<u>8. lekce</u>

Ráz

Obsah:

8.1 – Dynamický součinitel

Rázový jev vzniká při náhlé změně rychlosti dotýkajících se těles, soustav nebo jiných částí.

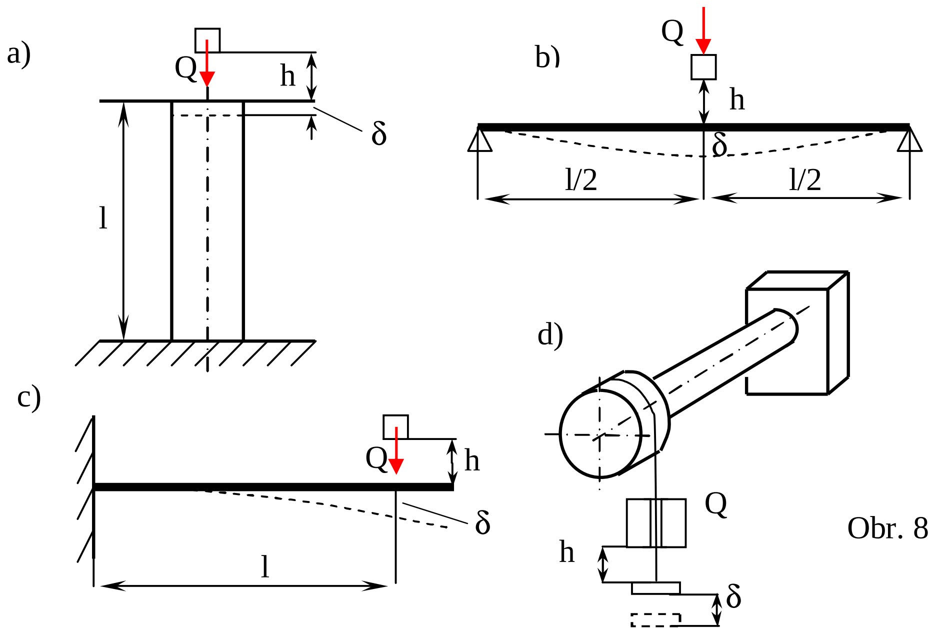
Ukažme si dále inženýrské řešení jednoduchých případů nárazu pohybujícího se tělesa (**<u>narážející těleso</u>**) na nepohybující se těleso nebo soustavu (**<u>narážené těleso</u>**). Při řešení uvažujme následující zjednodušující předpoklady:

1. Narážející těleso je absolutně tuhé.
2. Narážející těleso má jeden stupeň volnosti a jeho zobecněné posuvy jsou úměrné odpovídajícím silovým účinkům při statickém a dynamickém působení.
3. Ráz je nepružný, takže při něm nedochází k oddálení narážejícího a naráženého tělesa, avšak všechny deformace naráženého tělesa jsou přitom pružné.
4. Charakter deformace naráženého tělesa je stejný jako při statickém zatížení odpovídajícím silovým účinkem, působícím v místě nárazu a ve směru rázu.
5. Rychlost naráženého tělesa je malá v porovnání s rychlostí šíření rázových vln v materiálu a doba rázu je podstatně delší než doba rozšíření rázových vln po celém objemu naráženého tělesa.
6. Za uvedených předpokladů je možno přibližně určit dynamické síly F_{dyn}, napětí s_{dyn} a posuvy d_{dyn} v naráženém tělese ze vztahů

$$\left.\begin{aligned} F_{dyn} &= k_{dyn} F_{st} \\ s_{dyn} &= k_{dyn} s_{st} \\ d_{dyn} &= k_{dyn} d_{st} \end{aligned}\right\} , \qquad (8.1)$$

kde F, s a d se určí při statickém působení silového účinku na narážené těleso, a to v místě nárazu a ve směru rázu; „k_{dyn}“ je bezrozměrný dynamický součinitel.

Pohybuje-li se narážející těleso o tíze Q při střetnutí s naráženým tělesem o tíze Q_0 (viz obr.8.1) rychlosti v_o ve směru zemské tíže a vyvolává přitom v elementech naráženého tělesa posuvy, lze dynamický součinitel k_{dyn} určit následujícím postupem.



Obr. 8.1

Uvažme soustavy těles, které jsou uvedeny na obr 8.1. Tyto konstrukce jsou zatíženy závažím Q padajícím z výše h.

Předpokládejme, že lze zanedbat ve výpočtu hmotnost naráženého tělesa.

Označme d_{dyn} maximální posuv zkoumaného systému ve směru zatížení Q. V okamžiku, kdy deformace konstrukce dosáhne svého maxima, veškerá potenciální energie závaží je akumulována v naráženém tělese. Tj.

$$Q \cdot \left(h + d_{dyn}\right) = U \quad , \tag{8.2}$$

kde U je deformační energie akumulovaná v naráženém tělese. Prostřednictvím vztahů 8.1 lze psát:

$$U = \frac{1}{2} Q_{dyn} \cdot d_{dyn} = \frac{1}{2} k_{dyn} \cdot Q \cdot k_{dyn} \cdot d_{st} = \frac{1}{2} k_{dyn}^2 \cdot Q \cdot d_{st} \quad . \tag{8.3}$$

Dosazením předchozího vztahu do rovnice 8.2 pak po úpravě dostaneme:

$$k_{dyn}^2 - 2k_{dyn} - 2\frac{h}{d_{st}} = 0 \quad .$$

Odtud obdržíme výraz pro dynamický součinitel k_{dyn} pro úlohy obdobné úlohám uvedeným na obr. 8.1. Tj.

$$k_{dyn} = 1 + \sqrt{1 + 2\frac{h}{d_{st}}} \quad . \tag{8.4}$$

Při volném pádu závaží Q z výšky h je dopadová rychlost dána vztahem

$$v = \sqrt{2\,g\,h} \quad ,$$

kde g je gravitační zrychlení. Odtud

$$2h = \frac{v^2}{g} \quad .$$

Po dosazení do vztahu 8.4 obdržíme

$$k_{dyn} = 1 + \sqrt{1 + \frac{v^2}{g \cdot d_{st}}} \quad . \tag{8.5}$$

Pád z nulové výšky

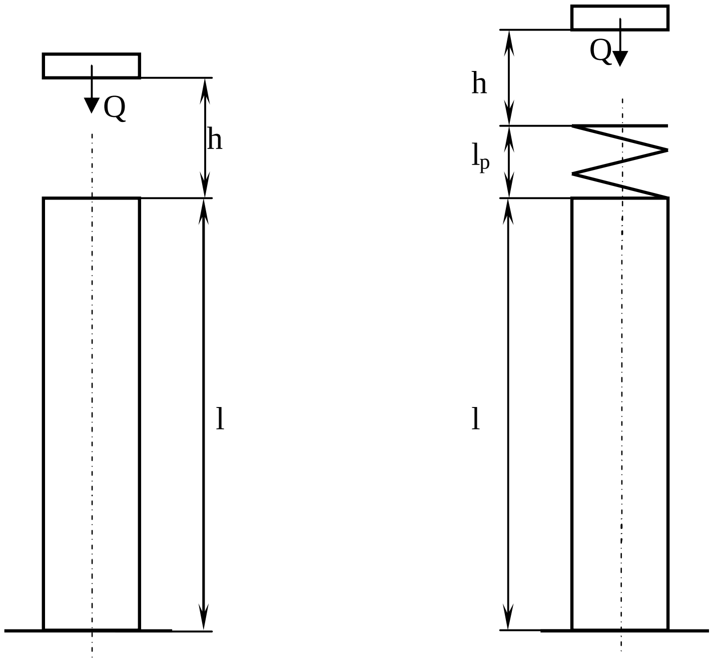
V případě $h=0$ je podle vztahu (8.4) dynamický koeficient

$$k_{dyn} = 1 + \sqrt{1+0} = 2 \,.$$

Je patrné, že při náhlém přiložení zatížení je napjatost dvojnásobná ve srovnání s napjatostí při pomalém přiložení zatížení.

8.2 – Podélný ráz závaží na tyč

Uvažme tyč délky l a konstantního průřezu o ploše S (viz obr 8.2a). Závaží Q nechť padá na tyč z výšky h.



a) b) Obr 8.2

Deformace tyče délky l je při statickém zatížení závažím Q dána vztahem

$$d_{st} = \frac{Q \cdot l}{E \cdot S} \,,$$

kde E je modul pružnosti materiálu tyče. Dynamický koeficient je pak roven

$$k_{dyn} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2hES}{Ql}} \,.$$

Maximální napětí při rázu je

$$s_{\max} = -k_{dyn} \cdot s_{st} = -\frac{Q}{S}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{2hES}{Ql}}\right) .$$

Maximální poměrná deformace při rázu je

$$e_{max} = \frac{s_{max}}{E} = -\frac{Q}{E\,S}\left(1+\sqrt{1+\frac{2\,h\,E\,S}{Q\,l}}\right).$$

<u>Pro zmenšení zatížení</u> tyče při dopadu závaží se vkládá ***<u>mezi závaží a tyč pružina o poddajnosti</u>*** „*c*“ (viz obr 8.2b).

Uvažme hustě vinutou pružinu. Pak poddajnost této pružiny je:

$$c = \frac{8\,D^3\,n}{G\,d^4},$$

kde D je průměr pružiny,

d je průměr drátu,

n je počet závitů,

G je modul pružnosti ve smyku drátu pružiny.

Deformace pružiny při statickém zatížení závažím je

$$d_{P\_st} = c \cdot Q = \frac{8D^3 \cdot n}{G \cdot d^4} \cdot Q\;.$$

Celková deformace při pozvolném zatížení závažím Q je dána vztahem

$$d_{Celk\_st} = Q\left(\frac{8\,D^3\,n}{G\,d^4} + \frac{l}{E\,S}\right).$$

Dynamický součinitel je

$$k_{dyn} = 1+\sqrt{1+\frac{2\,h}{Q\left(\frac{8\,D^3\,n}{G\,d^4}+\frac{l}{E\,S}\right)}}\;.$$

Z předchozího vztahu je patrné, že účinek pružiny snižuje významně dynamický součinitel a tedy i napětí a deformace tyče.

8.3 – Tenzometrický snímač rázových dějů

Měření rázových jevů je zcela specifickým typem dynamických zkoušek.

Tento typ měření se vyskytuje při výzkumu šíření rychlých trhlin, pochodů při dynamickém tváření, při vývoji automobilů apod. Pro všechny rázové jevy je charakteristická krátká doba trvání, neopakovatelnost sledovaného jevu a obsah vysokých frekvencí ve snímaném signálu. Tomu musí být přizpůsobeny metody snímání a registrace rázových jevů. Je nutné, aby použité snímače měly dobré frekvenční vlastnosti, tj. co nejvyšší vlastní rezonanční frekvenci a co nejnižší minimální přenášenou frekvenci.