

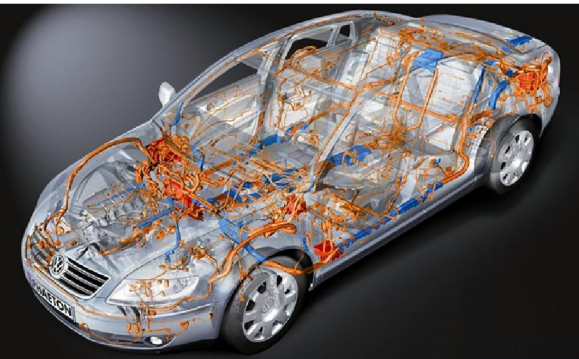
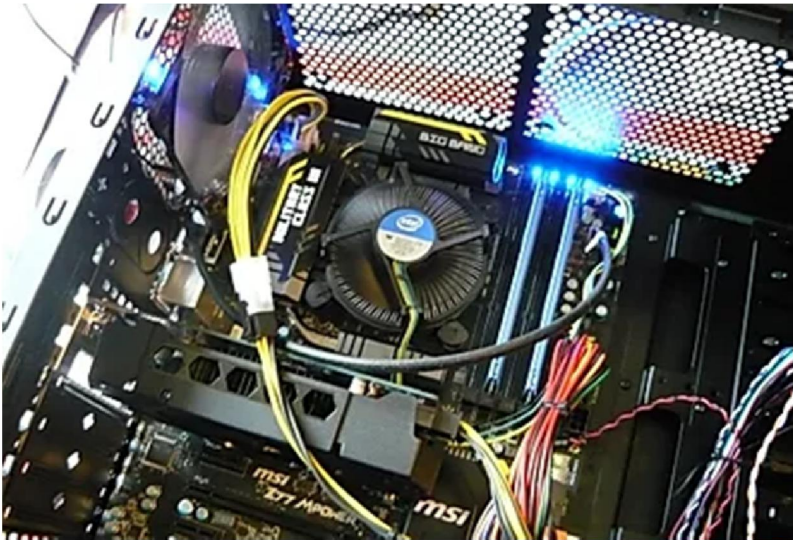
## МОДУЛ 1: *НАДЕЖДНОСТ НА ХАРДУЕРА*

### **ТЕМА: СВОЙСТВА И ПОКАЗАТЕЛИ НА НАДЕЖДНОСТ**

**ОСОБЕНОСТ НА НАДЕЖДНОСТТА НА ХАРДУЕРА, СВОЙСТВА И  
ПОКАЗАТЕЛИ НА НАДЕЖДНОСТ**

# Характеристики на хардуера по различни показатели

## Определение за хардуер



ВИД НА ИЗПЪЛНЕНИЕ	КОНСТРУКТИВНО ИЗПЪЛНЕНИЕ	ОБЛАСТ НА ПРИЛОЖЕНИЕ	ПРИНЦИП НА ДЕЙСТВИЕ	ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ	ЕЛЕМЕНТНА БАЗА
<ul style="list-style-type: none"><li>•наземни</li><li>•бордови</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•стационарни</li><li>•превозими</li><li>•носими</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•общотехнически</li><li>•битови</li><li>•специални</li><li>•самолетни</li><li>•корабни</li><li>•космически</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•цифрови</li><li>•аналогови</li><li>•аналого-цифрови</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•универсални</li><li>•управляващи</li><li>•контролни</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•дискретни полупроводникови прибори</li><li>•интегрални микросхеми (ИС)</li><li>•големи интегрални схеми (ГИС)</li><li>•свръхголеми интегрални схеми (СГИС)</li></ul>

Електрони средства – клас устройства, способни да приемат, предават, съхраняват, обработват и извеждат информация по определени алгоритми и програми

# Свойство надеждност

## ❖ Дефиниция за надеждност

**Свойство** на изделието **да запазва във времето** в **установени граници** стойностите на всичките си параметри, характеризиращи способността му **да изпълнява необходимите функции, в зададени режими и условия на приложение**, техническо обслужване, съхраняване и транспортиране.



Съгласно стандарта IEC 60050(191) **надеждността** е вероятност, че даден обект ще изпълнява предвидените (определените) му функции при зададени условия в зададен интервал от време

Какво е (RAMS)?

Надеждност, работоспособност, ремонтпригодност, безопасност  
Reliability, Availability, Maintainability, Safety

# Особености на системите и изискване за качество

## ❖ Особенности на електронните, компютърните и комуникационните системи (ЕККС)

голям брой взаимосвързани елементи, възли и детайли

голям брой вътрешни и външни връзки

взаимодействие на системата с околната среда и човека-оператор

йерархичност на структурата

стохастичен характер на поведението на системата

изменчивост на системата във времето

предназначение	икономично използване на суровина, материали, топлина, енергия;	надеждност	ергономически
естетически	технологичност	транспортируемост	стандартизации и унификация
патентно-правови	екологически	безопасност/ сигурност	икономически и др.

Свойства на качеството на системите

# Състояния и събития при използване на системите

## Състояния на система


### ИЗПРАВНОСТ / НЕИЗПРАВНОСТ

Състояние, в което параметрите (макар и един),  
характеризиращи всички свойства на системата са/не са в допустимите граници, определени от нормативно-техническата документация

### РАБОТОСПОСОБНОСТ / НЕРАБОТОСПОСОБНОСТ

Състояние, в което параметрите (макар и един),  
характеризиращи съществените свойства на системата, са / не са в допустимите граници, определени от нормативно-техническата документация;

### ПРЕДЕЛНО СЪСТОЯНИЕ

състояние, при което приложението на обекта по назначение е недопустимо или нецелесъобразно

## Събития в процеса на функциониране на хардуера

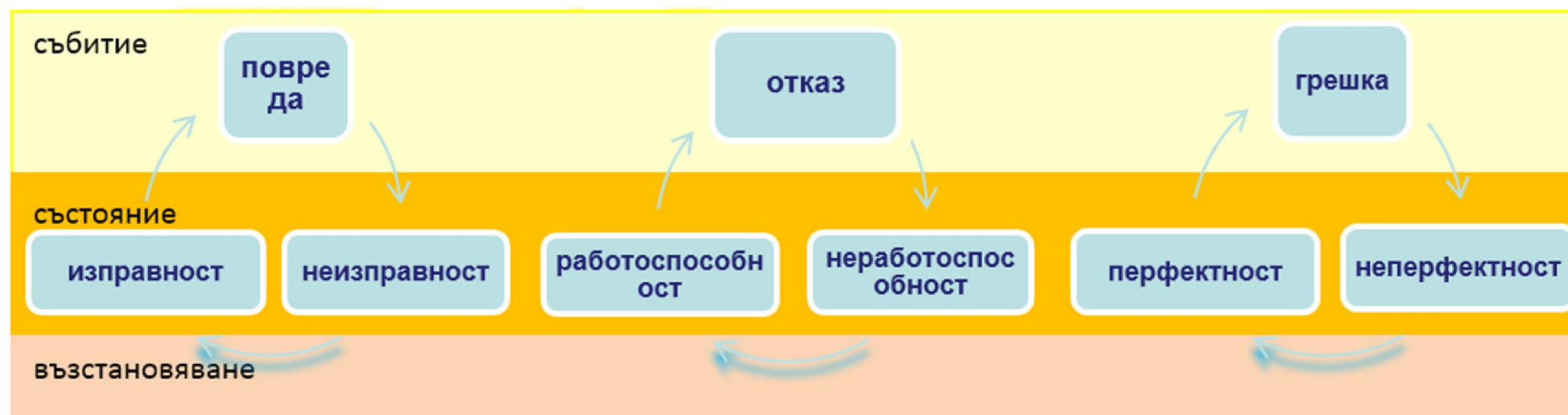
Отказът (Failure) е случайно събитие, в резултат от което системата става *неработоспособна*, т.е. нарушава се поне едно нейно съществено свойство. Отказът е фундаментално понятие в теорията на надеждността. Неговото предсказване с точност е невъзможно. Може да се определи само с вероятност за настъпване и математическо очакване на времето до отказ.

Повредата (Fault) е случайно събитие, причина, която извежда системата в *неизправност*.

Грешката е отклонение от възприет критерий за вярност.

# Преминаване в различни състояния на системите

Връзка между събития и състояния





# Йерархична структура на хардуера, свойства и показатели на надеждност

Свойства и показатели на хардуерната надеждност

Йерархично дърво на свойствата на хардуера

## СВОЙСТВА

безотказност

- вероятност за безотказна работа  $P(t)$
- вероятност за отказ  $Q(t)$
- средно време за безотказна работа/ ср. отработка до отказ/
- честота на отказите  $f(t)$
- интензивност на отказите  $\lambda(t)$

трайност

- среден ресурс
- гама % ресурс
- среден експлоатационен срок
- гама % експлоатационен срок

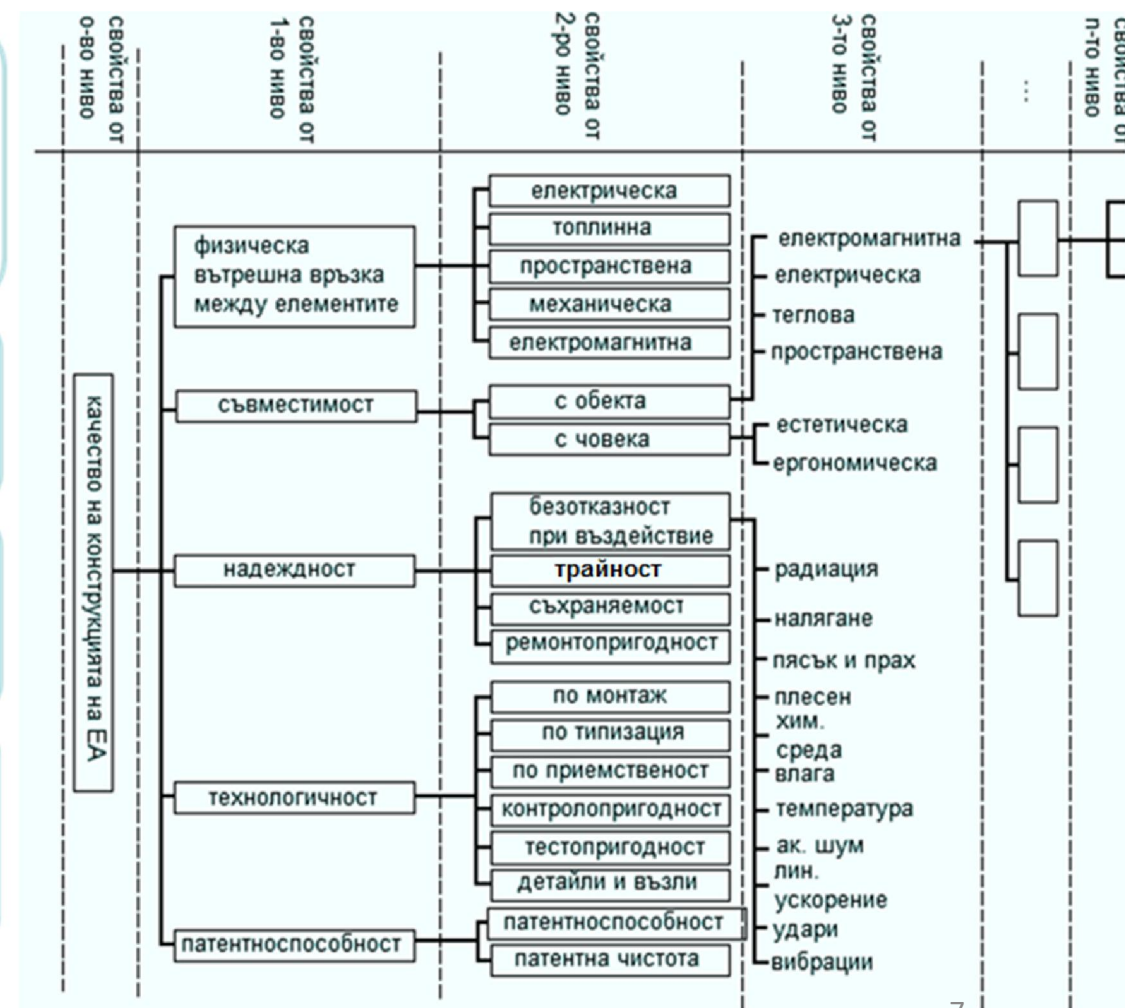
съхраняемост

- среден срок за съхраняване
- гама % срок за съхраняване

ремонтоспригодност

- средна честота на отказите  $w(t)$
- средно време между два съседни отказа  $t_{cp}$
- средно време за възстановяване

## показатели



# Определения за показатели при различни системи

## Показатели на надеждност

Показателите за надеждност на възстановимите и невъзстановимите обекти са различни.

В **невъзстановимите обекти**, които работят само до настъпване на първи отказ, надеждността се характеризира със свойствата на самия обект, с условията и режима на експлоатацията му, свързани с неговата «склонност» да отказва.

При **възстановимите обекти**, които могат многократно да възстановяват своята работоспособност, надеждността е по-сложна. Тук равнопоставено участват и свойства, свързани с параметрите на възстановителния процес (ремонт, отстраняване на грешките, самовъзстановяване), които също имат случаен характер.

Показателите и за двете групи обекти се делят на **бездименсионни** и **времеви**.



# Видове и основни свойства на системите

## Видове системи

**Възстановимите** обекти могат да се ремонтират в процеса на експлоатация. След възстановяване обектът има същото качество, което е имал преди отказа.

**Невъзстановимите** обекти не могат да се използват след отказ или възстановяването е невъзможно или опасно.

## Свойства на системите

**Безотказността (Reliability)** е свойството на обекта да запазва непрекъснато *работоспособното си състояние* в процеса на експлоатацията. Измерва се със случайната величина  $P(t)$  или  $R(t)$ . Трябва да се подчертае наречието «непрекъснато», тъй като то не е валидно за следващото свойство.

**Готовността (Availability)** е свойството на обекта да е *работоспособен* в произволен момент от време. Измерва се със случайната величина  $G(t)$  или  $A(t)$ . Очевидно това свойство е присъщо на възстановимите обекти, които могат да имат една и съща готовност както при чести откази, но бързи възстановявания, така и при висока безотказност, но бавни ремонти.

**Ремонтопригодността** е свойство на обекта да възстановява своята *работоспособност* чрез техническо обслужване, ремонт или самовъзстановяване. То отчита приспособимостта на обекта за предотвратяване, откриване и отстраняване на отказите. Ремонтопригодността зависи от конструктивните особености на изделието, квалификацията на оператора и компетентността на поддържащия персонал.

# Фактори, влияещи на надеждността

## Причини за възникване на неизправности и откази в хардуера

- ☐ Апаратурата е подложена на износване, но скоростта на износване може да се изменя
- ☐ Климатични фактори
  - Повишена температура
  - Преки слънчеви лъчи
  - Влажност
  - Въздействие на прах
- ☐ Ударно-вибрационни въздействия
- ☐ Акустични въздействия
- ☐ Аномалии в апаратурата

## Причини за недопустимост на неизправности и откази в хардуера

- ☐ Сериозни финансови щети, често надвишаващи цената на системата (например в промишлеността с непланирани спирания на работа)
- ☐ Унищожаване на управлявания обект (например транспорт)
- ☐ Щети върху околната среда (например ядрена енергия)

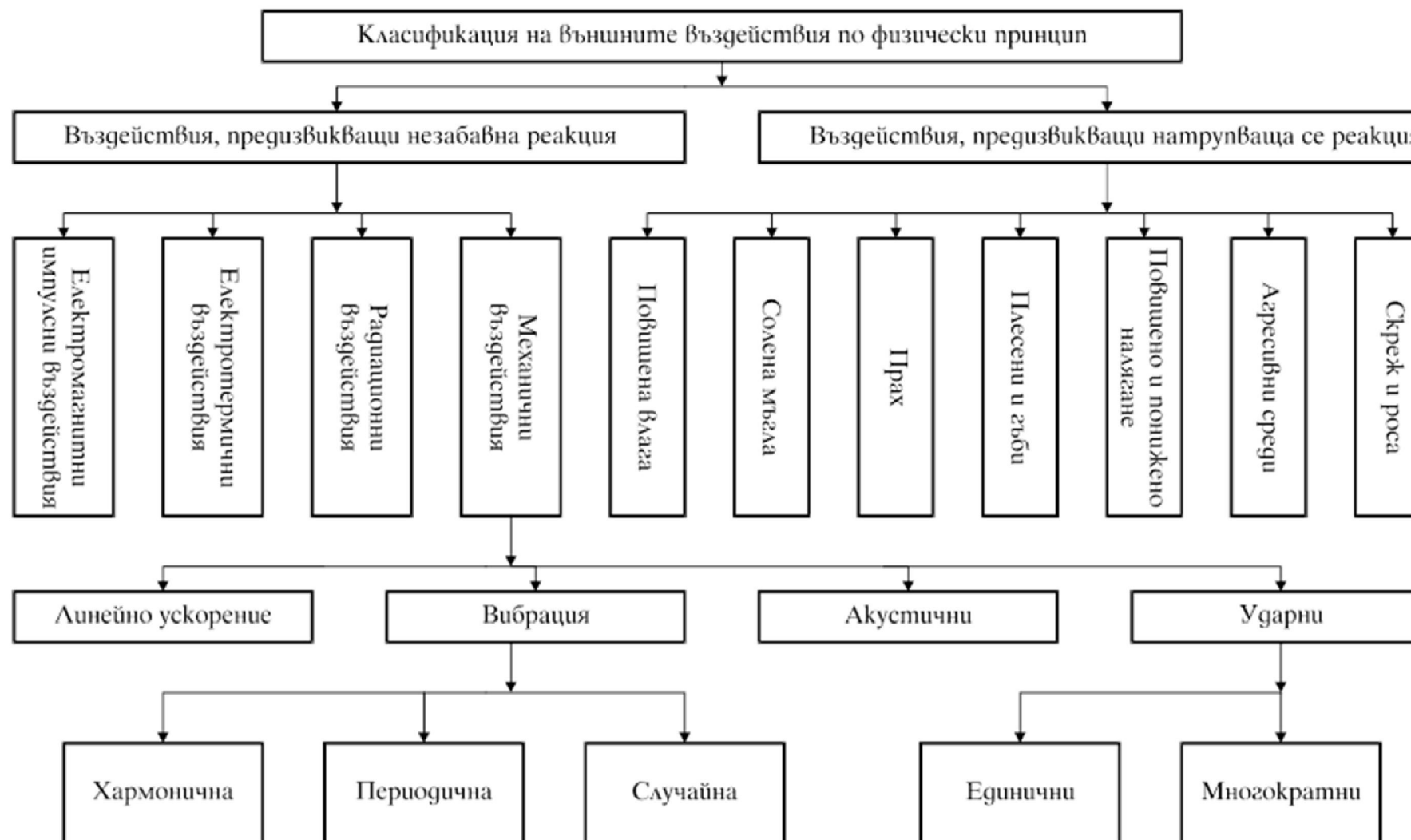
# Фактори, влияещи на надеждността

Технологични и експлоатационни фактори, влияещи на надеждността на хардуера



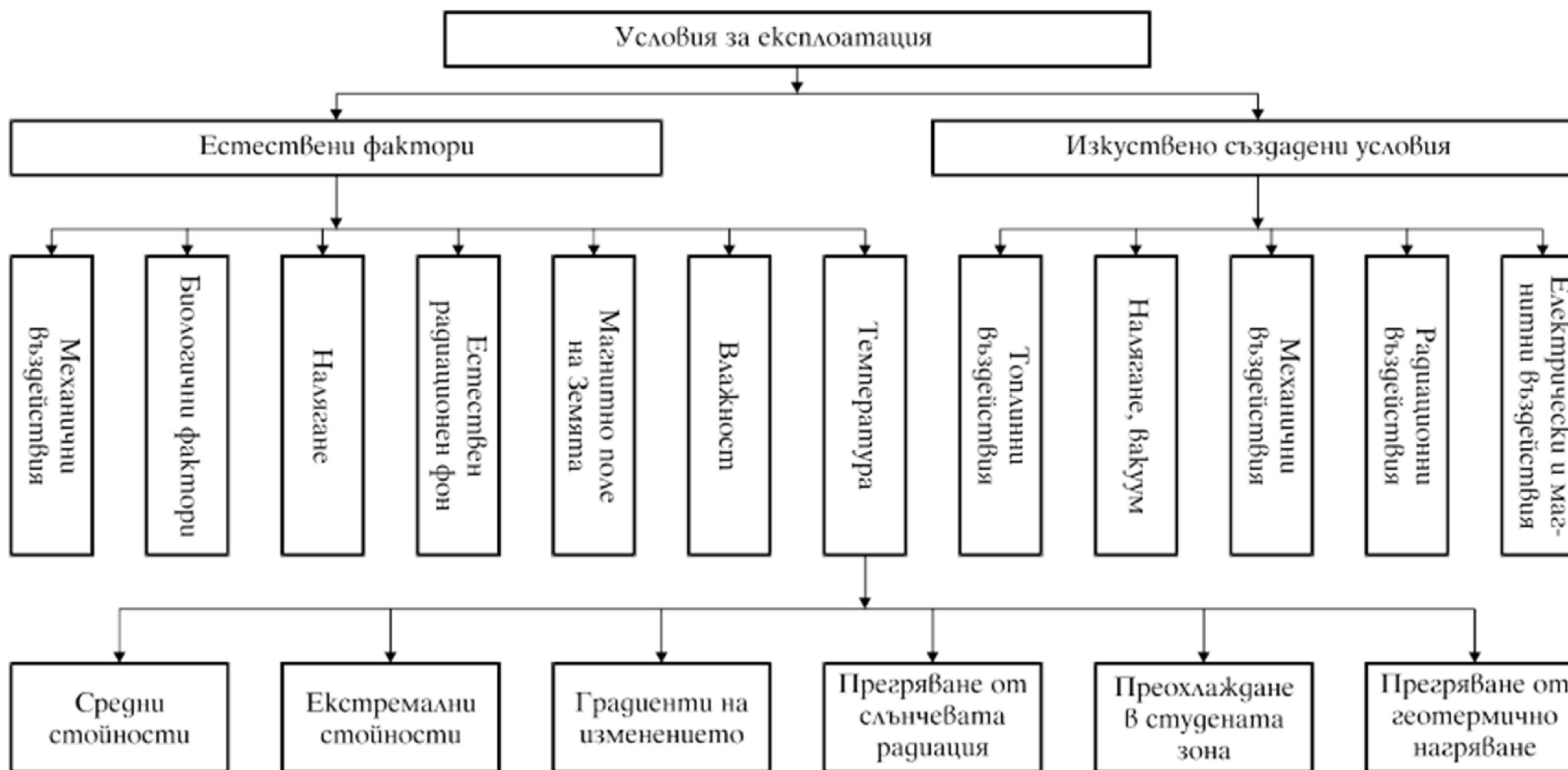
# Външни въздействия на надеждността

Технологични и експлоатационни фактори, влияещи на надеждността на хардуера



# Технологични и експлоатационни влияния

Технологични и експлоатационни фактори, влияещи на надеждността на хардуера





# Основни дефиниции за отказ

## ПОСЛЕДСТВИЕТО ОТ ЕДИН ОТКАЗ

може да бъде различно, ако се разглежда относно единицата или на по-високо ниво.

## МЕХАНИЗМЪТ НА ОТКАЗА

е физическия, химическия или друг процес, водещ до неговата поява.

**ВИДЪТ НА ОТКАЗА** е признакът, посредством който се забелязва повредата;

Например:

к.с., прекъсване, или дрейф за електронни компоненти;

пластична деформация, разрушаване, износване за механични компоненти.

**ПРИЧИНАТА ЗА ЕДИН ОТКАЗ** може да бъде

вътрешна, дължаща се на слабости в изделието и/или умора на материала;

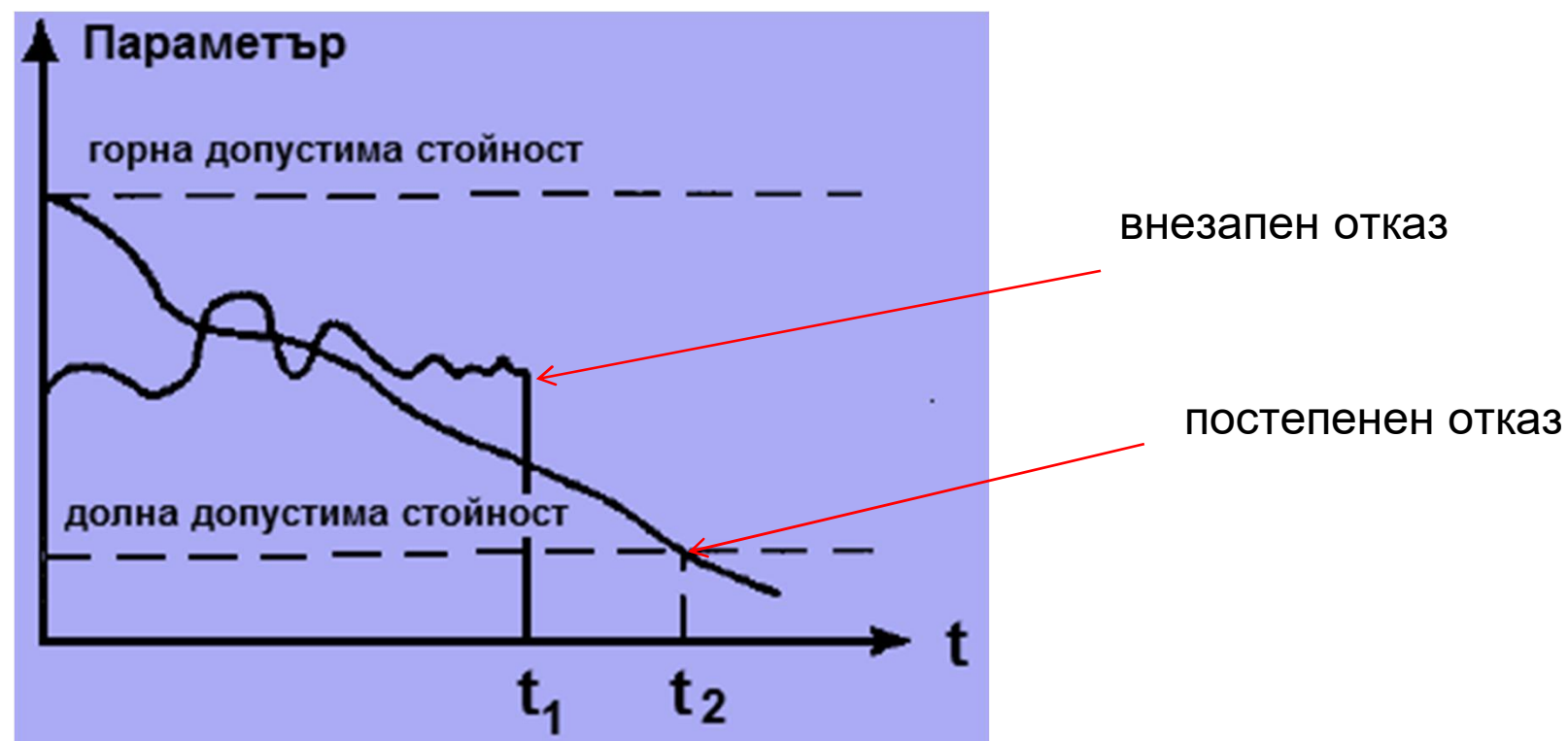
външна, поради грешки, неправилна употреба или неправилно изпълнение по време проектирането, производството или експлоатацията.

Външните причини често водят до *систематични откази*, които са *детерминирани* и трябва да се разглеждат като дефекти в структурата на хардуера или динамични дефекти в качеството на софтуера.

Дефектите присъстват в момента  $t = 0$ , дори ако често те не могат да бъдат разкрити за време  $t = 0$ . Отказите се появяват винаги във времето, дори ако времето до отказ е късо, както може да бъде със *системните* или *преждевременните* откази.

# Параметрични и внезапни откази

## Критерии за отказ в хардуера



**КРИТЕРИЙ НА/ЗА ОТКАЗ** - признакът за излизането, макар и на един параметър, извън установения допуск. Критерият трябва да се указва в нормативно-техническата документация на обекта.

# Класификация на откази в хардуера

Признак	Вид	Характеристика
1	2	3
Характер на изменение на параметра до момента на възникване на отказа	внезапен	Скокообразно изменение на стойността на един или няколко параметъра
	постепенен	Постепенното изменение на един или няколко параметри за сметка на бавно, постепенно влошаване качеството на обекта
Връзка с отказите на други елементи (възли, устройства)	независим (първичен)	Отказът не е обусловен от повреждането или отклоненията на други елементи (възли)
	зависим (вторичен)	Отказът е обусловен от повреждането или отказите на други елементи (възли, устройства)
Възможност за използване на елемента след отказа	пълен	Пълна загуба на работоспособност, Изключваща използването на обекта по предназначение
	частичен	По-нататъшното използване на системата е възможно, но с по-ниска ефективност
Природа на възникване	случаен	
	систематичен	
Възможност за отстраняване	отстраним	
	неотстраним	

# Класификация на откази на хардуера

1	2	3
Характер на проявление на отказа	сбой	Самоотстраняващ се отказ, водещ до кратковременно нарушаване на работоспособността
	премигващ	Многократно възникващ сбой от един и същ характер (ту възникващ, ту изчезващ), свързан с обратни случайни изменения на режимите на работа и параметрите на устройствата (напр. Намаляване на чувствителността поради рязко намаляване на захранващото напрежение)
	устойчив (окончателен)	Отказ, отстраняван само в резултат на провеждане на възстановителни работи и следствие от необратими процеси в елементите и материалите (например поради разхерметизиране на корпуса на ИС).
Причина за възникване на отказа	конструкционен	Възниква вследствие на нарушения на установени правила и норми при конструирането
	производствен	Възниква поради нарушения или несъвършенство на технологическия процес при изработка и ремонт
	експлоатационен	Възниква вследствие нарушения на установени правила и условия на експлоатация
Време на възникване	период на “детска смъртност”	Обусловен от скрити производствени дефекти, непоявени в процеса на контрол
	период на експлоатация	Обусловен от несъвършенства на конструкцията, скрити производствени дефекти и експлоатационни натоварвания
	период на стареене	Обусловен от процеси на стареене и износване на материалите и елементите на обекта

# Причини за откази

Видове откази на хардуера и причинни връзки





# Откази през различни стадии на жизнения цикъл на хардуера

Разпределение на отказите в етапите на жизнения цикъл на хардуера

Стадий на жизнения цикъл на изделията със "заложен" отказ	Причина за възникване на отказ
Проектиране	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Неоптимален избор на принципна схема:<ol style="list-style-type: none"><li>а) критичност на параметрите на изделието към изменение на параметрите на комплектуващите елементи ;</li><li>б) критичност на параметрите на изделието към въздействие на външни и вътрешни фактори;</li><li>в) работа на елементите в недопустими електрически режими;</li><li>г) отсъствие на резервиране в изделията.</li></ol></li><li>2. Неправилни конструктивни решения (по компоновката, защитата от външни и вътрешни фактори ).</li><li>3. Разработка на изделия без "привързване" към определен производствен процес.</li></ol>
Производство	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Нарушение на технологическия процес на изготвяне на изделията</li><li>2. Несъвършенство на технологическото оборудване</li><li>3. Неефективен контрол на качеството на изделията.</li></ol>
Експлоатация	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Нарушение на НТД по експлоатация на изделието</li><li>2. Стареене и износване на материалите, елементите и системите.</li></ol>

# Важни изводи

## Важни особености при хардуера

- ❖ При анализ на надеждността на обекта е много важно *ясно да се формулира критерия на отказа*
- ❖ Непълните сведения за обекта и процесите, протичащи в него и околната среда, водят до *вероятностен характер на отказите*
- ❖ Самият факт на поява на отказ на обекта е *детерминирано явление, а времето на поява на отказа е случайна величина*

ОСНОВНИЯТ МАТЕМАТИЧЕСКИ АПАРАТ НА ТЕОРИЯТА НА НАДЕЖДНОСТТА Е ТЕОРИЯТА НА  
ВЕРОЯТНОСТИТЕ И МАТЕМАТИЧЕСКАТА СТАТИСТИКА

# Свойства и показатели на надеждност

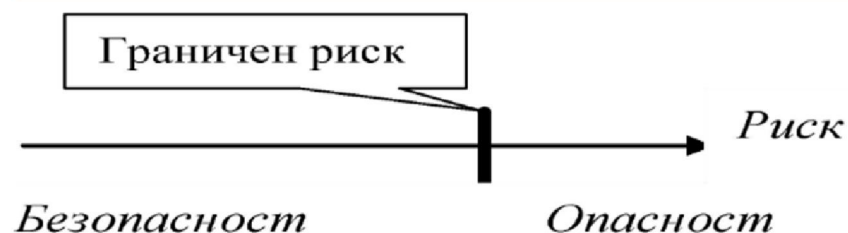
## Понятия за безопасност

**Опасността (hazard)** е състояние, в което възниква (се понася) загуба, щета, ущърб, вреда и което може да доведе до инцидент (EN-50129). Опасност за човека произтича от всяко нарушение на човешките му права (на живот, на здраве, на чест, на достойнство, на собственост, на свобода, на равнопоставяне с другите и т.н.). Според друг стандарт опасността е физическо положение с потенциална възможност за вреда върху човека.

**Инцидентът (accident)** е неумишлено събитие или серия от събития, завършващи със смърт или заплаха за здравето на човека, неговите интереси загуба на материални, духовни и/или природни ценности.

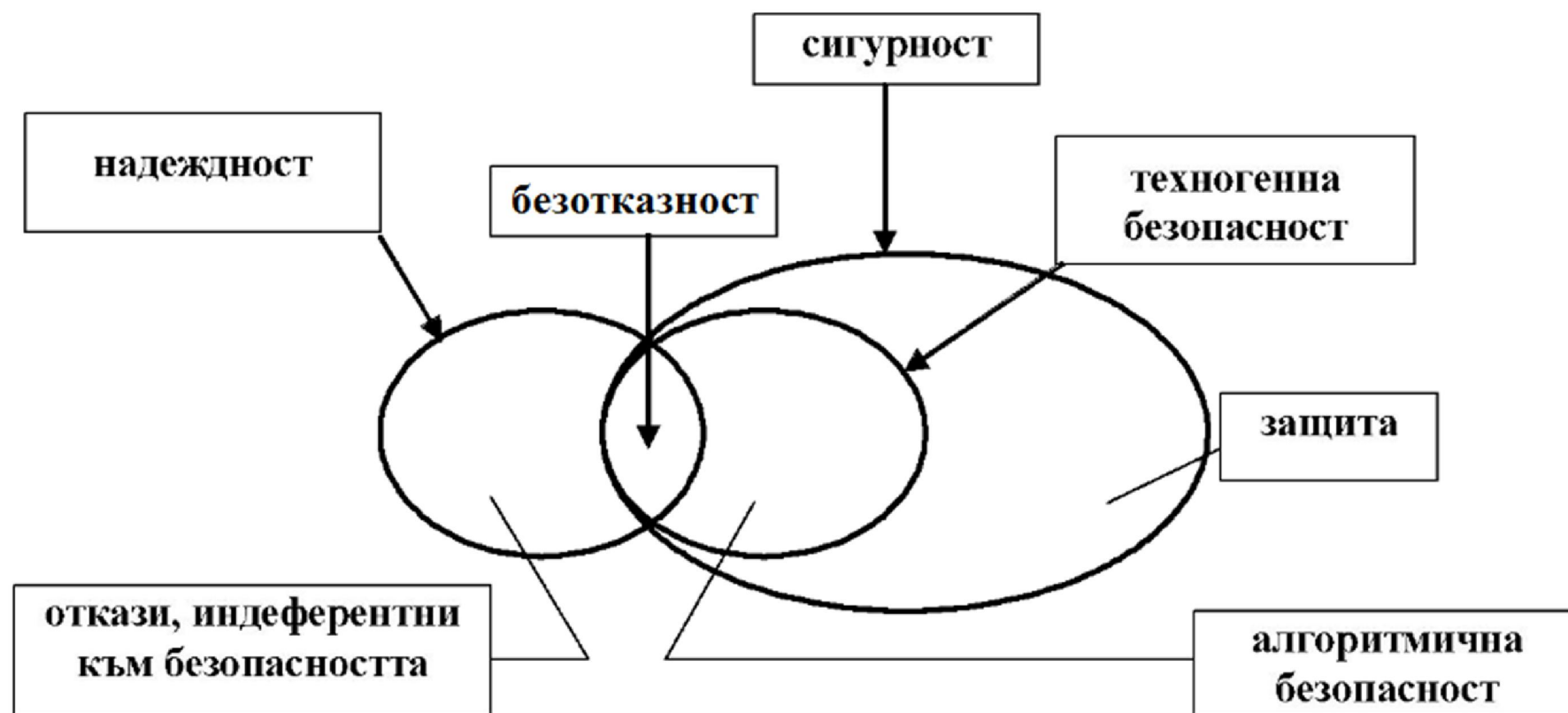
**Опасността в процесите в реално време** може да е *състояние* или *процес* (случаен или детерминиран), в рамките на които или вследствие на които възниква инцидент.

**Рискът** е мярка за възможните загуби от *нежелано събитие*, чието настъпване е вероятно. Според EN 50126 рискът е вероятността за възникване на опасност, която предизвиква щета, загуба.



# Съотношения между понятия за качество на системите

Съотношение между понятията



Всеки технически обект отказва.  
Кога точно ще настъпи отказ е непредвидимо.