

 **Технически университет – София**

Факултет по електронна техника и технологии

Катедра „Микроелектроника“

Ускорени изпитвания за надеждност – концепция и модели



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Съдържание

- Организация на изпитванията на надеждност
- Модели на провеждане ускорени изпитвания
- Ускорени тестове на надеждност
- Технология на ускорени изпитвания HALT/HASS и HTOL



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Изпитване на ЕИ – експериментално определяне стойностите на параметрите и показателите на качество в процеса на функциониране или при имитация условията на експлоатация, или при възпроизвеждане на въздействия на ЕИ по зададена програма.

Провеждането на изпитване на изделия на електронната техника е необходимо за контрол на качеството, за прогнозиране и оценяване на надеждността им.

Основна цел – получаване на информация за състоянието на изпитваното изделие. Тази информация после се използва за решаване на различни задачи, в това число и за оценка на показателите на надеждност. Статистическата информация може да се използва за потвърждаване на достигнато ниво на вероятност на функционалните откази за отказоустойчиви многофункционални ЕИ.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Изпитването е **сложна организационно-техническа система** с основни елементи: човек, изпитвани образци, изпитателно оборудване, контролно-измервателно оборудване.

До 40% от възможните конструктивни откази и дефекти могат да се определят само от резултатите от изпитване. Провеждане то на различни видове изпитване е едно от най-важните условия за осигуряване на надеждността на ЕИ.

Характеристиките на надеждност могат да се проверяват както при провеждане на изпитване за проверка на други свойства, така и при самостоятелни изпитвания на надеждност.

Изпитване на надеждност – експериментално определяне на количествените показатели на надеждност на ЕИ по установена програма, която предвижда броя на изпитваните образци, продължителността на изпитване и изпитваните режими на работа на изделието. Много и продължително скъпо изпитване и с наличие на голям брой образци



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Изпитвания се провеждат на всички етапи от жизнен цикъл а ЕИ. На всеки етап както броя на провежданите изпитвания, така и броя на оценяваните характеристики се различават съществено.

По условията на провеждане изпитванията се разделят на лабораторни (стендови) и натурни изпитвания.

Външните фактори оказват различно въздействие на честотата на поява на откази

Причина за отказ	Разпределение на отказите по обекти			Сумарен % по причини за отказа
	Блокове на апаратурата	апаратура в цяло	апаратура в състава на изделието	
Производствена	22	11	1	34
Схемно-конструктивни	17	20	3	34
Откази на комплектуващи елементи	10	8	1	19
Експлоатационни	2	5	0	7



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Основни фактори, влияещи на появата на откази:

- въздействие на вибрации;
- въздействие на повишена и понижена температура, циклично изменение на температурата;
- въздействие на повишена влажност

Последователност на изпитванията:

- стендови изпитвания на блоковете на съставните части;
- стендови изпитвания на съставните части;
- стендови изпитвания на изделията;
- натурни изпитвания на изделията.

В съответствие с нормативно-техническата документация съвкупността от отделни видове изпитания на ЕИ и техните съставни части, изхождайки от предназначението, времето и нивото на провеждане образуват съответната категория изпитвания. **Изпитванията на надеждност** се включват в качеството на отделен вид изпитване в съответната категория.

По целите и задачите както категориите изпитвания, така и отделните видове изпитвания се подразделят на определителни и контролни.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Категории изпитвания на стадий разработка:

- изследователски;
- предварителни;
- приемателни.

Категории изпитвания на стадий серийно производство:

- квалификационни;
- приемо-предавателни;
- периодични;
- типови;
- сертификационни.

Категории изпитвания на стадий експлоатация:

- експлоатационни;

В състава на всяка категория се включват определен вид изпитвания и проверка на техническите параметри на ЕИ – “обем изпитвания”. В обема изпитвания се включват видовете по всяка категория, в частност изпитвания по проверка на функционирането на ЕИ в съответните условия – якост, устойчивост на въздействие на външни и вътрешни въздействия на механични, топлинни натоварвания, климатични фактори (температура, влага, роса и др.) и други (радиационни, биологични) въздействия. По резултатите се извършва оценка на показателите на надеждността и проверка на съответствие с изискванията.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Особености на изпитване на безотказност:

- провежда се на всички стадии от жизнения цикъл;
- За проверка на съответствие;
- Специализирано изпитвателно оборудване (въздействия на удар, вибрация, температура, влага и др.);
- Методи за съпоставяне на резултатите с необходимите стойности на показателите (едностранен доверителен интервал; двустранен доверителен интервал; сравнение на точкови оценки и дисперсия; последователен метод);

Особености на изпитване на ремонтпригодност:

- Хронометраж на загубата на време за извършване на операции по възстановителна работа;
- Оценка на резултат с разчетно-експериментални методи;
- Необходими повече от един образец;
- Нецелесъобразно е провеждането им през етапа на серийно производство и експлоатация



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Особености на изпитване на дълготрайност (ресурсно) и на съхраняемост:

- продължителни и с икономически загуби;
- провеждат се през последния етап на стадия на разработка на опитни образци или през стадия на експлоатация;
- провеждат се в натурни и в лабораторни условия;
- през стадия на разработка се прави проверка за запазване на работоспособност:
 - транспортиране с различен транспорт;
 - съхранение в различни условия;
 - ресурс в нормални условия и при въздействие на установени външни фактори (механични, климатични и др.).
- формира се модел на провеждането на изпитанието – последователност на проверка на показателите;
- Използват се ускорени методи на изпитване



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

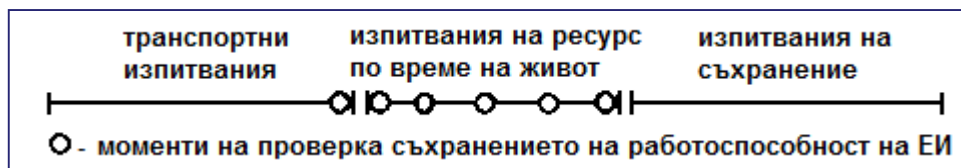
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Формиране на модел на провеждане на ресурсни изпитвания:

- Определя се последователност на проверка на различни видове показатели за дълготрайност и съхраняемост на едно ЕИ.
- За всеки тип ЕИ могат да се формират достатъчно голям брой модели на провеждане на изпитвания.
- Най-тежки, максимално възможни режими, както по ниво на външните въздействия, така и по продължителност на тяхното въздействие, се провеждат през стадия на разработка на ЕИ.
- Необходимият брой реализации на приетия модел се определя, като се изхожда от установените стойности на показателите на безотказност за ЕИ и необходимата доверителна вероятност.
- За определяне на необходимия обем изпитвания и брой на изпитваните ЕИ се прилагат методите използвани при изпитване на безотказност.



Модел на изпитване



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Формиране на модел на провеждане на ресурсни изпитвания:

➤ използва се твърдението: "Надеждността на ЕИ в условия Е зависи от количеството вече отработен ресурс в миналото и не зависи от това как той е отработен".

➤ R - ресурс на ЕИ
$$R(t, E) = -\ln P(t, E) = \int_0^t \lambda(t, E) dt, \quad (1)$$

където t- отработен ресурс в условия Е; R(t, E0 – вероятност за безотказна работа; $\lambda(t, E)$ -интензивност на отказите или параметър на потока на отказите

➤ Параметрите на ресурса удовлетворяват следните изисквания:

✓ Ресурс, отработен за време $t = 0, R(0, E) = 0$.

✓ Ресурсът удовлетворява изискването за адитивност
$$R(t, E) = \sum_{i=1}^n R(t_{i-1}, t_i),$$

където ресурсът изразходван за време $t = t_i - t_{i-1}$,

(n – брой интервали) е $R(t_{i-1}, t_i) = \int_{t_{i-1}}^{t_i} \lambda(t, E) dt$

✓ При независимост на скоростите за изразходване на ресурсите в различни условия граничната стойност на параметъра на ресурса на ЕИ удовлетворява

условието
$$R_0 = \sum_{i=1}^n R_i(t_i, E_i),$$
 където $R_i(t_i, E_i)$ е стойност на параметъра на ресурса на i-тия

показател при E_i условия; R_i – установена стойност на параметъра на ресурса определена с ур. (1), при условие, че $R(t, E) = P_0$ (P_0 - необходимата стойност на вероятността за безотказна работа)



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Формиране на модел на провеждане на ресурсни изпитвания:

➤ Ускорените методи се базират на условието за сумиране на повреждането. Ако е изпитана извадка в условия E_0 за време t , а след това изделието, запазило работоспособността си се подлага на ускорен режим в E_1 до пълно износване, то:

$$\frac{M\left[a \leq \frac{t}{E_0}\right] + M\left[a \geq \frac{0}{E_1}\right]}{T(E_0) + T(E_1)} = 1, \quad (2)$$

Т(E_0) и Т(E_1) са средни стойности на граничния ресурс на i - вид ЕИ в условията E_0 и E_1
средните стойности на проверявания

показател в условия E_0 и E_1 са: $M\left[a \leq \frac{t}{E_0}\right]$ $M\left[a \geq \frac{0}{E_1}\right]$

➤ Доказана е теоремата: Необходимо и достатъчно условие ур.(2) да е инвариантно е инвариантността на израз $K(E_1, E_0) = \frac{T(E_0)}{T(E_1)}$ (3)

➤ Като се знае значението на инварианта $K(E_1, E_0)$, може да се проведат ускорени изпитвания в условия E_1 . При провеждане на ускорени изпитвания в условия E_1 трябва да се осигури равенство на вероятностите за безотказна работа в условията E_0 и E_1 .

➤ Инвариантите (3) са статистически поправъчни коефициенти, отчитащи влияние то на различни видове въздействия (температура, вибрации и т.н.), а също коефициенти, отчитащи влиянието на условията на експлоатация на ЕИ върху стойностите на интензивността на отказите и параметъра на потока на отказите.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Методи за откриване на дефектни изделия:

❖ **Ускорени ресурсни изпитвания (ALT)** – симулация на пределни (гранични) въздействия (при транспорт, съхранение и експлоатация)

- За определяне на закономерности за образуване на съществени дефекти, възникващи през жизнения цикъл
- Оценка на периода, през който дефектите вероятно се проявяват
- Първа част на изпитванията – условия на транспорт и съхранение. Втора част – въздействия в средата на експлоатация
- Първи са най-тежките въздействия
- Мониторинг през времето на изпитване
- Не удовлетворяват напълно производителя – загуба на време и не влияят на надеждността на миналото изпитване

❖ **Ускорени стресови изпитвания (AST)** – симулация на най-бързо проявяващи се потенциални дефекти и тяхното отстраняване

- Последователност от кратки, но превишаващи граничните нива на въздействие на имитираните фактори на околната среда
- Базиран на “линейно сумиране на поврежданията”
- Цел- инициране на процеси на образуване на потенциални дефекти и най-бързото им проявяване
- Провеждане – етапите на разработка и производство, при извадков и пълен контрол



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4304-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Предимства на методите за откриване на дефектни изделия:

- ❖ Бърза оценка на здравината на ЕИ в стадия на разработка – определяне границите на работните натоварвания
- ❖ Инициират се повреждания, които могат да се разделят на повече и на по-малко съществени – конструктивни корекции
- ❖ Безценна информация за реакцията на ЕИ на въздействия на околната среда и функциониране – подобряване на конструкцията

Разлика между ALT и AST:

- ❖ AST – изпитване “до отказ на ЕИ”
- ❖ ALT – изпитване “за потвърждаване на безотказна работа на ЕИ”
- ❖ AST – качествени ускорени изпитвания, а ALT - количествени ускорени изпитвания



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Цел и приложение на ускорени тестове за надеждност:

1. **Установяване на грешки при проектиране.** Елиминирание или намаляването им чрез резервиране, по-добро проектиране, идентифициране на компоненти и т.н.
2. **Сравнения.** Избиране сред конструкции, компоненти, доставчици, нормални условия на работа, тестови процедури и т.н.
3. **Идентифициране на производствени дефекти.** Елиминиранието им чрез по-добро производство, компоненти, burn-in и т.н. Оценка на подобряването на надеждността чрез елиминирание или редуциране на определени видове откази.
4. **Оценка на други променливи величини.** Оценка колко много конструкцията, производството, материалите, експлоатацията и др. променливи въздействат на надеждността. Оптимизиране на надеждността по отношение на тях. Решение кои от тях да се контролират. Измерване на надеждността. Оценка на гаранционни и сервизни разходи, честоти на откази, МТТФ, скорост на деградация и т.н. Удовлетворяване на изискванията на клиенти за ускорени измервания. Използване като маркетингова информация.
5. **Демонстриране на надеждност.** Показване че надеждността на продукта превъзхожда спецификацията на клиентите.
6. **Условия на работа.** Усъвършенстване на връзката между надеждността (или деградацията) и условията на работа. Избор на условия на работа.
7. **Политика на сервизна дейност.** Решаване кога да се контролира, обслужва или заменя и колко много резервни части и и замени да се произведат и да се осигурят на склад. Service policy. Частите, трябва да се тестват при ускорени условия, когато се получават неочаквани проблеми в сервизната дейност.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Някои тестове са приложими само за компоненти, докато други могат да се използват за по високи нива на асемблиране.

Малко тестове са приложими и за двете, като при моделиране се прави допускане, при което моделите за различни.

Няма универсален аналитичен модел, оценяващ живота на сложни изделия или системи – моделите описват изменението на физическите механизми, свързани със специфичните характеристики на материалите.

Включва тестови методи за скъсяване живота на продуктите или ускоряване на деградацията на работата им.

Целта е бързо да се получат данни за моделиране и анализиране, доставяне на желаната информация за живота на продукта или работата му при нормални условия на експлоатация.

Съхранява се много време и пари.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Методи на ускорение за получаване на данни за време на работа до отказ

- *usage rate acceleration (URA)* – ускоряване степента на използване
- *overstress acceleration (OA)* – съкращаване времето на живот или по бързо деградиране на работата

Стрес

-Термоикли

-Влага

-Вибрация

-Комбинация на горните

Ускоряващите фактори се използват един по един или в комбинация, което включва:

- Циклично включване на хранването
- По-високи нива на вибрация
- Висока влага
- Термични цикли
- Високи температури
- Механично натоварване



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Видове ускорени изпитвания по предназначение:

На материали:

Метали
Пластмаси
Диелектрици и изолатори
Керамики
Адхезиви
Гуми и еластични материали
Защитни покрития и бои

На продукти:

Полупроводникови и
микроелектронни изделия
Кондензатори
Резистори
Други електронни изделия
Електрически контакти
Батерии и клетки
Лампи
Механични компоненти
Електрически прибори



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през
целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Механизми на откази при ускорени тестове на надеждност:

Стареене – електрически контакти – стрес: натоварване, температура, химикали (вода, водород, кислород и т.н.)

Деформация - корпуси, изводи – стрес: температура и механично натоварване, циклично натоварване и химични замърсявания (вода, водород, флуор)

Пукнатини – поява и разрастване – стрес: механичен, температурен, химически (влага, водород, основи и киселини)

Износване – напр. при триене – стрес: скорост, натоварване (амплитуда и тип), температура, смазване и химикали (влага)

Корозия/оксидация – реакция с кислород, флуор, хлор, киселини, основи, сол, вода и др. – стрес : концентрирани химикали, активатори, температура, напрежение и механично натоварване (стрес–корозия)

Ерозия

Прекъсване

Късо съединение

Електрохимична миграция,

Диелектричен пробив

Нарушена херметизация и др.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



- За количествено установяване на надеждностните характеристики/показатели – условията на околната среда при експлоатация, времезависими условия и видове откази
- Изясняване на
 - пълнен функционален отказ или загуба на важни функции
 - деградации във времето на параметрите
- Критерият за отказ трябва да отчита разликите при различни потребители
- По принцип електрическите характеристики трябва да се отчитат индивидуално в спецификациите на всеки продукт

Критерии

- Подходящи допуски се задават за стандартните стойности, без те да индицират граничните стойности при които изделието напълно ще откаже
- Съществуват критерии които са фокусирани на честотата на изменение от началната стойност
- Двата вида критерии определят изменения и тенденции на отклонения в ранен стадии и повишават ефективността на теста

Единица	Условия на измерване	Спецификация	Критерий за отказ
I_R (Leak current)	$V_R = 28V$	10 nA или по-малко	$USL \times 2$ (горна граница)
V_F (Forward voltage)	$I_F = 10mA$	————	$IVD \times 1.30$
V_R (Reverse voltage)	$I_R = 500 A$	30 V или повече	$ IVD \times 1.20$

USL: Горна спецификационна граница

IVD: Начална стойност

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски съюз



Европейски социален фонд

Видове ускорени тестове:

❖ **Качествени** - определяне на вида на отказа (признака за отказа) и на самия отказ без да се правят каквито и да било прогнози за живота на продукта при нормални работни условия.

Качествени тестове - дават информация само за отказите (или за вида на отказите):

- “*elephant tests*”- за ситуации в които идеята е трудно да се опише, но веднага се разпознава, когато се появи отказ
- “*torture tests*” – форсиране на работата при 100% от капацитета за разширен период от време
- *HALT tests* – силно ускорен тест за ресурс
- “*shake and bake tests*”- вибрации и висока температура

❖ **Количествени** - извършва се и прогнозиране на дълготрайността на изделието при нормални условия на работа, позовавайки се на данните, получени от ускореното изпитване.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Особености на качествени ускорени тестове:

- използват се извадки с малки размери
- образците се подлагат
- ✓ само на една върхова стойност на едно единствено натоварване или на комбинация от натоварвания
- ✓ излагат се на изменящи се във времето натоварващи въздействия (например топлинни цикли, студено-топло, и т.н.)
- ✓ ако образецът оцелее, това означава, че е преминал теста
- ✓ използват се преди всичко за откриване на вероятния признак за отказа (начина, по който е отказал елементът, напр. късо съединение)
- ✓ ако обаче не се извършат правилно, те могат да станат повод продукта да откаже по начини, по които никога не би отказал при нормална работа
- ✓ по принцип не са предназначени да произвеждат данни за времето на живот, които могат да бъдат използвани в анализа на последващите количествени ускорени изпитвания
- ✓ като цяло не определят количествено характеристиките на дълготрайност (характеристиките на надеждност) на продукта при нормални условия на работа
- ✓ осигуряват ценна информация за видовете натоварващи въздействия и степента на натоварване, която би могла да послужи на някой при последващите количествени изпитвания



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Предимства и недостатъци на качествените ускорени тестове

➤ Предимства:

- увеличават надеждността чрез своевременно откриване на вероятни причини за отказ
- осигуряват ценна информация, която служи за обратна връзка при проектиране на количествени тестове за надеждност и в много случаи те са предшественик на количествените изпитвания

➤ Недостатък - Въпрос без отговор: Каква е дълготрайността на продукта при нормални експлоатационни условия?



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Особености на количествените ускорени тестове

- включва тестове, предназначени да дадат количествена оценка на характеристиките на живот на отделен продукт, компонент или система при нормални работни условия и във връзка с това да осигурят информация за надеждността им
- информацията включва: определяне на вероятността за отказ на изделието по време на нормалния му период на работа
 - ❖ определяне на средната продължителност на “жизнения цикъл” на изделието при нормални експлоатационни условия
 - ❖ планиране на гаранционните разходи и разходите по връщане на продукта
 - ❖ може да бъде използвано още за:
 - извършване на оценките на риска
 - при съпоставка на дизайна на изделието с подобни на него, с цел то да се оцени и т.н.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

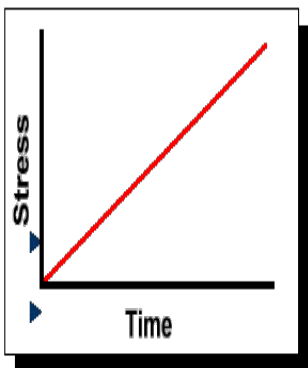
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

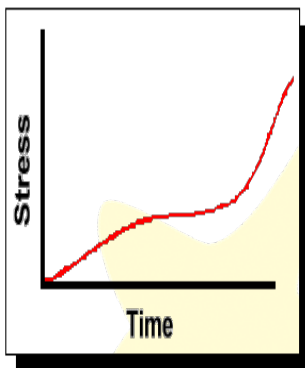


Видове натоварване:

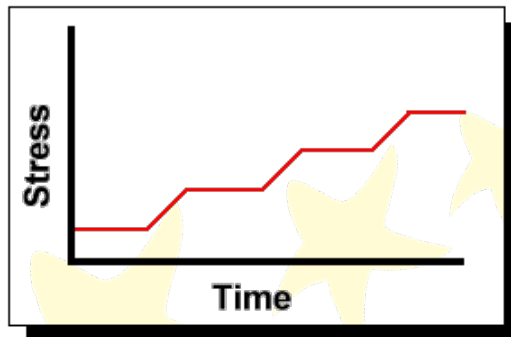
- Екстраполацията от добре изпълнен тест е по-точна
- **Натоварването се променя с времето** – модел с натрупване на повредите (*Cumulative Damage Model*)



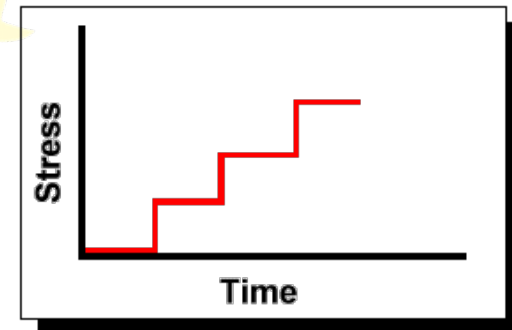
Графично представяне на модела на непрекъснато повишаващо се (или прогресивно) натоварване



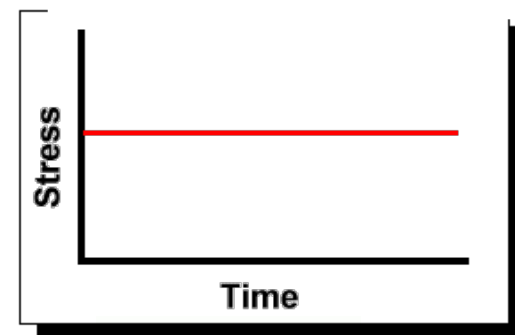
Графично представяне на модела на изцяло зависимо (произволно променящо се) от времето натоварване



Графично представяне на модела на стъпаловидно изменящо се натоварване



Графично представяне на модела на трионообразно изменящо се натоварване



Графично представяне на зависимостта на времето от постоянното натоварване



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

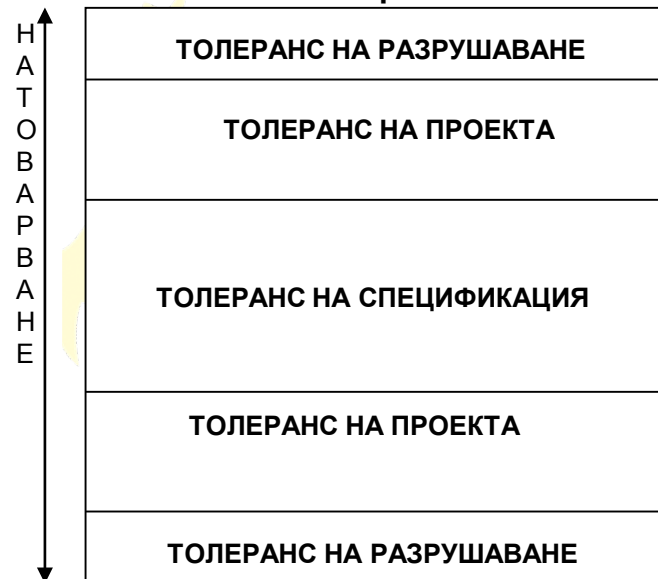


Европейски социален фонд

Стрес (натоварване) и нива на стреса

- Извън спецификацията на продукта, но в проектните граници
- Подходящо прилагане на (DOE) методологията за избор на стрес и нива на стрес
- С повишаване нивата на стреса се намалява времето на прилагането им
- С повишаване нивата на стреса над тези от експлоатационните се повишава неопределеността при екстраполация
- Доверителните интервали дават мярка на неопределеността при екстраполация

Натоварващи въздействия и нива на натоварване



Типичен диапазон на стойностите на натоварване за компонент, продукт или система



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

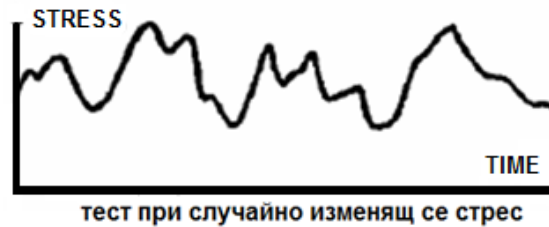
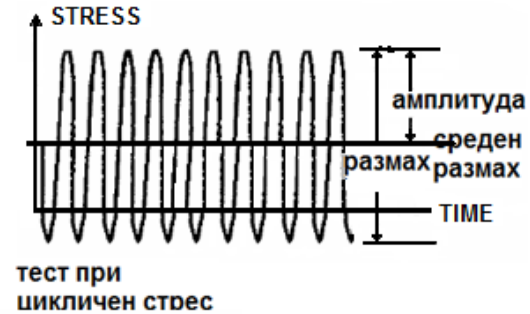
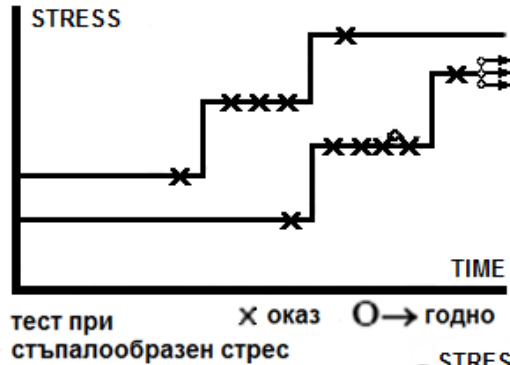
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Ускорени тестове на надеждност

НАТОВАРВАЩИ СТРЕСОВЕ



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Повишаване надеждността с помощта на ускорени изпитвания HALT & HASS

- **Методика HALT** (Highly Accelerated Life Test) – **откриване и последващо поправяне на слаби звена в ЕИ на етап проектиране.** За разлика от изпитванията за съответствие на техническите характеристики, то е предназначено за откриване на дефекти. Използва външни въздействия - вибрация, циклично нагряване и охлаждане, термообработка, повишено напрежение, влажност и други фактори (включително натоварвания, възникващи в реални условия на експлоатация). Натоварването се повишава постепенно до ниво, значително превишаващо реалните условия на експлоатация – съкращава се времето на проявяване на слабите места. Съществено повишава средното време до отказ (MTBF) – в диапазон 5–1000 пъти.
- **Методика HASS** (Highly Accelerated Stress Screen — **ускорен извадков контрол**) е средство, установяващо причините за възникване на технологични дефекти в процеса на производство. Натоварващите нива превишават стойностите дадени в спецификацията на ЕИ и съответстват на стойностите, определени в хода на предшестващото HALT-тестване
- В двете методики се използват натоварвания, значително превишаващи нивата на нормални работни условия. Като правило, не се препоръчва да се провежда HASS-тестване без изпитване по пълна програма на HALT-тестване.



Европейски съюз

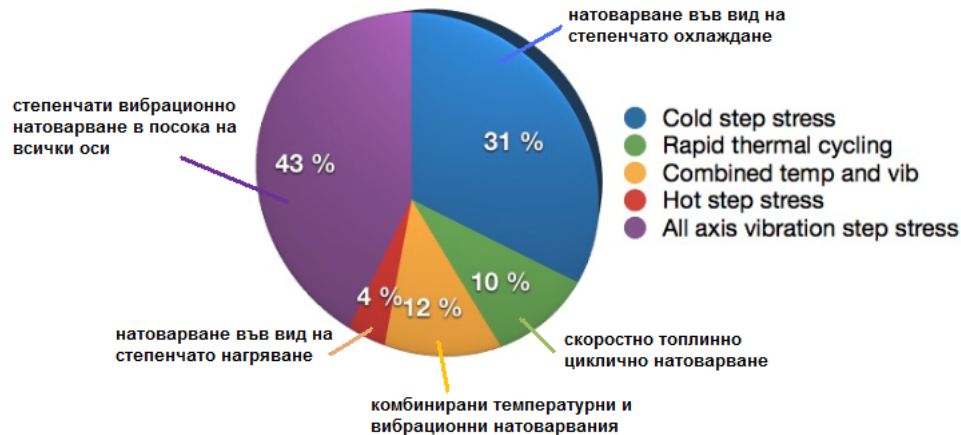
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

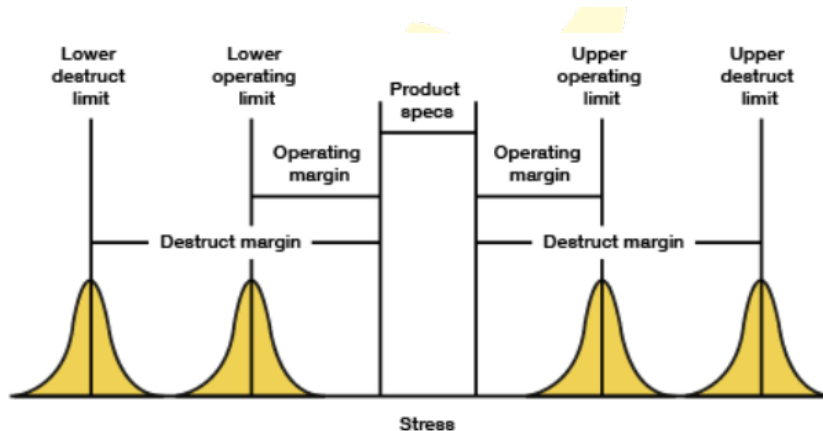
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Разпределение на откривани при проектиране дефекти с HALT технология, според вида на тестовото изпитване



Камера за провеждане на HALT & HASS



Lower destructive limit - долен предел на разрушение
 Lower operating limit - долен предел на експлоатация
 Operating margin - граница на работен режим
 Upper operating limit - горен предел на експлоатация
 Upper destructive limit - горен предел на разрушение
 Destructive margin - граница на разрушение
 Stress - натоварване

Граници на работни режими и граници на разрушение



Провеждане на HALT-изпитване



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Ускорено изпитване High Temperature Operating Test-HTOL (burn-in)

- ✓ Стандартните HTOL изпитвания не трябва да се използват за прогнозиране на интензивността на отказите, защото дават ниска оценка (множество механизми на откази и ограничение за нулеви откази)
- ✓ В производствената практика времето на живот на ИС (и електронните компоненти) се определя по резултатите от статичната или динамичната електро-темотренировка, като най широко се разпространени два варианта:
 - при пределни електрически натоварвания (обикновено 30% от номиналното) и пределна температура (125√150°C), при време на изпитване в цяло не повече от 1000 ч.(HTOL, метод 1005, 1006 по MIL-STD 883C) ;
 - при температури, физически допустими от конструкцията на ИС (200√300°C), с продължителност 48√100 ч. и повече (максимално 1000 или 4000 ч.), - високотемпературно стареене.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд