

# **СЪСТОЯНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕНИТЕ И ОПЕРАЦИОННИТЕ СИСТЕМИ**

- 1. Състояния на производствената и операционната система – надеждност и безопасност.**
  - 2. Класификация на отказите. Влияние на отказите в производствените и операционните системи по отношение на тяхната надеждност и безопасност**
  - 3. Основни характеристики и показатели за надеждност и тяхната взаимовръзка**
- 

**Борислав Николов**

# Стратегическо значение на надеждността

- ◆ **Отказите има далечни последици за фирмените**
  - ◆ *Процеси / Операции;*
  - ◆ *Репутация;*
  - ◆ *Рентабилност;*
  - ◆ *Клиенти (Недоволни клиенти);*
  - ◆ *Служители (Бездействащи служители);*
  - ◆ *Печалбите стават загуби;*
  - ◆ *Намалена стойност на инвестицията в машини и оборудване.*

# Надеждност и поддръжка

Според IEC 60300-1:2014: Надеждността <на елемент> е способността да изпълнява своите функции за даден интервал от време, при определени условия (Лекция 2)

- ◆ **Тактики за подобряване на надеждността**
  - ◆ *Подобряване на отделните компоненти*
  - ◆ *Осигуряване на резервиране.*

# Надеждност и поддръжка

Според IEC 60300-1:2014: Надеждността <на елемент> е ...

- ◆ **Поддръжка: дейности, свързани с поддържане на оборудването на системата в изправност**
  - ◆ *Тактики за поддръжка*
  - ◆ *Прилагане или подобряване на превантивната поддръжка*
  - ◆ *Увеличаване на възможностите за ремонт или скоростта на ремонтните дейности*

# Надеждност - пример

**Надеждност на система  $R_s$ :**

$$R_s = R_1 \times R_2 \times R_3 \times \dots \times R_n$$

*където:*

$R_1$  = надеждност на компонент 1

$R_2$  = надеждност на компонент 2

## Надеждност - пример



Надеждността на системата е:

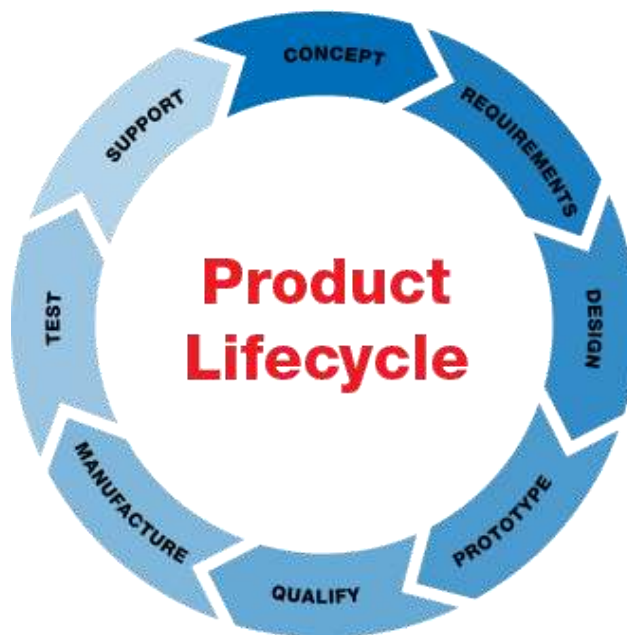
$$R_s = R_1 \times R_2 \times R_3 = 0,85 \times 0,92 \times 0,99 = 0,774$$

или

$$R_s = 77,4\%$$

# Кога надеждността трябва да бъде „прилагана“?

Надеждността е основен и един от най-важните компоненти от управление на ПОС. Осигуряването на висока степен на надеждност съпътства целия жизнен цикъл на ПОС (елементите на ПОС) / продукта !



# Надеждност - самоанализ

*Опитайте се да формулирате отговорите на тези въпроси:*

- ◆ *Какви са функциите на вашата система / продукт?*
- ◆ *Какви са посочените условия на работа?*
- ◆ *Какво е времето ( $t$ ), в което искате да оцените надеждността?*
- ◆ *Каква е надеждността? Знаете ли?*
- ◆ *Какво се очаква от потребителите?*



# Надеждност, Качество и Безопасност

- ◆ Надеждността може да се разглежда като „Качество във времето“. Потребителите често използват термините "качество" и "надеждност". Трябва да разберем какво очакват.
- ◆ Измерването на надеждността е свързано с честотата на отказите, броя на отказите, разходите за гаранция и т.н. По този начин надеждността се изпитва от клиентите, когато използват продукта.

# Надеждност, Качество и Безопасност

- ◆ *Нивото на качеството се измерва по отношение на нивата на дефекти, когато продуктът е получен като нов.*
- ◆ *Качеството и надеждността могат да окажат значително влияние върху безопасността.*

# Надеждност, Качество и Безопасност

- ◆ Качествените дефекти и откази могат да повлияят неблагоприятно по отношение на безопасността на потребителите, страничните наблюдатели и оборудването.
- ◆ Някои качествени дефекти могат да доведат до ненадежден и / или опасен продукт.

# Надеждност, Качество и Безопасност

- ◆ Някой примери за това как ненадеждността може да повлияе на безопасността:
  - Неизправността на автомобилната кормилна система, спирачната система, и т.н. може да доведе до сериозни инциденти.
  - Неизправност на предпазен клапан на система, в която има високо налягане може да доведе до експлозия и др.

# Състояния и откази в ПОС

Надеждността на дадена система (елемент от нея)/ продукт се характеризира с отказите настъпили в нея [5].

Следователно,

Основно място в надеждността, а също така в и безопасността на производствената и операционната система заема именно отказът [5].

# Състояния и откази в ПОС

 **Разглеждане на състоянията на системата в тяхната противоположност [5]**

- *изправно/неизправно;*
- *работоспособно/неработоспособно;*
- *пределно.*

 **Неизправно състояние, не означава неработоспособно състояние [5]**

# Състояния и откази в ПОС

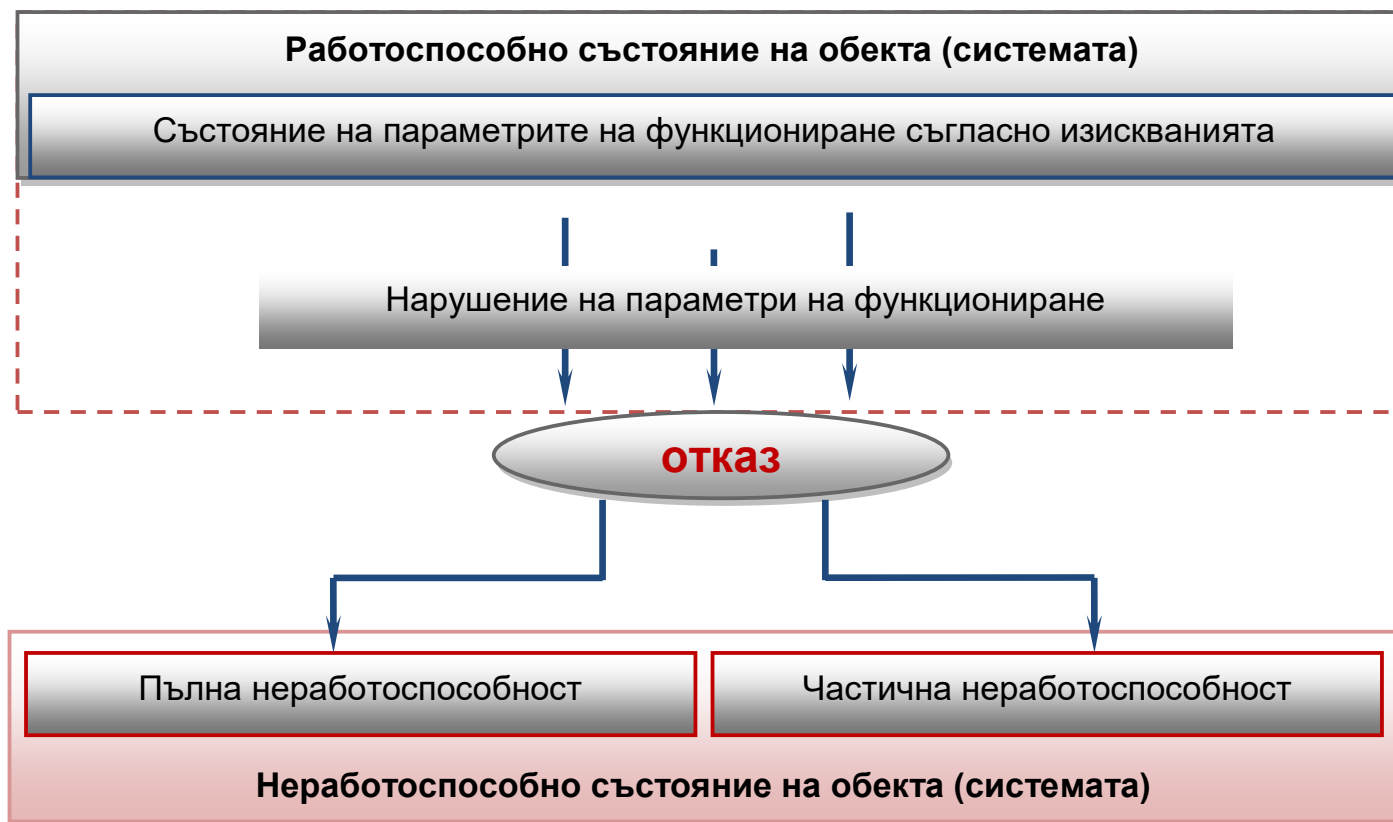
## Отказ - дефиниции

*Неспособността на даден елемент да функционира в рамките на определените/установените граници [13].*

*Случайно събитие, в резултат на което обектът става неработоспособен, т.е., нарушава се поне едно негово съществено свойство [19].*

# Състояния и откази в ПОС

## Състояния на обекта в следствие на отказ [5]





# ***Класификация на отказите***

**В по-голямата си част, класификациите се припокриват – насоката е към по-голяма широта. Така например, отказите се класифицират според [5]:**

- характера на изменение на параметрите на обекта до възникване на отказ;*
- взаимовръзката с други откази;*
- възможността за използване на обекта след възникване на отказ;*
- Според характера на отстранение на отказа, и др.*

# Класификация на отказите



# ***Основни характеристики и показатели за надеждност и тяхната взаимовръзка***

**При използването на качествени характеристики – основен акцент [5]:**

- Безотказност;***
- Дълготрайност;***
- Ремонтпригодност;***
- Съхраняемост.***

# **Основни характеристики и показатели за надеждност и тяхната взаимовръзка**

- 👉 Основна характеристика на надеждността е безотказната работа свързвайки я със система (с елемент от нея) или пък с даден продукт [5].**

# Основни характеристики и показатели за надеждност и тяхната взаимовръзка

➡ **Основна характеристика на надеждността е безотказната работа свързвайки я със система (с елемент от нея) или пък с даден продукт [5].**

➡ **Показатели за безотказност [5]:**

- *вероятност за безотказна работа в течение на определен период от време;*
- *средна отработка (време на работа) до първия отказ;*
- *средна отработка (време на работа) между откази;*

# Основни характеристики и показатели за надеждност и тяхната взаимовръзка

## Показатели за безотказност [5]:...

- *честота на отказа;*
- *интензивност на отказа;*
- *параметър на потока на отказа.*

# Основни характеристики и показатели за надеждност и тяхната взаимовръзка

## Вероятност за безотказна работа (Reliability) $P(t)$ .

☞ Вероятността за безотказна работа  $P(t)$  и вероятността за отказа  $Q(t)$  са двете противоположни събития, които образуват т. нар. пълна група от събития, т.е:

$$P_A + P_{\bar{A}} = 1$$

# Основни характеристики и показатели за надеждност и тяхната взаимовръзка

Вероятност за безотказна работа  $P(t)$ .

Функцията на надеждността има вида:

$$P(t) = P(T > t) = \int_t^{\infty} f(t)dt = 1 - \int_0^t f(t)dt = 1 - F(t)$$



# Основни характеристики и показатели за надеждност и тяхната взаимовръзка

В практиката не винаги е необходимо да се извърши пълно изследване на функциите  $P(t)$  и  $Q(t)$ , а често определянето на отделни техни числови параметри.

- ♦ **Средна отработка до отказ на обекта (Mean time to failure (MTTF)) ( $T_{cp}$ )**

$$M[t] = T_{cp.} = \int_{-\infty}^{+\infty} t f(t) dt$$

# Основни характеристики и показатели за надеждност и тяхната взаимовръзка

## ◆ Средна отработка до отказ (Mean time to failure (MTTF)) ( $T_{cp}$ )...

- при използването статистически данни се извършва с помощта на равенството:

$$T_{cp} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_{N_0}}{N_0}$$

където:

$t_i$  - време за безотказна работа на  $i$ -тия „технически елемент“;

$N_0$  – бр. на изследваните „технически елементи“.

# Основни характеристики и показатели за надеждност и тяхната взаимовръзка

## ◆ Средна отработка до отказ (Mean time to failure (MTTF)) ( $T_{cp}$ )...

В практиката обаче не винаги е възможно определянето на  $t_i$  за всеки отделен елемент.

В този случай се използва равенството:

$$T_{cp} \approx \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_{N_0} + (N_0 - n)\tau}{N_0}$$

където:

$n$  – брой на отказващите „технически елементи“;

$N_0$  – брой тествани „технически елементи“.

$\tau$  – интервал от време, където точките  $t_1$  до  $t_{N_0}$  се намират в интервала  $t_i \in [\tau_1, \tau]$  ( $i = 1, \dots, N_0$ )

# Основни характеристики и показатели за надеждност и тяхната взаимовръзка

## ◆ Средна отработка между откази

Средна отработка (време на работа) между откази представлява средната стойност на времето между съседни откази.

$$\bar{t}_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$$

където:

$t_i$  – време за изправна работа на „техническите елементи“ между  $(i-1)$ -тия и  $i$  – тия отказ;

$n$  – брой на отказите за време  $t$ .

# Основни характеристики и показатели за надеждност и тяхната взаимовръзка

## ◆ Честота на отказа

Честота на отказа  $f(t)$  представлява плътност на вероятността (или закон на разпределението) за времето на работа на системата до първия отказ.

# Основни характеристики и показатели за надеждност и тяхната взаимовръзка

## ◆ Честота на отказа

Определянето на честотата на отказа при използването на статистически данни се извършва по следната зависимост:

$$\bar{f}(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_0 \Delta t}$$

където:

- брой на отказващите „технически елемента“ в интервала  $n(\Delta t)$

$N_0$  – общ брой „технически елементи“ в началото на работата;  $\left[ \frac{t - \Delta t}{2}; \frac{t + \Delta t}{2} \right]$

# Основни характеристики и показатели за надеждност и тяхната взаимовръзка

## ◆ Интензивност на отказа (*Failure rate*)

Условна плътност на вероятността за отказ към момент от време  $t$  при условие, че до този момент отказ не е настъпил, т.е:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}$$

# Основни характеристики и показатели за надеждност и тяхната взаимовръзка

## ◆ Интензивност на отказа (Failure rate)...

Така например, ако на тестване са поставени  $N$  елемента и в интервал от време  $\Delta t$  отказват  $n$  елемента, то

$$\bar{\lambda}(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_{cp} \cdot \Delta t},$$

където:

$N_{cp} = \frac{N_i + N_{i+1}}{2}$  – среден брой на изправните „технически елементи“ в интервала ;

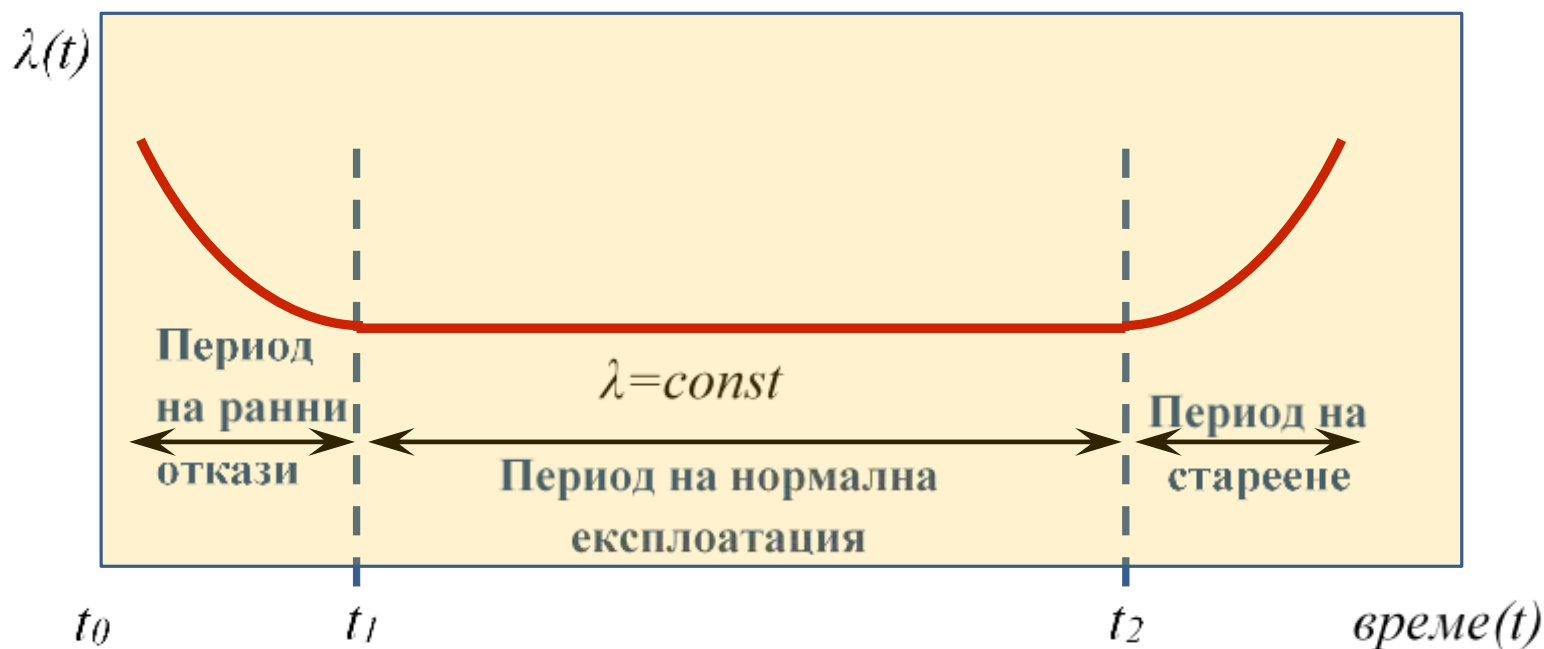
$N_i$  – брой на изправните „технически елементи“, изправно работещи в началото на интервала  $\left[ \frac{t - \Delta t}{2}, \frac{t + \Delta t}{2} \right]$



# Основни характеристики и показатели за надеждност и тяхната взаимовръзка

## ♦ Интензивност на отказа (*Failure rate*)

Кривата, описваща интензивността на отказите на система (както и различни нейни компоненти), има вида:



# Основни характеристики и показатели за надеждност и тяхната взаимовръзка

## ◆ Параметър на потока на отказа

Отношение на броя на отказващите към броя на изпитваните „технически елементи“ за единица време, в условия, при които излизащите от строя „технически елементи“ се заменят с нов:

$$\bar{\omega}(t) = \frac{n_1(\Delta t)}{N_0 \Delta t}$$

където:

$n_1(\Delta t)$  - брой на отказващите „технически елементи“ в интервал от време  $\left[ \frac{t - \Delta t}{2}, \frac{t + \Delta t}{2} \right]$ , при условие, че отказващите „технически елементи“ са заменени с нови.