  
5 – крышка

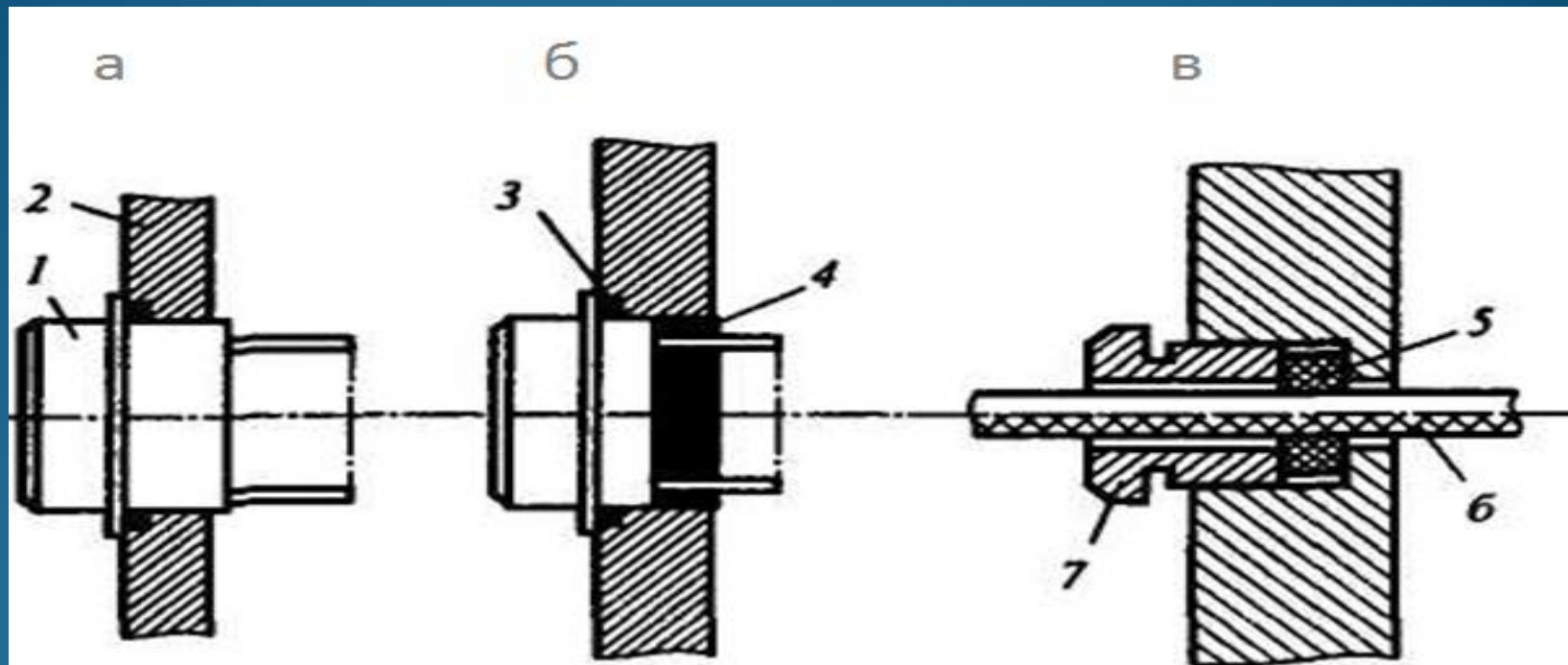
При герметизации внутренний объем герметизируемой аппаратуры заполняется инертным газом (аргоном или азотом) с небольшим избыточным давлением.

Закачка газа внутрь корпуса осуществляется через клапаны-трубки. Клапаны-трубки привариваются к корпусу или заливаются компаундом (рис. 9.6, а, б), затем заземляются. Заземленная часть трубки при разгерметизации изделия срезается и при необходимости повторно заземляется. Более удобна герметизация винтом 5 с острой кромкой, врезающейся при заворачивании в мягкий материал трубки-клапана (рис. 9.6, в).





**Рис. 9.6.** Трубки-клапаны откачки воздуха:  
1 — трубка-клапан; 2 — корпус; 3 — сварной шов; 4 — компаунд; 5 — винт



**Рис. 9.7.** Герметизация соединителя (*а, б*) и выхода жгута (*в*):

1 — соединитель; 2 — корпус; 3 — прокладка; 4 — компаунд; 5 — зажимная шайба; 6 — жгут; 7 — втулка



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**Сибирский федеральный университет**

Кафедра «Приборостроение и телекоммуникации»

**Тема №11**

# **Основы защиты РЭС от тепловых воздействий**



# СОДЕРЖАНИЕ

## Тема 11

**ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ РАБОТЫ АППАРАТУРЫ**

**ОХЛАЖДЕНИЕ АППАРАТУРЫ**

**ВЫБОР СПОСОБА ОХЛАЖДЕНИЯ АППАРАТУРЫ**



# ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ РАБОТЫ АППАРАТУРЫ

*Тепловой режим аппаратного блока*

характеризуется совокупностью температур отдельных его точек — *температурным полем*.

Температурный режим создается как внешним температурным воздействием окружающей среды, так и тепловой энергией, выделяемой радиоэлементами самой аппаратуры. В зависимости от стабильности во времени тепловой режим может быть:

- *стационарным*
- *нестационарным.*

- По характеру направленности теплового потока элементы разделяют:

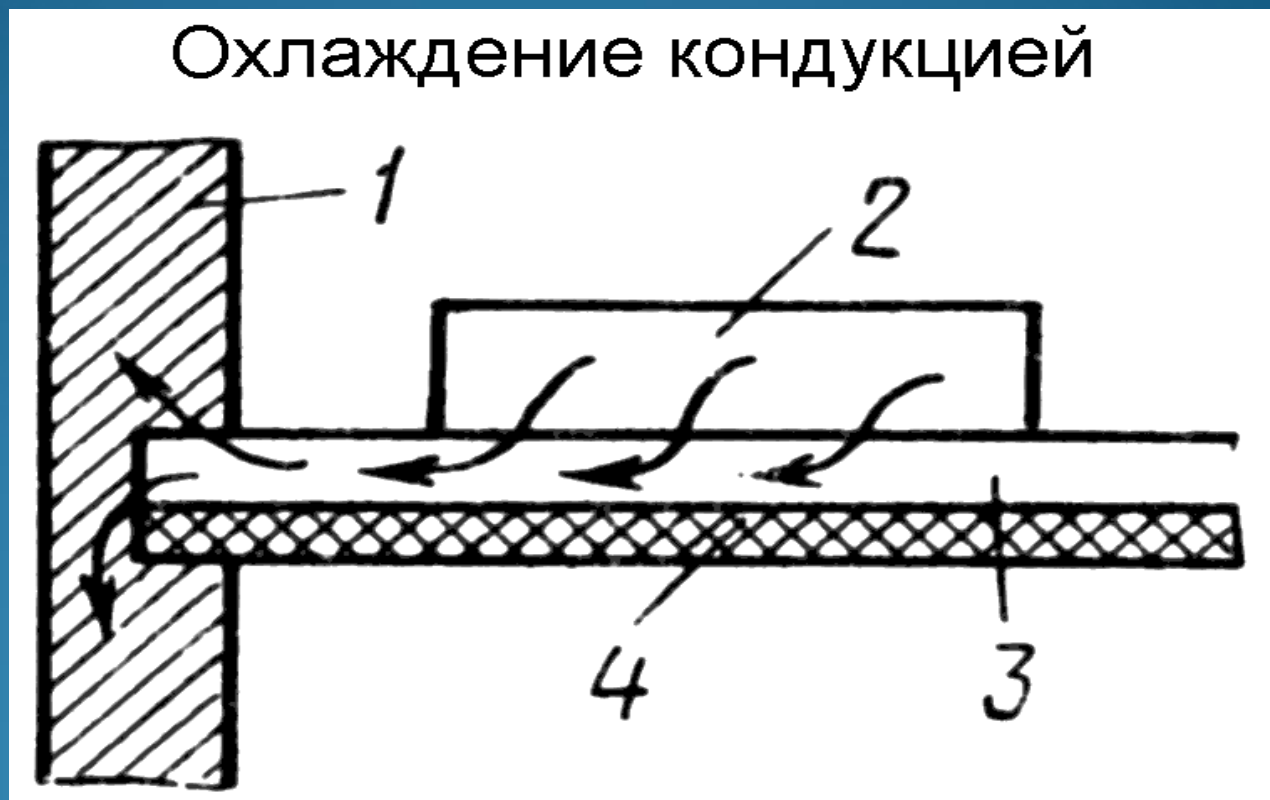
- *термоактивные;*
- *термопассивные.*

*Термоактивные* элементы служат источниками тепловой энергии, а *термопассивные* – ее приемниками.

- Передача теплоты от нагретой аппаратуры в окружающую среду осуществляется:

- *кондукцией;*
- *конвекцией;*
- *излучением* (*Перенос теплоты излучением* происходит за счет превращения тепловой энергии в энергию излучения (лучистая энергия)).

**Кондукция** - процесс переноса тепловой энергией между находящимися в соприкосновении телами или частями тел за счет теплопроводности тел. Передача тепловой энергии от нагретого элемента к элементу с меньшей температурой.



**Рис. 9.7.** 1- стенка прибора, 2- интегральная схема, 3- теплоотвод, 4-печатная плата.

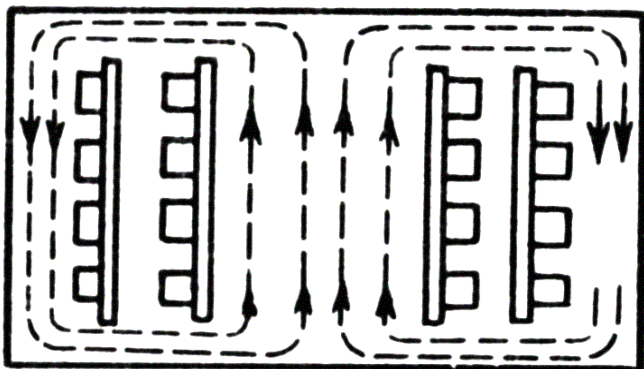
**Конвекция** — перенос энергии макрочастицами газа или жидкости.

**Конвекция бывает:**

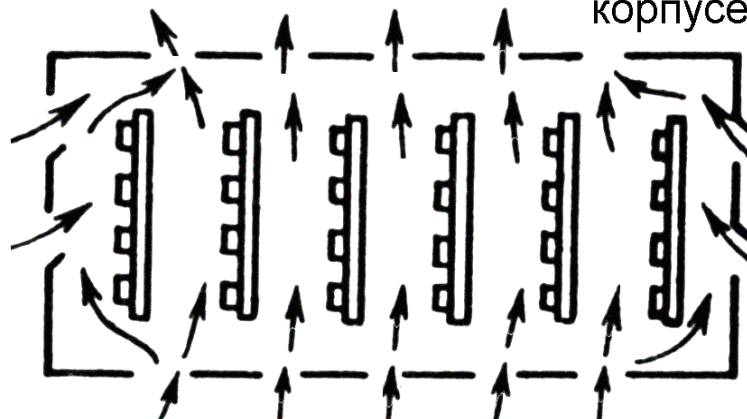
естественная;

принудительная (вынужденное охлаждение)

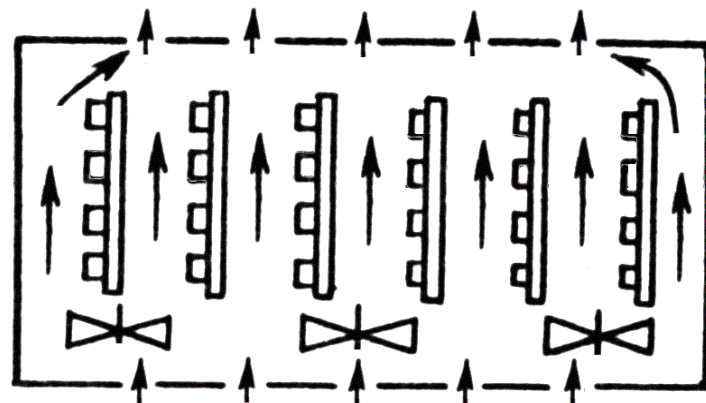
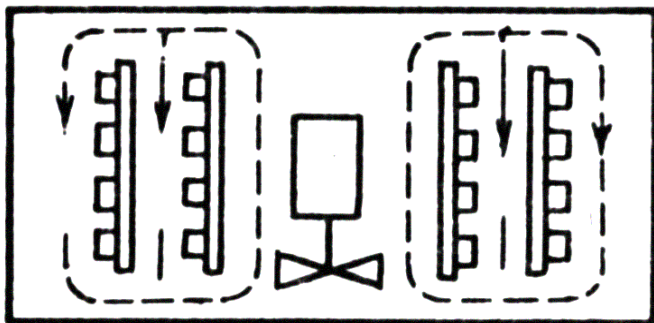
Естественное воздушное в герметизированном корпусе



Воздушное в негерметизированном корпусе



Принудительное воздушное в герметизированном и негерметизированном корпусе





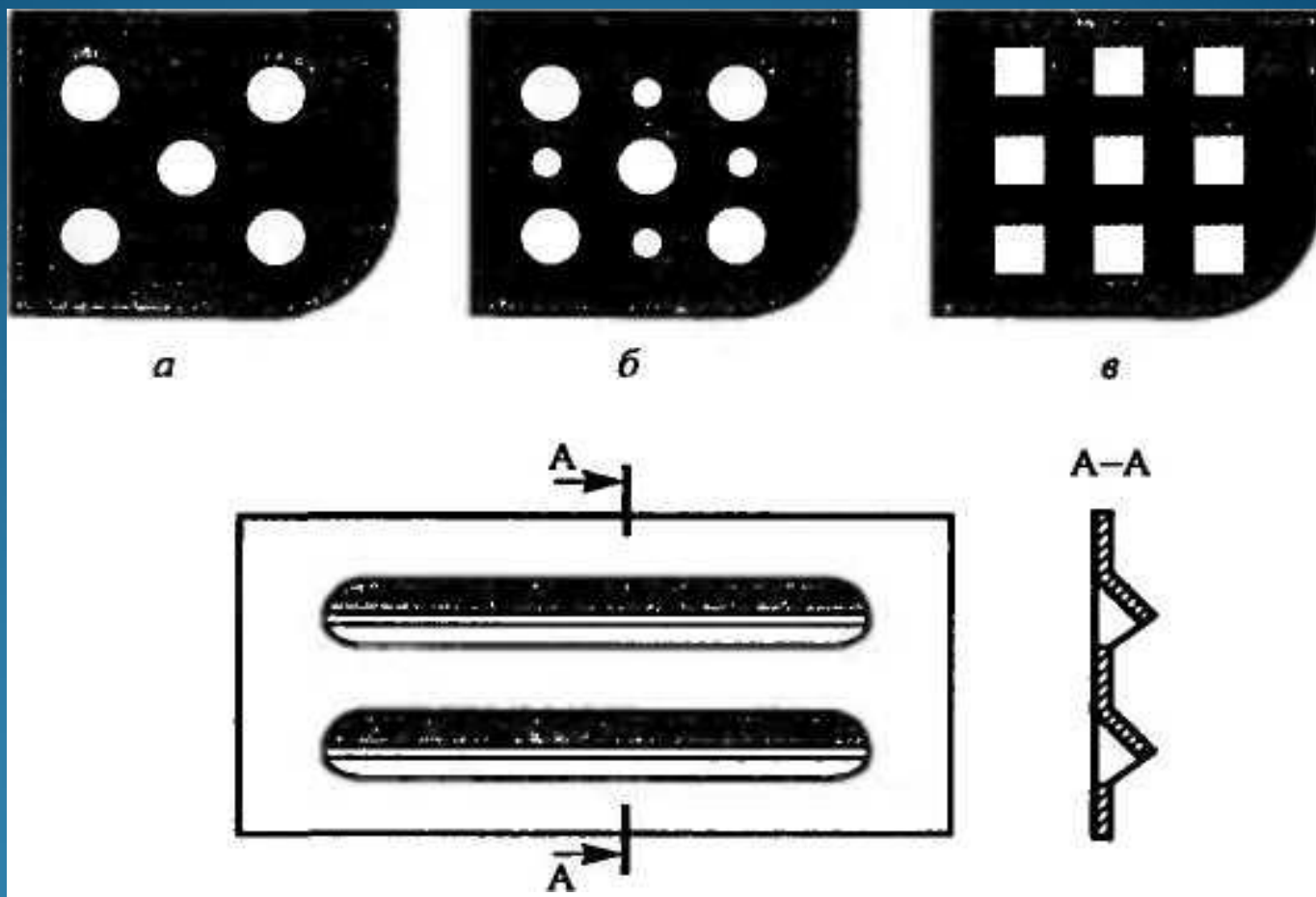
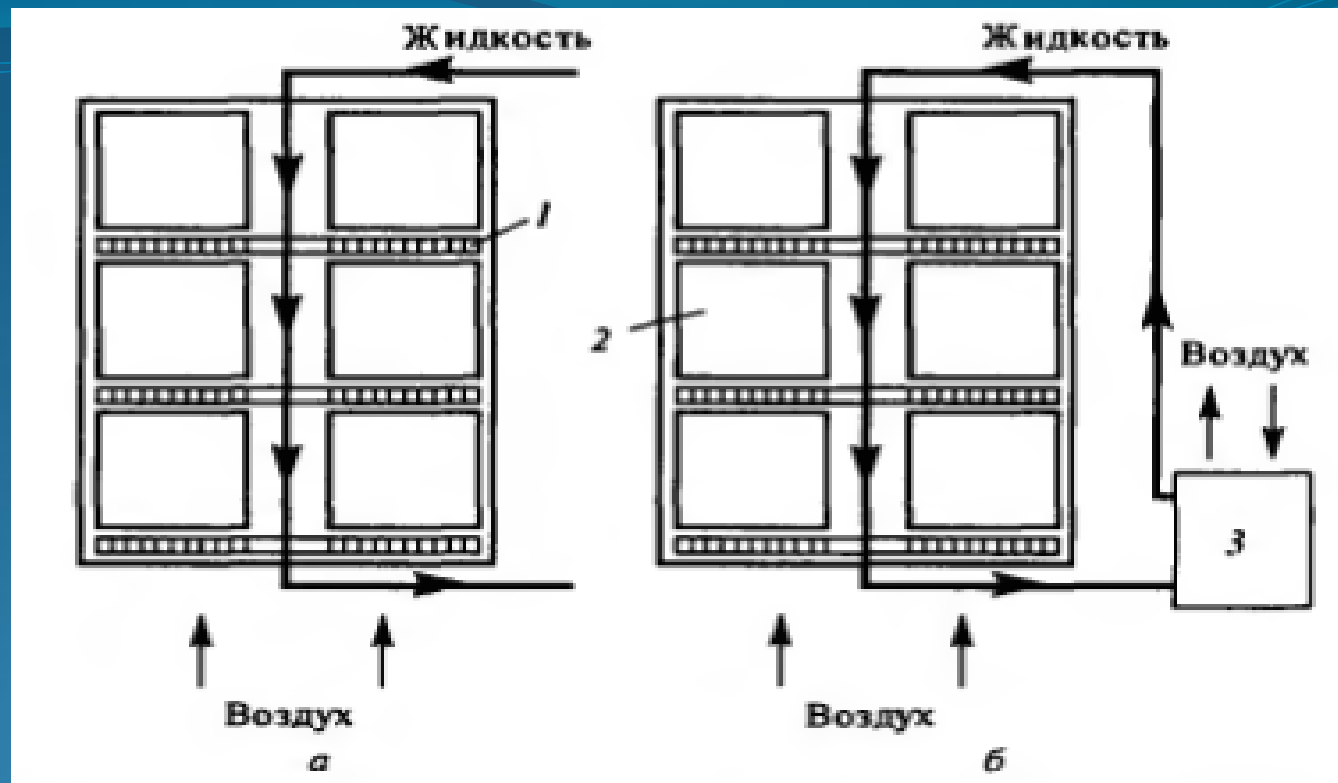


Рис. 9.10. Вентиляционные отверстия (а, б, в) и жалюзи (г) кожухов



Проточная (а) и одноконтурная замкнутая (б) водо-воздушные системы охлаждения:

1 — охладитель; 2 — охлаждаемый блок; 3 — теплообменник

*В приточной схеме* вентилятор засасывает охлаждающий воздух внутрь изделия.

*В вытяжной* нагретый воздух выталкивается из изделия.

*В приточно-вытяжной* используются два вентилятора на входе и выходе воздуха из изделия.



## **ТЕМА 12. ЗАЩИТА РЭС ОТ МЕХВОЗДЕЙСТВИЙ**

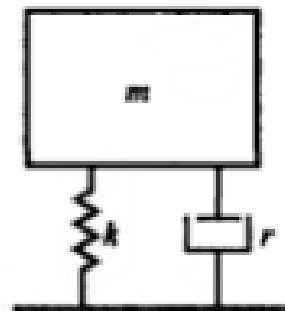
**Конструкция как колебательная**

**Собственная частота конструкции**

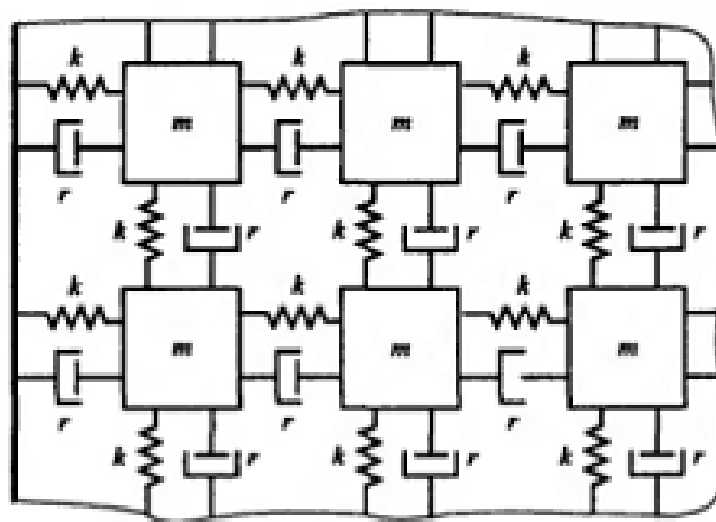
**Системы амортизации в РЭС**

**Обеспечение жесткости конструкции**  
Параметры материалов, применяющихся  
для конструкций ЭА

# Конструкция как колебательная система



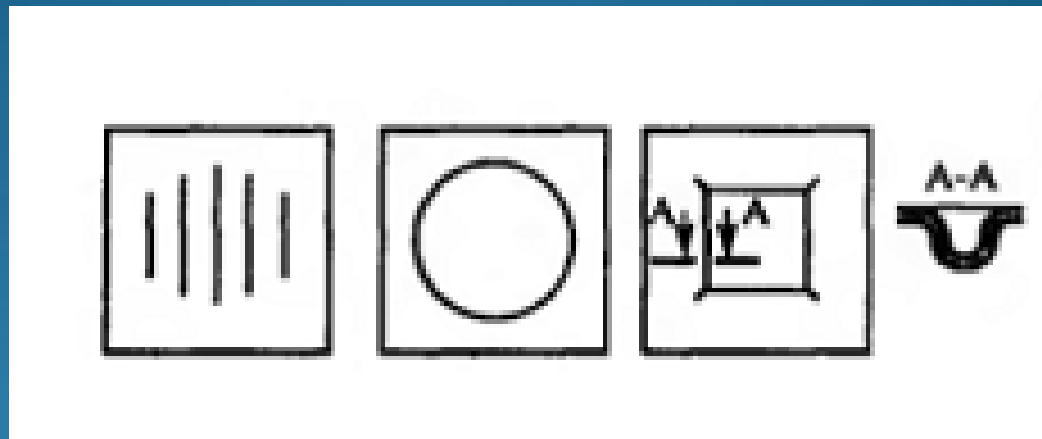
Модель механической системы с одной степенью свободы



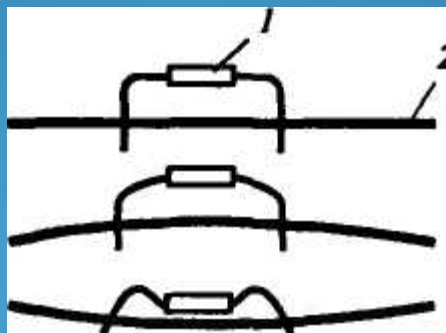
Модель системы с распределенными параметрами



- В правильно сконструированной аппаратуре собственная частота  $f_0$  конструкции **не должна** находиться в спектре частот внешних воздействий



Конфигурация выдавок тонкостенных конструкций деталей



Изменение формы выводов элементов при вибрациях печатной платы:

1 — элемент; 2 — печатная плата

# • Параметры материалов, применяющихся для конструкций ЭА

Материал	Марка	$\sigma_p$ МПа	E, ГПа	$\rho$ г/см <sup>3</sup>	Удельная прочность и жесткость		
					$\sigma_p^{уд}$	$\sigma_E^{уд}$	E <sup>уд</sup>
Сталь углеродистая	Ст10	334	203	7,85	42,5	12	26
	Ст45	600	200	7,85	76,5	18	25,5
Сталь легированная	30ХГСА	490	198	7,85	62	15,7	25,3
Алюминиевые сплавы	АД-1	58	69	2,7	21	7,7	26
	В-95	275	69	2,8	96	21	24
Магниеые сплавы	МА2-1	255	40	1,8	142	27	23
	МА2-8	275	40	1,8	154	29	22
Медные сплавы	Л-63	294	103	8	35	11	12
	Бр-Б2	392	115	8	48	13	14
Титановые сплавы	BT1-0	687	113	4,5	152	28	25
	BT3-1	1176	113	4,5	218	41	25
Фенопласт	К-21-22	64	8,6	1,4	38	46	6,2
Пресс-материал	АГ-4С	245	34	1,8	273	136	19
Гетинакс	II	98	21	1,4	49	70	15
Текстолит	ПТК	157	10	1,4	70	112	7
Стеклотекстолит	ВФТ-С	245	—	1,85	180	132	—
Фторопласт	4А	14	0,44	2,2	10	6,2	0,2
Стеклопластик	СВАМ-ЭР	687	21	2	221	343	10,3
Пенопласт	ПС-1	—	0,15	0,35	14	—	0,45

# ТЕМА 13. ЗАЩИТА РЭС ОТ ПОМЕХ

## СОДЕРЖАНИЕ



**Электромагнитная совместимость  
усилительных схем**

**Электромагнитная совместимость  
цифровых узлов**

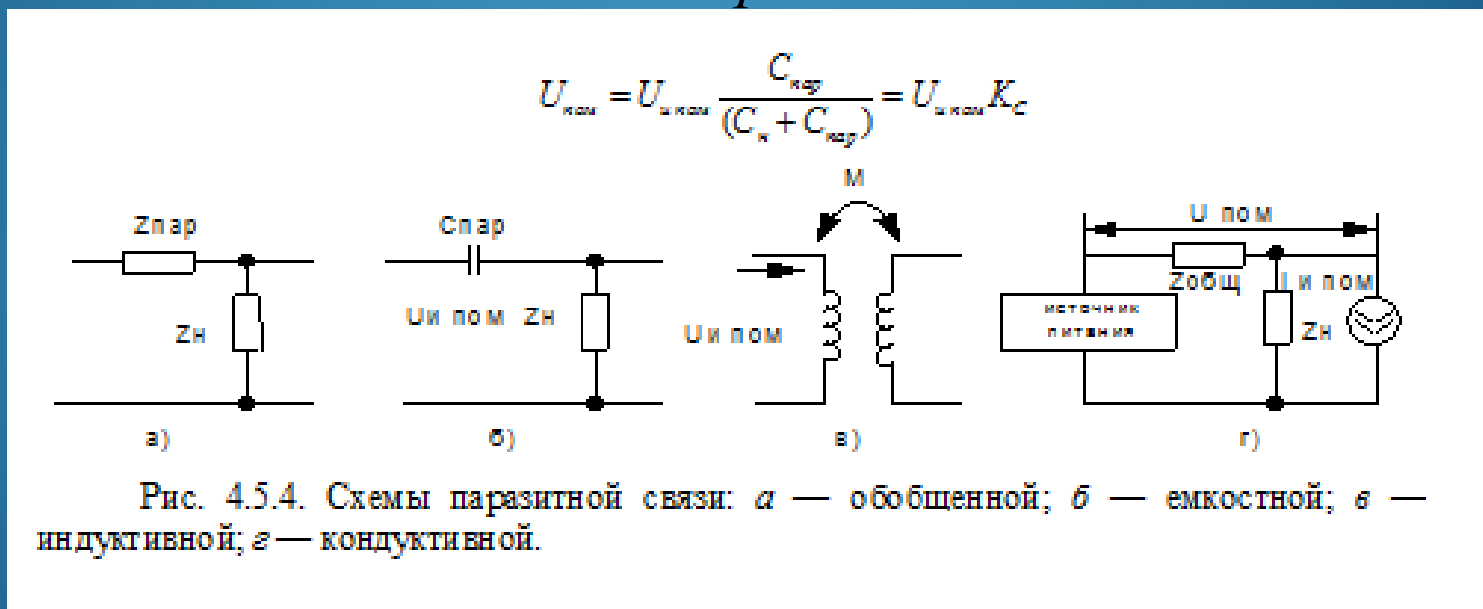
**Схемы экранирования**

**Экранирование проводов линий связи**

# Электромагнитная совместимость цифровых узлов.



Все электрические соединения можно разделить на электрически длинные и электрически короткие. Электрически длинной называется линия связи, геометрическая длина которой соизмерима с длиной волны наиболее высокочастотной составляющей спектра дискретного сигнала. линия считается электрически длинной, если  $t_l < 0,1\tau_\phi$  — электрически короткой.





# Электромагнитная совместимость усилительных схем.



- Внешние помехи могут поступать на усилитель различными путями :
- через емкостные, индуктивные и кондуктивные паразитные связи.
- ,

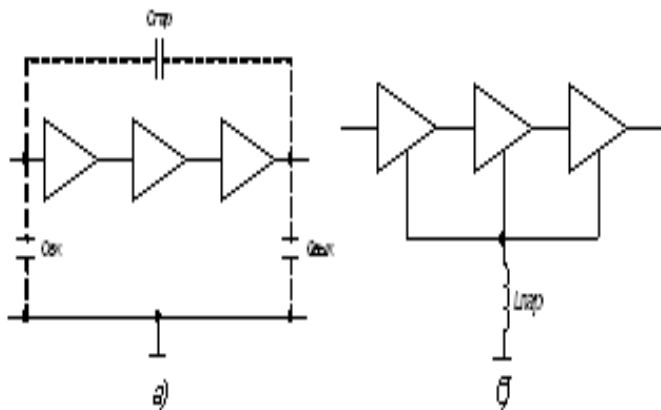


Рис. 4.5.10. Образование паразитной связи в многокаскадном усилителе: *а* – емкостная связь между входом и выходом; *б* – индуктивная связь по земляной шине

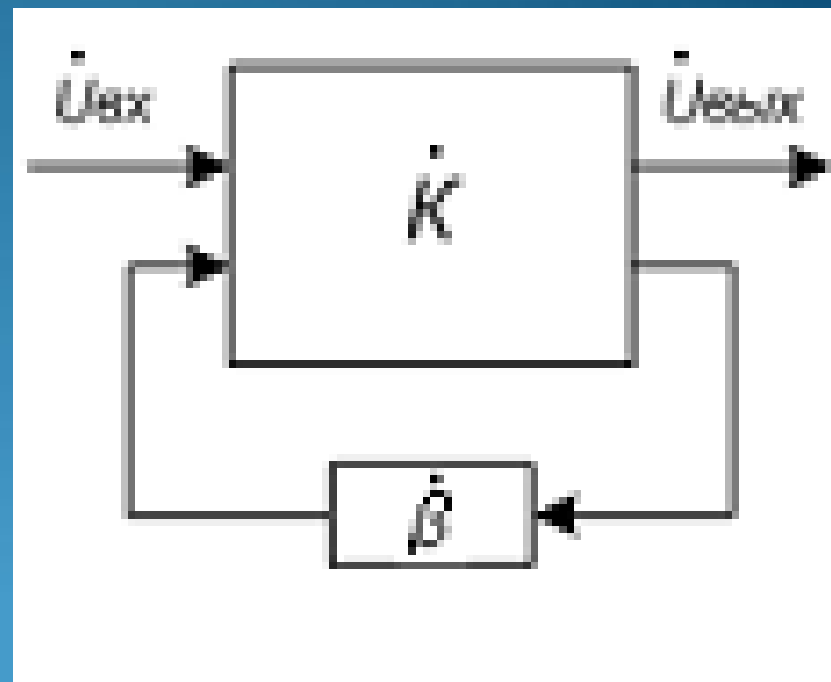


Схема усилителя с обратной связью

# Уменьшение кондуктивной помехи

В РЭА шины с нулевым потенциалом (земляные шины) должны выполняться отдельно для входных цепей приемника, исполнительных цепей автоматики и выходных каскадов передатчиков

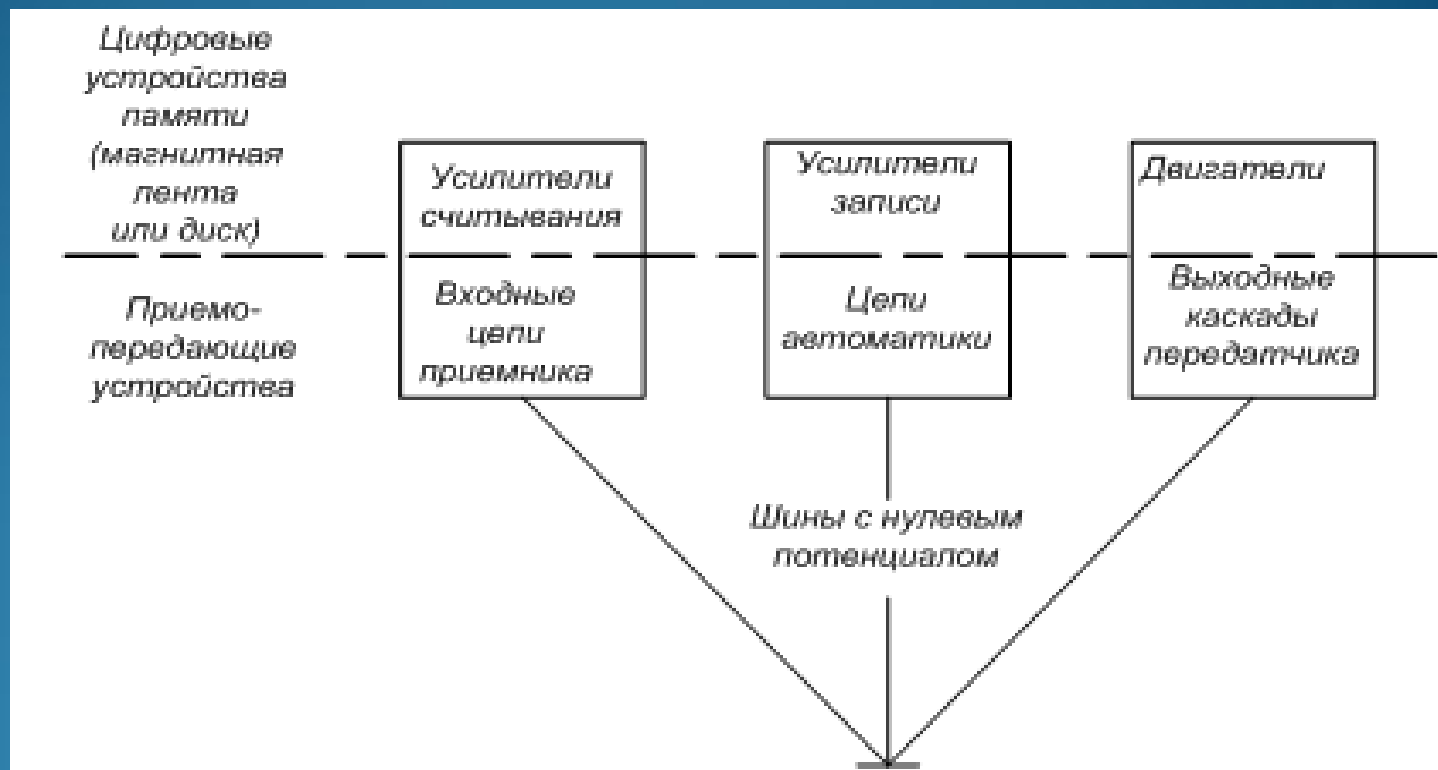


Схема выполнения индивидуальных шин с нулевым потенциалом (земляных шин) для каждой группы устройств (цифровых, аналоговых)

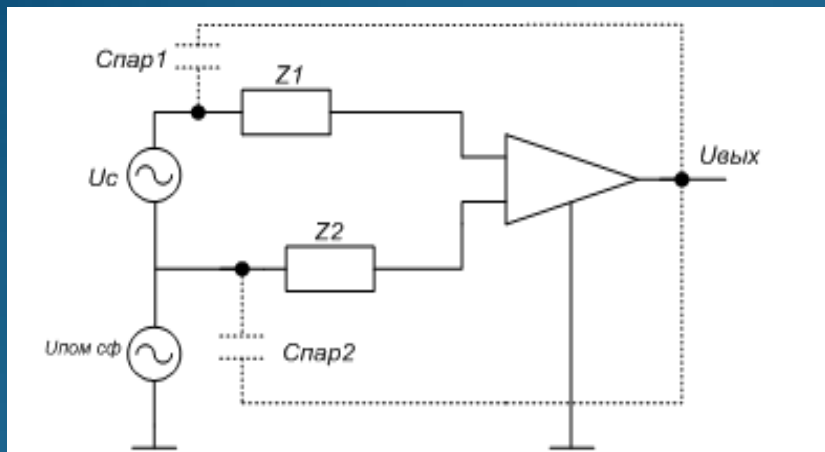
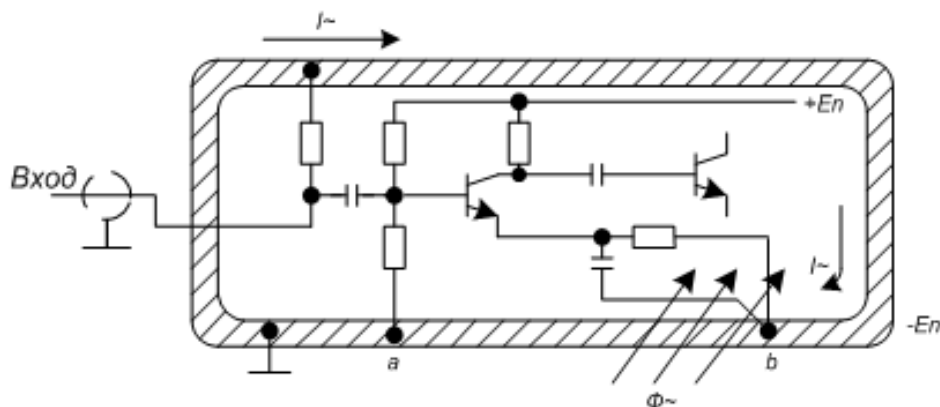
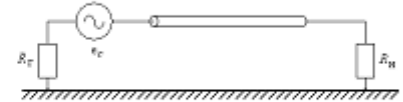
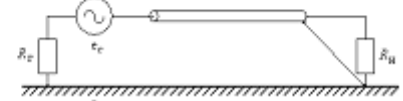
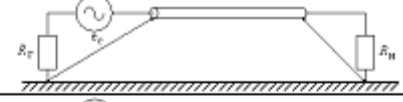




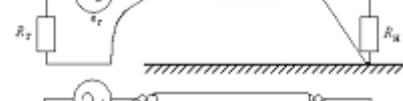





Схема воздействия сигнала синфазной помехи на усилитель с двумя входами

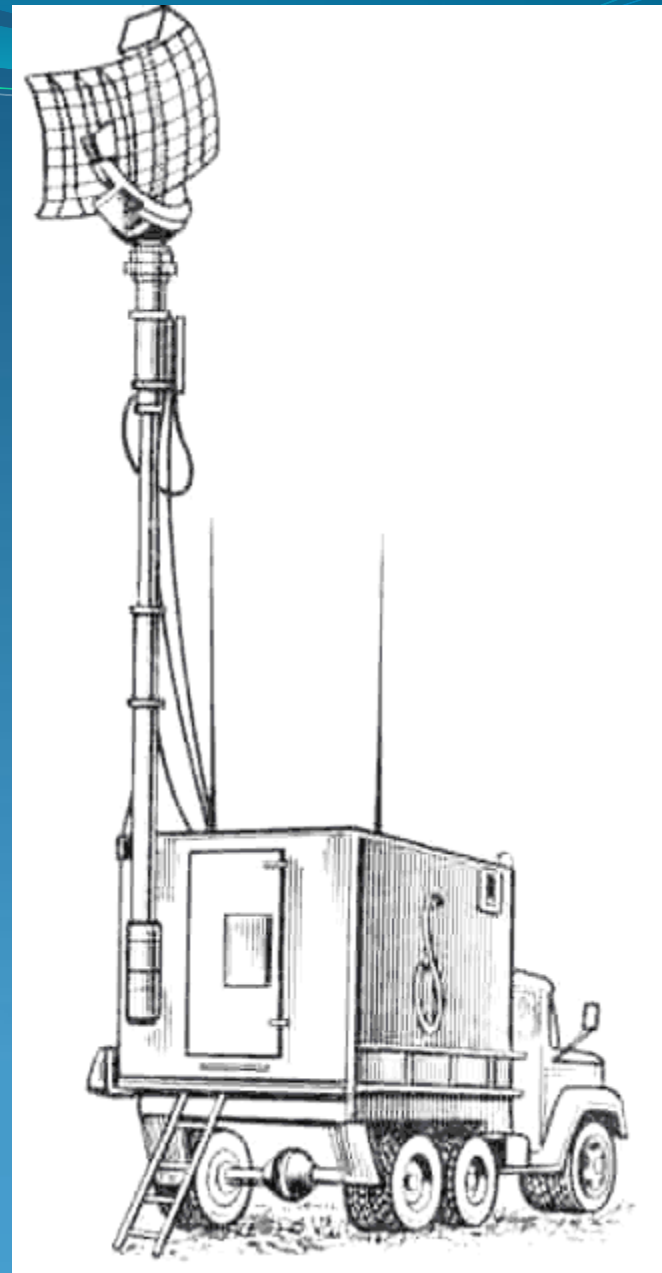
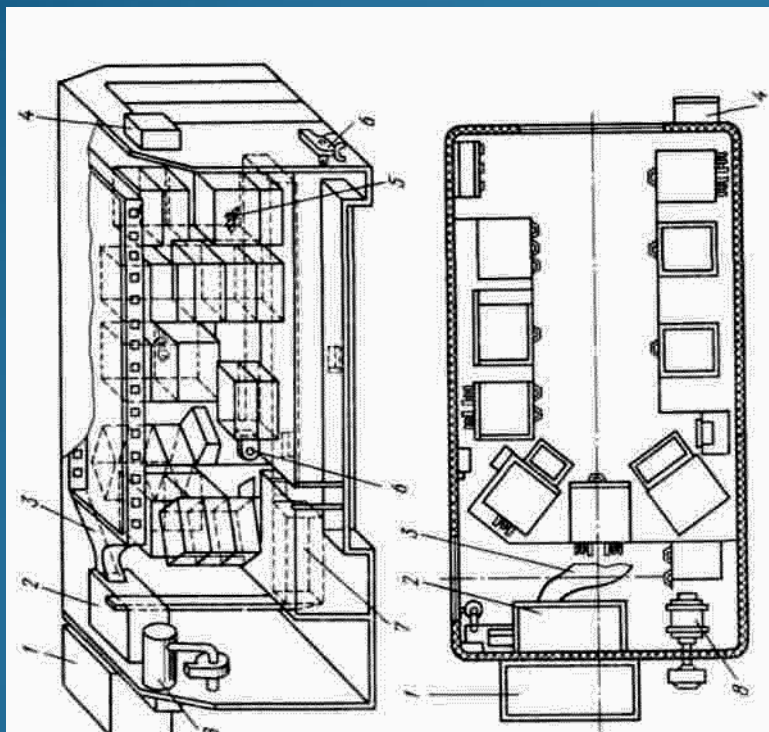


Земляная печатная шина в виде замкнутого контура

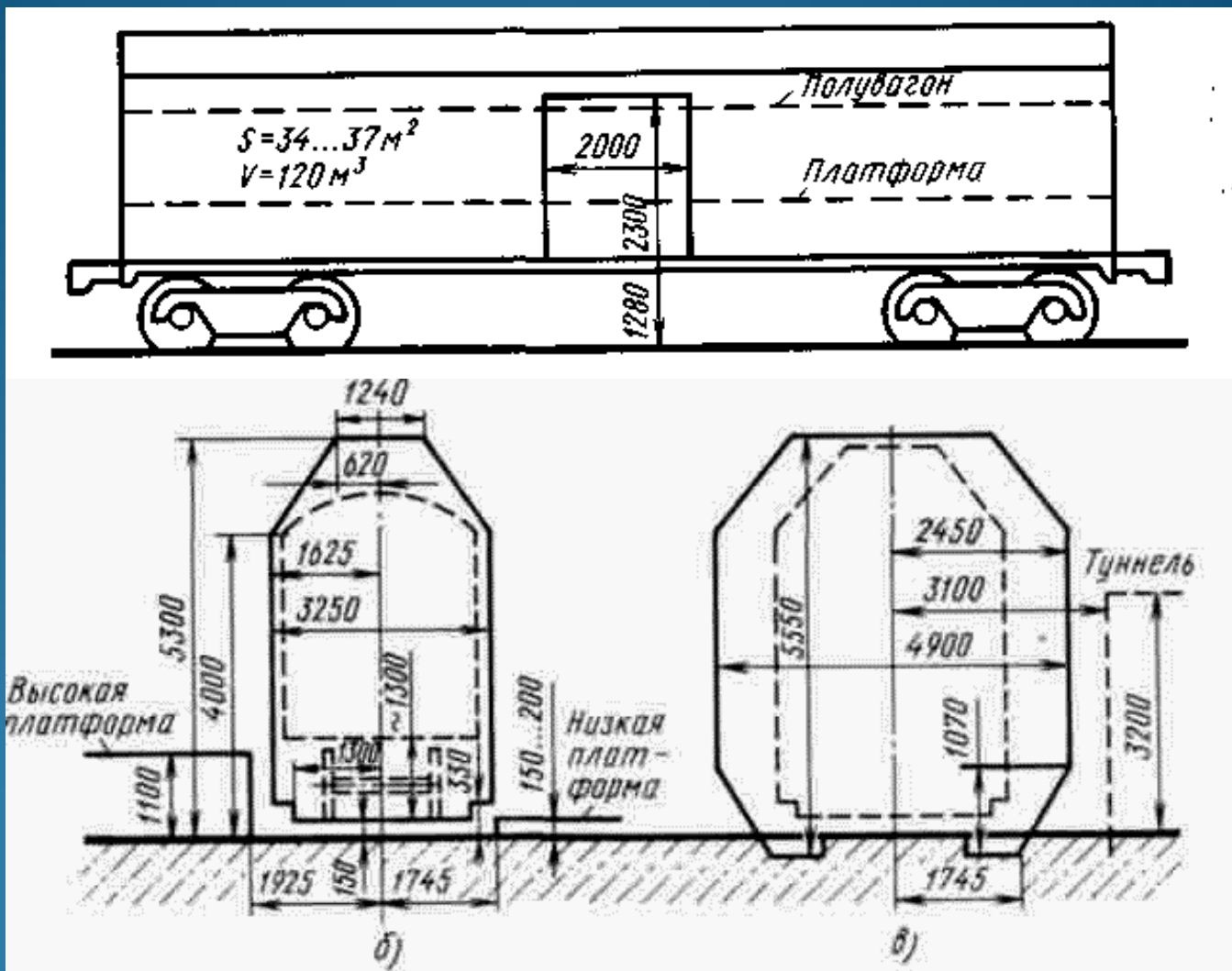
$\Phi_{\sim}$  — магнитный поток от поля рассеивания силового трансформатора

№ схемы	Схема соединения экрана и сигнальных проводов ( $R_T < 1 \text{ кОм}$ , $R_H < 1 \text{ МОм}$ )	Подавление помехи, дБ
1		0
2		0
3		27 (6-27)
4		13
5		13
6		28 (6-28)
7		80 (49-80)
8		55 (12-79)
9		70 (65-70)
10		77 (71-77)
11		83

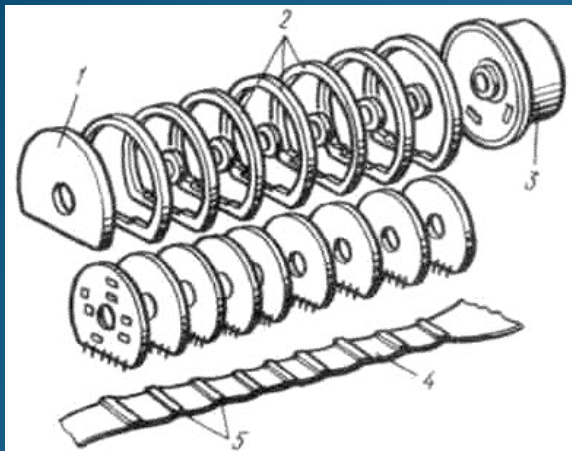
# Тема 14. Особенности проектирования РЭС различного назначения и технология производства РЭС.



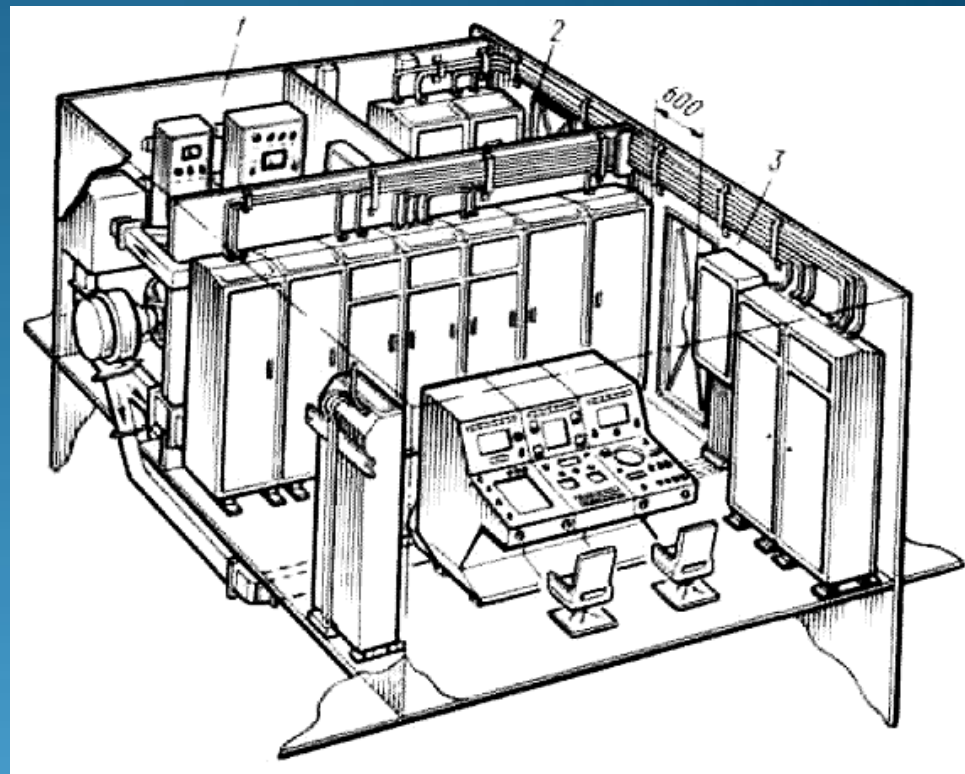
РЭС, размещаемых внутри транспортного средства



Основные размеры четырехосных железнодорожных платформ, полувагонов, вагонов и дверных проемов в них (а); допустимые габариты подвижного состава железных дорог (б) и габариты расположения строений (в)



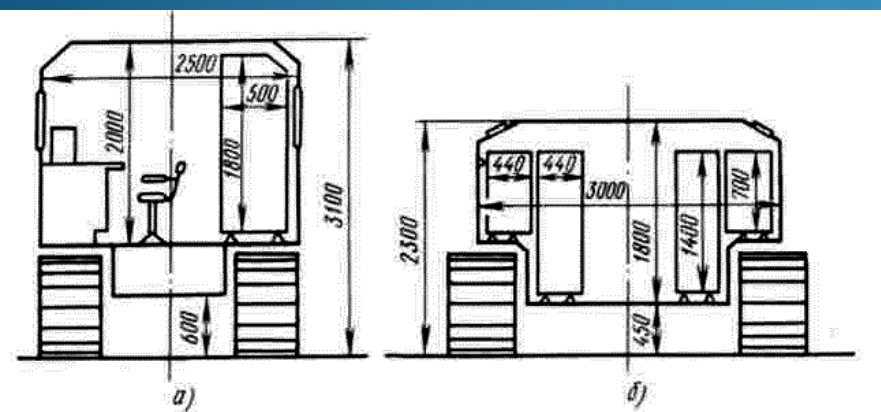
Конструкция РЭС головки  
самонаведения снаряда



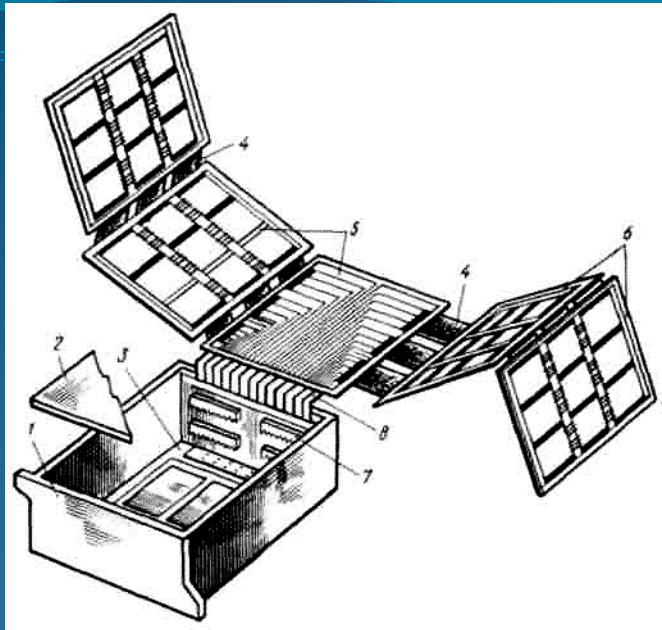
Комплекс РЭС, размещенных в отсеке  
корабля:

1 — вентиляторная и помещение для  
запасного

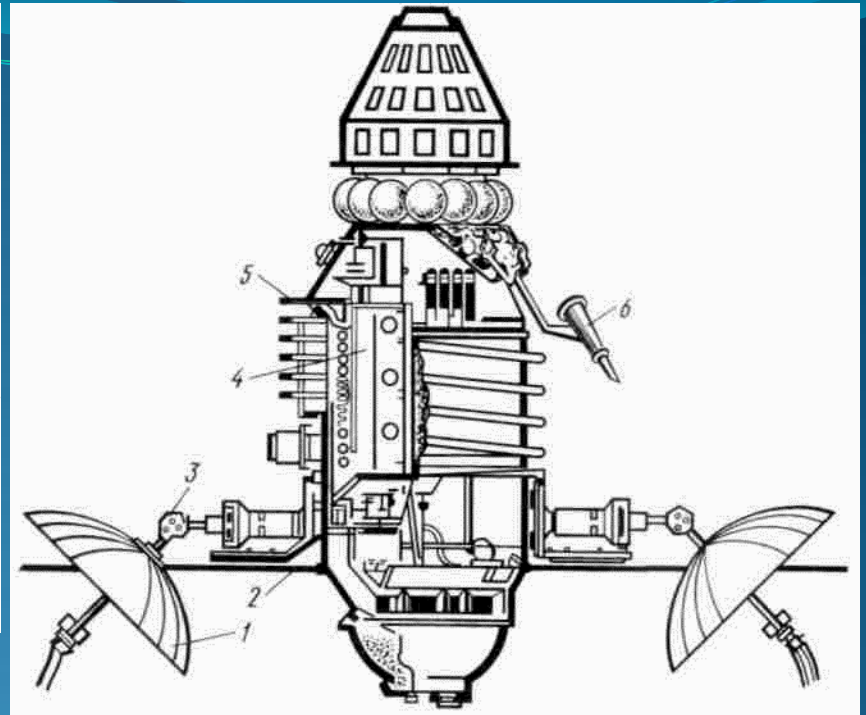
Имущества; 2—генераторная; 3 — помещение  
для размещения радиоэлектронных средств



Размещение РЭС: в кузове обычной  
высоты (а) и низком кузове (б) для шасси  
на гусеничном ходу



Общий вид блока бортовой ЭВМ:



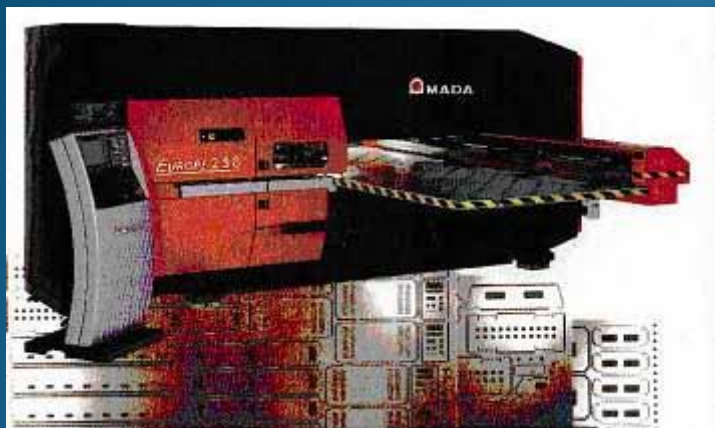
Компоновка спутника «Молния-1»:

- 1 — антенны ретранслятора;
- 2 — солнечные батареи;
- 3 — привод антенны;
- 4 — блоки РЭС; . 5 — корпус;
- 6 — телевизионная камера с системой самонаведения



- **Этапы разработки ТП монтажа и сборки электронных узлов**
- **Анализ исходных данных**
- Изучение конструкторской документации. Анализ и расчет технологичности конструкции. Анализ объема выпуска изделия и определение типа производства
- **Выбор типового (базового) ТП**
- Формирование технологического кода изделия по классификатору. Определение места изделия в классификационной группе. Принятие решения об использовании действующего ТП
- **Разработка схемы сборки**
- Анализ состава деталей, комплектующих и сборочных единиц изделия. Выбор базовой детали или сборочной единицы. Анализ способов сборки и монтажа. Разработка схемы сборки с базовой деталью
- **Составление маршрутного ТП**
- Определение последовательности технологических операций. Определение штучного времени  $T_{шт}$  по заданному коэффициенту закрепления операций  $K_{\text{зо}}$  и объему выпуска  $N$  изделий. Выбор оборудования и средств технологического оснащения
- **Разработка технологических операций**
- Разработка структуры операции и последовательности переходов. Разработка схем базирования и установки деталей при сборке и монтаже. Выбор средств технологического оснащения (окончательный). Расчет точности операции (собираемости). Расчет режимов, составляющих  $\Gamma_{шт}$  и загрузки оборудования
- **Расчет технико-экономической эффективности**
- Определение разряда работ по классификатору разрядов и профессий. Выбор вариантов операций по технологической себестоимости
- **Анализ ТП с точки зрения техники безопасности**
- Выбор и анализ требований по шуму, вибрациям, радиации, воздействию вредных веществ. Выбор методов и средств обеспечения сохранности и устойчивости экологической среды
- **Оформление технологической документации**
- Оформление эскизов технологических операций и карт. Оформление карт маршрутного и операционного техпроцессов
- **Разработка ТЗ на специальную оснастку**
- Схема базирования заготовки (заготовок). Определение погрешностей базирования и точности приспособлений. Определение количества заготовок и схемы их закрепления. Составление схем привязки приспособления к оборудованию





Координатно-револьверного пресс (КРП) с ЧПУ модель  
«Europe» 245/27



Листогибочный пресс *HFE 80-25*.

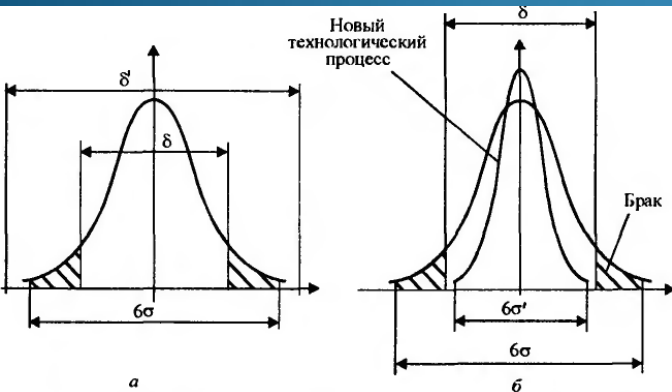


Гидравлические гильотинные ножницы *GS-630*

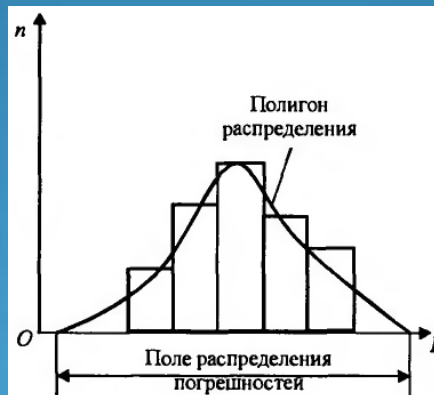
# Технологические процессы и качество РЭС



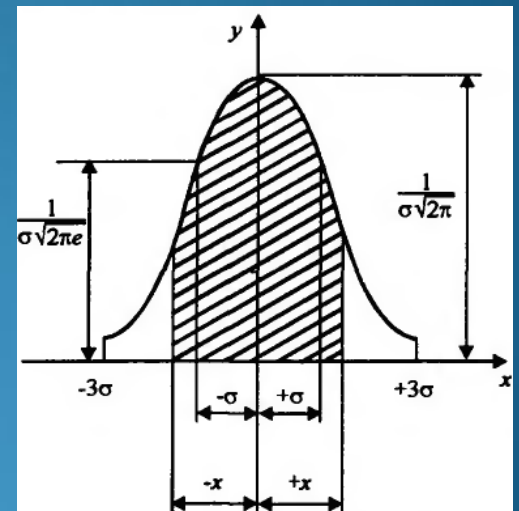
Цикл Деминга



Обеспечение работы без брака:  
 а — увеличением поля допуска;  
 б — улучшением качества  
 техпроцесса



Гистограмма и полигон  
 распределения параметров



Кривая распределения Гаусса  
 в координатах с началом в центре  
 группирования

# • Схема сечения детали после обработки

