

Laboratorní práce

Jak závisí nosnost trámu na jeho rozměrech

Dřevěný trám má délku l , šířku a a výšku b . Je určité zcela jasné, že delší trám se bude při stejném zatížení prohýbat více než kratší trám o stejné šířce a výšce.

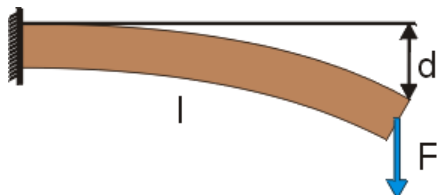
Jak ale závisí velikost prohnutí na poměru šířky a výšky? Závislost průhybu trámu na jeho délce šířce a výšce odvodíme pomocí pokusů se špejlí – která bude představovat trám.

Abychom dokázali spočítat, jak hodně se trám při zatížení prohne, potřebujeme znát veličinu, popisující "ohebnost" materiálu trámu. Takovou veličinou je pro malé hodnoty prohnutí modul pružnosti E . Hodnotu modulu pružnosti dřeva lze najít v tabulkách, často zde však najdeme pouze řádové hodnoty. Modul pružnosti dřeva totiž závisí nejen na druhu dřeva, ale může se také lišit podle toho, jak je dané dřevo rostlé, nakolik je vyschlé apod.

Pro modul pružnosti dřeva platí vztah:
$$E = \frac{2Fl^3}{3pR^4d}$$

kde R je poloměr, l je délka špejle, d je prohnutí špejle a F je silové zatížení (prostřednictvím závaží).

Špejli přidržíme pevně na stole a volný konec o délce l zatěžujeme (vhodným závažím) silou F . Zatížení volíme tak, aby prohnutí d , které měříme na konci špejle, nebylo příliš velké. Měření opakujeme pro různé hodnoty délky l ohýbané části špejle a pro různá zatížení F , spočítáme jednotlivé hodnoty modulu pružnosti E a nakonec určíme jejich aritmetický průměr.



(více na <http://fyzweb.cuni.cz/dilna/spejle/spejle.htm>)

Pomůcky:

několik špejlí, nit, nebo rybářský vlasec, sekundové lepidlo, posuvné měřítko, závaží, pravítko, siloměr

Úkol č.1

Určete modul pružnosti dřevěné špejle

Postup:

1. Špejli o poloměru R přidržíme pevně na stole a volný konec o délce l zatěžujeme (vhodným závažím) silou F . (Zatížení volíme tak, aby prohnutí d , které měříme na konci špejle, nebylo příliš velké.)
2. Změříme hodnotu prohnutí d .

- Měření opakujeme pro různé zatížení a pro různé délky volné špejle
- Měření vynášíme do tabulky
- Spočítáme jednotlivé hodnoty modulu pružnosti E a nakonec určíme jejich aritmetický průměr

Vlastní měření:

$R =$

$$E = \frac{2Fl^3}{3pR^4 d}$$

| č. m. | $\frac{l}{\text{mm}}$ | $\frac{d}{\text{mm}}$ | $\frac{F}{\text{N}}$ | $\frac{E}{\text{Pa}}$ |
|-------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

$E =$

Úkol č.2

Určete jak závisí průhyb trámu na jeho délce a šířce.

- Špejli přidržíme pevně na stole a změříme její volný konec l .
- Konec špejle ohýbáme působením síly F pomocí siloměru a měříme prohnutí d . (Velikost působící síly volíme například tak, aby se špejle na konci ohnula například o 1 cm.)
- Do tabulky zaznamenáváme hodnoty působící síly F pro různé délky l
- Hodnoty F pro různá d vyneseme do grafu a zaznamenáme tak závislost síly potřebné k určitému prohnutí špejle na její délce
- Slepíme, nebo svážeme 2-3 špejle dohromady po celé délce
- Měření opakujeme pro špejle položené vedle sebe

7. Měření opakujeme pro špejle položené na sobě
8. Hodnoty opět vyneseme do stejného grafu a grafy porovnáme

Vlastní měření

jedna špejle

| č. m. | $\frac{l}{\text{mm}}$ | $\frac{d}{\text{mm}}$ | $\frac{F}{\text{N}}$ |
|-------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

více špejlí „naležato“

| $\frac{l}{\text{mm}}$ | $\frac{d}{\text{mm}}$ | $\frac{F}{\text{N}}$ |
|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

více špejlí „nastojato“

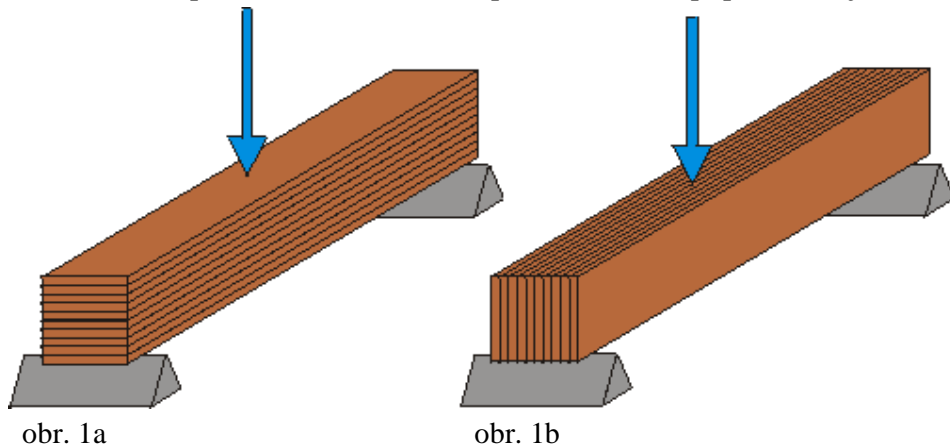
| $\frac{l}{\text{mm}}$ | $\frac{d}{\text{mm}}$ | $\frac{F}{\text{N}}$ |
|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Graf

Závěr:

Doplňující úlohy

- 1) Uvažujte, že máte deset dřevěných prken například 5 m dlouhých, 20 cm širokých a 2 cm silných. Jejich poskládáním na sebe tedy dostanete trám o stejné šířce i výšce 20 cm. Takový trám můžete položit na dvě podpěry buď tak, že prkna budou ležet na sobě, viz obr. 1a, nebo tak, že jednotlivá prkna budou nastojata, jako na obr. 1b (prkna přitom můžeme stáhnout k sobě například provazem, aby se nekácela). Ve kterém z těchto dvou případů se při stejném zatížení trám prohne více? Nebo bude prohnutí v obou případech stejné?



- 2) Druhý problém se týká běžně užívaných ocelových nosníků s průřezem ve tvaru písmene I, do kterých se například usazují cihlové stropy budov. Výška takového nosníku bývá obvykle větší než jeho šířka. Uvažujme však, že šířka a výška nosníku jsou jako v předchozím problému stejné. Bude se takový zatížený nosník prohýbat více pokud ho uložíme ve tvaru písmene I, viz obr. 2a, nebo ve tvaru písmene H, viz obr. 2b?

