

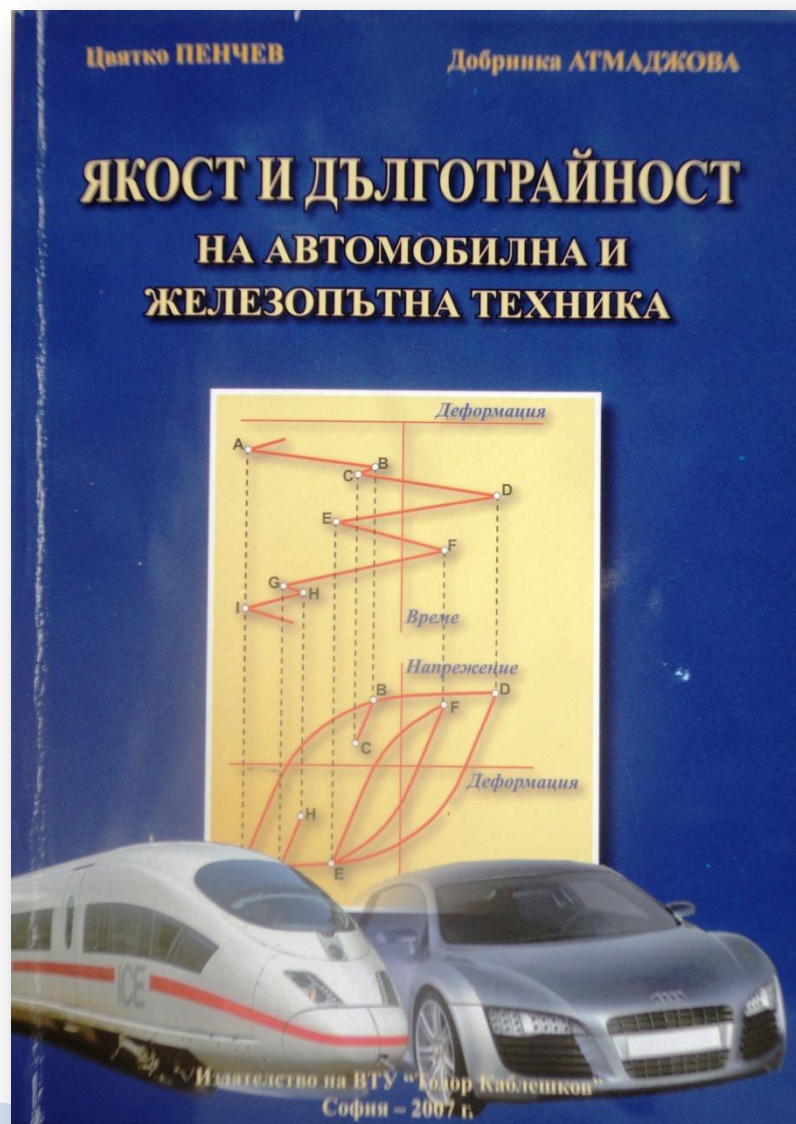


ВИСШЕ ТРАНСПОРТНО УЧИЛИЩЕ "ТОДОР КАБЛЕШКОВ"

ЯКОСТ И ДЪЛГОТРАЙНОСТ НА АВТОМОБИЛНА И ЖЕЛЕЗОПЪТНА ТЕХНИКА

РЪКОВОДСТВО ЗА УПРАЖНЕНИЯ

Ръководител: гл. ас. д-р инж. Васко Николов





ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

- ▶ **Якост** – способността на материалите и изделията (конструкциите) да се съпротивляват на външни въздействия (стремящи се да ги разрушат или деформират недопустимо).
- ▶ **Дълготрайност (ресурс)** – способността на материалите и изделията да изпълняват своите функции в продължение на определен срок (определен от живота на изделието, интервалите между ремонтите, техническите ревизии и др.).

ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

- ▶ Дълготрайността (ресурсът) е по-широкообхватно понятие от якостта в обикновения смисъл и включва:
 - Якостта предимно при циклични натоварвания (и то при голям брой цикли) или, както се нарича, **якост на умора** или **уморна якост**, а самият процес – **умора**;
 - **Износването** на детайлите, което за някои изделия, като двигатели с вътрешно горене, зъбни редуктори и др., е определящо за ресурса;
 - **Корозията**, проявяваща се както в най-обикновения си вид, така и като фретинг-корозия, която е непосредствено свързана с напрегнатото състояние на материалите и особено характерна за някои високоотговорни елементи от ходовата част на транспортната техника;
 - **Стареенето, пълзенето** и др., характерни главно за синтетичните материали.

ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

- ▶ Уморната якост на реалните детайли, работещи в реални експлоатационни условия, се различава значително от уморната якост на материала им, определена чрез изпитване на стандартни образци в лабораторни условия. Това се обяснява с влиянието на различни фактори върху уморната якост на реалните детайли, което е разнопосочно, т.е. в едни случаи това влияние води до нейното увеличаване, а в други – до намаляването ѝ.
- ▶ На практика оценката се извършва с т.нар. **обобщен коефициент (фактор) на влияние**. Неговият резултатен ефект се свежда до намаляване на уморната якост на реалните детайли в сравнение с тези на материала им.
- ▶ **Обобщеният коефициент на влияние $K_{\sigma D}$** представлява отношението на границата на умора на материала σ_{-1} , определена чрез изпитване на стандартни пробни тела в лабораторни условия, към границата на умора на реалния детайл σ_{-1D} , работещ в реални експлоатационни условия.

(2.1)

$$K_{\sigma D} = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{-1D}}$$

ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

- ▶ Обобщеният коефициент $K_{\sigma D}$ отчита влиянието на отделните фактори, оценявани с т.нар. частични коефициенти и се получава чрез взаимното им умножаване.

$$(2.21) \quad K_{\sigma D} = \frac{K_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma} \cdot \varepsilon_{гр} \cdot k_{\alpha} \cdot k_{\phi} \cdot \beta_{то} \cdot \beta_{у} \cdot [\varepsilon_{кор}] \cdot [\varepsilon_{т}]}$$



ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

За изчисляване на уморната якост се използват два подхода:

- ▶ **Детерминистичен** – характеристиките на натоварването и съпротивляемостта на материалите срещу уморно разрушаване се разглеждат като напълно определени величини с пренебрегване на случайните им отклонения.
- ▶ Този подход е по-опростен и дава добри резултати при напрежения с постоянен (установен) характер на изменение, при който параметрите на цикъла (σ_a , σ_m и др.) практически не се изменят във времето.
- ▶ **Вероятностен** – характеристиките на факторите от двете групи (натоварване и съпротивляемост) се разглеждат като случайни величини и функции или като закономерно изменящи се от нестатичен тип.
- ▶ Прилагането му е целесъобразно когато изменението на напреженията не е закономерно, а се подчинява на вероятностните закони. Най-типични случаи за проявление на напреженията като случайни величини са сухопътните транспортни средства - автомобили, локомотиви, вагони, кари, както и товароподемните съоръжения, земеделските и строителните машини.
- ▶ Този подход намира все по-широко приложение поради повишените изисквания към надеждността.
- ▶ Приложението му се ограничава от изискването за наличие на голям обем информация, която в преобладаващата си част може да се получи само по експериментален път.



ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

- ▶ Основни характеристики на случайните натоварвания:
 - **Регулярно натоварване** – характеризира се с периодичен закон на изменение с един максимум и един минимум в течение на един период при постоянни параметри на цикъла.
 - **Нерегулярно натоварване** – това, което не удовлетворява горните изисквания. Сухопътните транспортни средства се характеризират изключително с такива натоварвания, които носят случаен характер.



ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

- ▶ Схематизация на натоварванията
 - **Схематизация** – привеждане на натоварванията (напреженията) към еквивалентни на тях регулярни натоварвания с класически периодичен закон на изменение с един максимум и един минимум в течение на един период при постоянни параметри на цикъла за цялото време на изпитването или експлоатацията, както и за по-къси интервали.
 - **Целта на схематизацията** е създаване на възможност за прилагане на известните зависимости за изчисляване на уморна якост.



ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

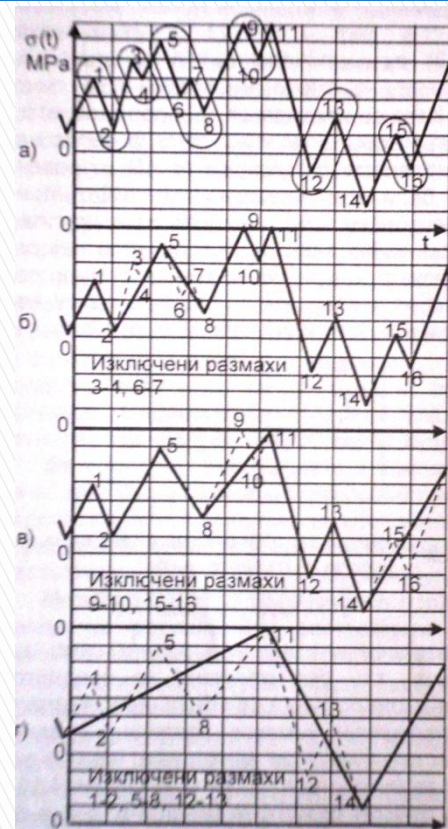
- ▶ Методи на схематизация:
 - Метод на максимумите;
 - Метод на минимумите;
 - Метод на екстремумите;
 - Метод на размаха;
 - Метод на пълните цикли;
 - Метод на „дъжда“.

ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

Метод на пълните цикли

Правила за прилагане:

1. Всеки размах заедно с неговата хоризонтална проекция върху следващия съседен по-голям размах образува пълен цикъл с амплитуда, равна на половината от по-малкия размах;
2. След като даден размах (респ. цикъл) е отчетен (записан), той се изключва от по-нататъшно разглеждане, т.е. съответният отсек от записа се трансформира, като екстремумите се премахват;
3. С цел да бъдат обхванати всички възможни цикли, имащи най-различни по големина и честота амплитуди, тяхното отчитане се извършва по правило в последователни ходове, започвайки от най-малкия размах и с постепенно увеличаване завършвайки с най-големия.

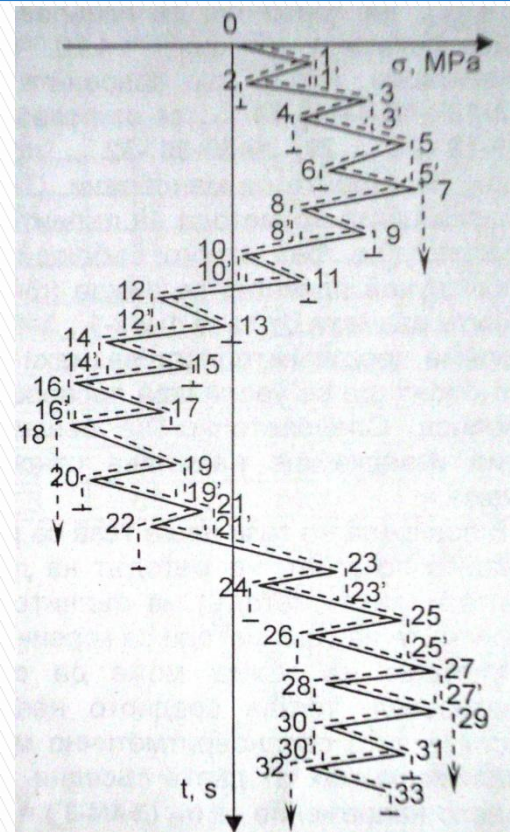


ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

Метод на „дъжда“

Правила за прилагане:

1. Във всеки екстремум от вътрешната му страна (острият ъгъл) се заражда струя (поток), която се „стича“ по наклонените части на покрива и „скача“ (във вид на водопад) от някои екстремуми, като може да прекрати движението си, да се прекъсне съгласно настоящите правила;
2. По всяка част от покрива непременно тече струя и то само една, зародена от един източник;
3. Всяка струя, зародена в минимум, прекратява движението си щом застане срещу по-малък минимум от този на зараждането ѝ. Аналогично, всяка струя, зародена в максимум, прекратява движението си щом застане срещу по-голям максимум от този на зараждането ѝ.
4. Всяка струя прекратява движението си щом срещне по пътя си друга струя, която се е зародила по-рано и пада от по-висок „покрив“;
5. Проекцията върху оста σ на всяка струя, определена по горните правила се отчита като размах (полуцикъл). Два съседни размаха – низходящ и възходящ – образуват пълен цикъл и се отчитат директно като цикъл. Размахите, които не образуват непосредствено двойки, се отчитат първоначално като полуцикли, които впоследствие се обединяват в цикли.





ЗАДАЧА

- ▶ Дадена е осцилограма на напреженията на точка от конструкцията със следните параметри:
 - $V=120$ km/h;
 - $t=10$ s;
 - $l=0.333$ km;
 - $\alpha=1$;
 - $K_\sigma=2$;
 - $\sigma_B=600$ МПа;
 - $\sigma_S=375$ МПа;
 - $\Psi_{\sigma D}=0.1$;
 - $m=9$;
 - d = (в зависимост от конкретното задание);
 - $N_B=10^7$ бр. цикли;
 - Детайлът е изработен от конструктивна въглеродна стомана, като повърхността му е шлайфана.
- ▶ Отчитането и обработката на резултатите от осцилограмата да се извърши по метода на пълните цикли (метода на „дъжда“).
- ▶ Да се определи очакваният максимален пробег (ресурс) L на детайла.

РЕШЕНИЕ НА ЗАДАЧАТА

- ▶ Решение по метода на пълните цикли:
 - Отчитат се стойностите на действащите напрежения във всеки цикъл;
 - Отделните размахи и цикли се въвеждат съгласно приложените по-горе правила;
 - Нанасят се в приложената таблица;
 - Изчисляват се отделните стойности съгласно означенията в таблицата;
 - Пресмята се крайната стойност на повреждаемостта $\Sigma W_i = n_i \cdot \sigma_i^m$.

ход (стъпка)	отчетен размах, респ. пълен цикъл			стойност (за средата на класа)	амплитуда на цикъла σ_a , МПа	средно напрежение σ_m , МПа $\sigma_m = \frac{(\sigma_A + \sigma_B)}{2}$	редуцирано напрежение σ_{-1p} , МПа $\sigma_{-1p} = \sigma_{aP} + \psi_{cD} \sigma_{mD}$	повреждаемост W $W_i = n_i \cdot \sigma_i^m$
	означение	екстремуми за съответния размах						
		максимум	минимум					

РЕШЕНИЕ НА ЗАДАЧАТА

- ▶ Решение по метода на „дъжда“:
 - Отчитат се стойностите на действащите напрежения във всеки цикъл;
 - Отделните размахи и цикли се въвеждат съгласно приложените по-горе правила;
 - Нанасят се в приложената таблица;
 - Изчисляват се отделните стойности съгласно означенията в таблицата;
 - Пресмята се крайната стойност на повреждаемостта $\Sigma W_i = n_i \cdot \sigma_i^m$.

№	означение на размаха: сдвоен размах (сд. P.), единичен размах (p)	стойност на размаха 2σ, МПа	напрежение, МПа			повреждаемост W _i
(i=)			амплитудна стойност σ _a	средна стойност σ _m $\sigma_m = \frac{(\sigma_A + \sigma_B)}{2}$	редуцирана стойност към симетричен цикъл $\sigma = \sigma_a + \psi_{\sigma D} \sigma_m$	W _i = n _i · σ _i ^m

РЕШЕНИЕ НА ЗАДАЧАТА

- ▶ След като е разчетена осцилограмата по единия от двата метода, се пристъпва към намирането на търсения параметър: **очакваният максимален пробег (ресурс)** на изделието.
- ▶ Това става по следната формула:

$$(3.60) \quad L = \frac{a \cdot N_B \cdot l \cdot \sigma_{-1D}^m}{\lambda^m \left[\sum_{\sigma_i > \sigma_{-1D}/\lambda}^{\max \sigma_i} \sigma_i^m \right]}$$



РЕШЕНИЕ НА ЗАДАЧАТА

- ▶ В горната формула:
 - $a = n_1/N_1$ – дадено по условие;
 - N_B – базов брой цикли – дадено по условие;
 - l – дължина на изпитвателния участък – дадено по условие;
 - m – степенен показател – дадено по условие;
 - σ_{1D} – граница на умора на конкретното изделие;
 - λ – коефициент на сигурност (стр. 152);
 - n_i – брой цикли, на които е подложено изделието по време на изпитването;
 - σ_i – напрежение, действащо върху изделието в даден определен момент.

РЕШЕНИЕ НА ЗАДАЧАТА

- ▶ Намиране на границата на умора за конкретното изделие σ_{-1D} :

$$(2.1) \quad \sigma_{-1D} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D}}$$

- ▶ Където:
 - σ_{-1} – граница на умора на материала на изделието;
 - $K_{\sigma D}$ – обобщен коефициент на влияние.

РЕШЕНИЕ НА ЗАДАЧАТА

- ▶ Границата на умора може да се намери по следната зависимост:

$$\sigma_{-1} = (0.2 \div 0.3) \sigma_B \left(1 + \frac{\sigma_S}{\sigma_B} \right) [2]$$

- ▶ Където:
 - σ_B – якост на материала – дадено по условие;
 - σ_S – граница на провлачване на материала – дадено по условие.

РЕШЕНИЕ НА ЗАДАЧАТА

- ▶ а обобщеният коефициент на влияние – по зависимостта:

$$(2.21) \quad K_{\sigma D} = \frac{K_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma} \cdot \varepsilon_{\text{гр.}}}$$

- ▶ Където:
 - K_{σ} – коефициент на концентрация на напреженията – даден по условие;
 - ε_{σ} – мащабен коефициент (фиг. 2.2а);
 - $\varepsilon_{\text{гр.}}$ – коефициент на грапавост (фиг. 2.23).



ОФОРМЯНЕ НА ЗАДАЧАТА

- ▶ След решаване на задачата, цялото решение се оформя във вид на протокол в следната форма:



КУРСОВА ЗАДАЧА

по дисциплината „Якост и дълготрайност на автомобилна и железопътна техника“

Име: група: фак. №:

ЗАДАНИЕ:

Да се определи очакваният максимален пробег (ресурс) L на детайла по дадената осцилограма и следните изходни данни:

$V=120$ km/h

$t=10$ s

$l=0,333$ km

$\psi_{ad}=0,1$

$K_d=2$

$N_d=10^7$ обр. цикли

$a=1$

$m=9$

$d^m=.....$ mm

$\sigma_d=600$ MPa

$\sigma_s=350$ MPa

Детайлът е изработен от конструктивна въглеродна стомана, като повърхността му е шлифвана.

Отчитането и обработката на резултатите от осцилограмата да се извърши по метода на

Към протокола да се приложи зададената осцилограма.

РЕШЕНИЕ:

Съставил:.....
(.....)

Ръководител:.....
(гл. ас. д-р инж. В. Николов)



Забележка:

- ▶ Всички означения на формули, фигури и др. са същите както в [1].



Литература:

1. **Пенчев, Ц., Д. Атмаджова.** Якост и дълготрайност на автомобилна и железопътна техника, ВТУ „Тодор Каблешков“, С. 2007.
2. **Орлов, П.И.** Основы конструирования. Книга 1, М., Машиностроение, 1977.