Restituce:

Po vyčtení z videa:

https://www.quora.com/What-is-the-maximum-height-of-an-object-thrown-vertically-upward
https://en.wikipedia.org/wiki/Coefficient_of_restitution

$$ h_0 = \frac{v_0^2}{2g} \ v_0 = \sqrt{2h_0g} \ \ \

h_1 = \frac{v_1^2}{2g} \ v_1 = \sqrt{2h_1g} \ \ \

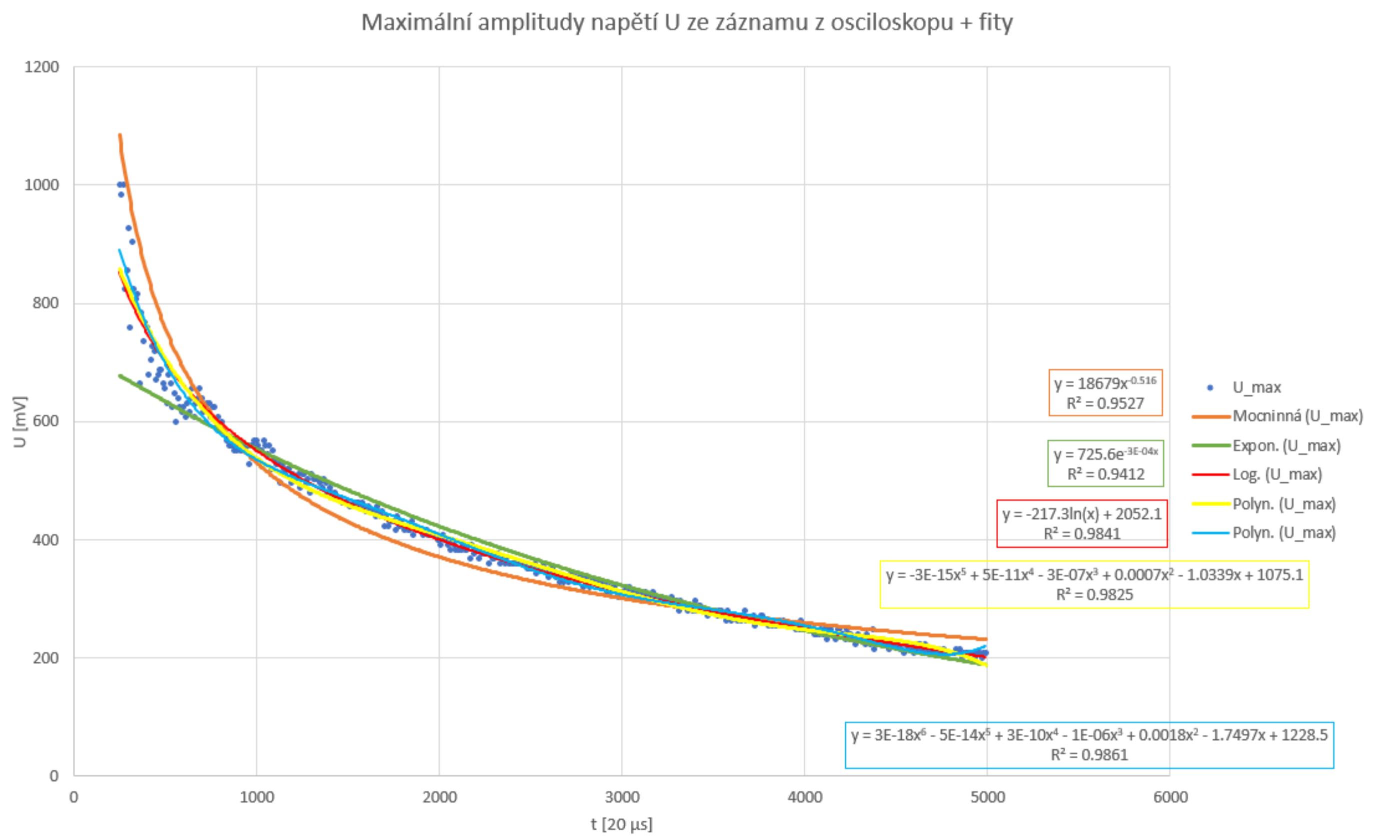
e = \frac{v_1}{v_0} = \sqrt{\frac{2h_1g}{2h_0g}} = \sqrt{\frac{h_1}{h_0}} = (0.715 \pm 0.00639) $$

Hodnotu mám, odchylku asi spíše ignorujte.

Q faktor:

Nejdříve jsme data z osciloskopu obrátili absolutní hodnotou a vybrali lokální maxima (každých 10 samplů jsme vybrali maximum z 10 následujích samplů). Tím jsme získali přibližný průběh maximální amplitudy v čase. Z toho jsme našli poločas. https://en.wikipedia.org/wiki/Q_factor

$$ Q = 2\pi \cdot \frac{\text{energy stored}}{\text{energy dissipated}} \ \ \ E \propto y^2 \propto U^2 \ \ \ $$



Možnost 1:

Z poločasu získáme počet kmitů (n) na ztrátu poloviny amplitudy (3/4 energie). U Q_0 počítáme ztrátu energie jako **průměrnou** ztrátu energie za jedno periodu, což je vzhledem k nelineárnímu chování měření nepřesné.

$$ t_{half} = (920.0 \pm 20.0) \ samples = (0.0184 \pm 0.0004) \ s \ f_R = (15300.0 \pm 100.0) \ Hz \ n = f_R \cdot t_{half} = (281.52 \pm 7.96) \ \ \

Q_0 = 2\pi \cdot \frac{1^2}{(1^2 - \frac{1}{2}^2) \cdot \frac{1}{n}} = (2358.456 \pm 66.686) $$

Možnost 2:

Fitneme graf maxim nějakou funkcí, která cca odpovídá (taktika: vyzkoušíme všechny fity v excelu, vybereme si ten, co bajvoko vypadá nejlépe anebo má nejlepší R^2) (viz ferrite_15kHz_Q_REDUCED.xlsx). Já jsem si pro příklad vybral logaritmickou, protože se mi líbí, dosadil hodnoty pro $t=0$ a $t=\frac{1}{f_R}$ (kde nulu máme na samplu 250) a dopočítal Q_1:

$$ % U_{max}(t) \approx % 3\cdot10^{-18}x^6 % - 5\cdot10^{-14}x^5 % + 3\cdot10^{-10}x^4 % - 1\cdot10^{-6}x^3 \
% + 0.0018x^2 % - 1.7497x % + 1228.5 \ \ \ U_{max}(t) \approx = -217.3\ln(x) + 2052.1 \ \ \

U_0 = U_{max}(250 \text{ samples}) = 852.287 \ U_1 = U_{max}\Bigl(250 \text{ samples} + \frac{1}{f_R} \Bigr) = 849.464 \ \ \

Q_1 = 2\pi \cdot \frac{U_0^2}{U_0^2 - U_1^2} \approx 950.342 $$

Porovnání s ostatními fity: **(nevím, proč fity Poly5 a Poly6 na konci jdou úplně mimo??? možná nějaká excelovská magie se zaokrouhlováním???)**

	t_0	t_1 (t_0 + 1/f_R)	t_end		Q
	250	253.2679739	5000		
Mocninná	1081.48	1074.252071	230.508		471.946
Exp	669.46	668.8036883	161.011		3207.57
Log	852.287	849.464425	201.314		950.342
Poly 5	855.88	853.4763722	-2219.4	????	1120.28
Poly 6	889.074	885.7546855	-9395	????	843.101

Který z těchto výsledků byste tedy řekl, že je "správný"?

Buzení

Předpokládám, že $f_L = \frac{1}{2}f_R$, protože závislost elongace vs čas odpovídá velmi zhruba $|\sin(t)|$, kdežto střídavý proud odpovídá $\sin(t)$? Míra magnetostrikce je sice malá, ale díky vysoké jakosti Q se jednotlivé instance buzení nasčítají (až k mezi pevnosti feritu).

Kontakt kuličky

Podle https://en.wikipedia.org/wiki/Contact_mechanics :

$$ F = \frac{4}{3}E^*\sqrt{R} \cdot \sqrt{d^3} \

W = \int{F} ,dd = \frac{2}{5} \cdot \frac{4}{3}E^*\sqrt{R} \cdot \sqrt{d^5} $$

Pro kuličku s polohovou energií E_P:

$$ E_P = mgh \ E_P = W \ \ \ mgh = \frac{2}{5} \cdot \frac{4}{3}E^\sqrt{R} \cdot \sqrt{d^5} \ \ \ d = \frac{(\frac{5}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot mgh)^2}{{E^}^2 \cdot R} $$

Ve Vašem rozboru zmiňujete "lineární závislost" mezi d a R. Předpokládám, že myslíte právě toto. Jenom bych se chtěl ujistit, že zároveň myslíte lineární a nepřímou závislost/úměru? Z toho bychom mohli vypočítat nějakou mezní velikost kuličky, pro kterou by náš model fungoval?: Nebo jsem nepochopil užitečnost této informace?

Zároveň zmiňujete, že rychlost tyčky vyroste z 0% na 100% za čtvrtinu periody - to myslím, že odpovída, ale trochu mne to zarazilo, protože funkce $\sin{x}$ polovinu času roste, polovinu klesá. Stejně i derivace (což by mělo odpovídat rychlosti): $\frac{d}{dx} \sin{kx}=k\cos{kx}$. Nebylo by pro nás tedy důležitá polovina periody, jako doba, kdy je rychlost v kladném/záporném směru? I pro $|sin(x)|$, pokud máme frekvenci $f_R = 15.3kHz$, z které jste asi vypočítal $\frac{1}{4}\cdot\frac{1}{f_R} = 16\mu s$. Nebylo by tedy správně spíše: $\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{f_R} = \frac{1}{4}\cdot\frac{1}{f_L} = 32\mu s$?

Předpokládám, že dopočet času deformace jste provedl jesnoduše takto: $t = \frac{2d}{v}$ (dvojnásobek d, protože musíme započítat i deformaci, i opačné vrácení do původního stavu)?

Simulace a model

Zatím vše jasné, koeficient restituce už máme.

Maximální amplituda

Průměrná amplituda $|y_{max}\sin{x}|$:

$$ \overline{y} = \frac{ \int_a^b y_{max}|\sin{x}| dx }{b-a} = \frac{ \int_0^\pi y_{max}|\sin{x}| dx }{\pi-0} = \frac{2}{\pi} \cdot y_{max} $$

Síla v tahu působící na střed tyče kvůli kmitání **jedné poloviny**:

$$ F = m*a_0 \ a_0 = \omega^2 y_0 \ \ \ F_{max} = \frac{1}{2} \rho S l \cdot \omega^2 y_{max} \ \ \ \overline{F} = \frac{1}{2} \rho S l \cdot \omega^2 \overline{y} = \frac{1}{2} \rho S l \cdot \omega^2 \cdot \frac{2}{\pi} \cdot y_{max} = \rho S l \cdot \frac{\omega^2y_{max}}{\pi} $$

Ve vašem rozboru jste vypočítal maximální amplitudu pro mez pevnosti $\sigma_{max} = 40MPa$ jako $18 \mu m$. K tomuto výpočtu jsme se nakonec také dostal:

$$ F_{max} = S\sigma_{max} \ \overline{F} = \rho S l \cdot \frac{\omega^2y_{max}}{\pi} \ \ \

F_{max} = \overline{F} \ \text{vysvětlení pro toto je v textu níže} \ y_{max} = \pi \frac{\sigma_{max}}{l \rho \omega^2} $$

U čeho si nejsem jistý, je, proč započítáváme F_{max} pouze jednou? Nepůsobí na střed tyče stejnou silou i druhá polovina? Neměli bychom počítat y_{max} s $2F_{max} = S\sigma_{max}$?

Druhá věc, u které si nejsem jistý, je, jestli jste nezaměnil $\overline{F}$ a F_{max}? Ve výpočtu výše jsem je schválně zaměnil a získal jsem stejný výsledek, co Vy. Nebylo by tedy správně?:

$$ 2F_{max} = S\sigma_{max} \ 2\frac{1}{2} \rho S l \cdot \omega^2 y_{max} = S\sigma_{max} \ y_{max} = \frac{\sigma_{max}}{l \rho \omega^2} $$

Mez pevnosti

Místa roztržení tyče jsou mi jasné z vysvětlení ve škole. Obrázek do prezentace doplním 😃