

Teorie k výpočtům vlastních frekvencí kavit jednoduchých tvarů

Trubice na obou koncích otevřená

U varianty, při které jsou oba konce trubice otevřené (O – O) jsou na okrajích u všech akustických módů nulové akustické tlaky. Základní akustický mód (první tvar) má proto v kavitě pouze polovinu délky akustické vlny.

Pro tento případ proto platí vztah mezi délkou trubice a délkou akustické vlny ve tvaru:

$$L = \frac{\lambda}{2} = \frac{c}{2 \cdot f_1}$$

kde je: λ – délka akustické vlny
 L – délka kavity
 c – rychlost šíření zvuku ve vzduchu
 f_1 – první vlastní frekvence akustického módu

Základní vlastní frekvence podélných kmitů vzduchového sloupce lze poté vyjádřit ve tvaru:

$$f_1 = \frac{c}{2 \cdot L}$$

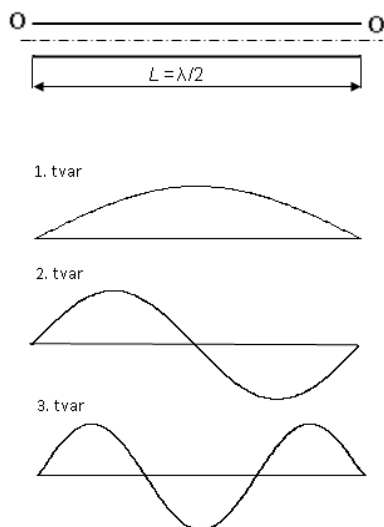
Druhá vlastní frekvenci pak odpovídá situaci $L = \lambda$ a lze ji vyjádřit ve tvaru:

$$f_2 = \frac{c}{L} = 2 \cdot f_1$$

Obecně pak pro každou další n – tou vlastní frekvenci ($n = 1, 2, 3, \dots$) platí vztah:

$$f_n = n \cdot f_1$$

Z těchto vztahů vyplývá, že vlastní frekvence kavity oboustranně otevřené trubice tvoří úplnou harmonickou řadu. Na obr. 1 jsou zobrazeny tvary příslušných akustických módů.



Obr. 1 Tvary příslušných akustických módů

Trubice na levém konci uzavřená, na pravém otevřená

U varianty kde je pravá strana trubice otevřená a levá strana uzavřená (**Z – O**) je situace taková, že na otevřeném konci je akustický tlak nulový a na uzavřeném konci je akustický tlak maximální.

Délce kavity pak odpovídá čtvrtina vlnové délky, takže pro tento případ platí vztah mezi délkou trubice a délkou akustické vlny ve tvaru:

$$L = \frac{\lambda}{4} = \frac{c}{4 \cdot f_1}$$

Základní vlastní frekvenci podélných kmitů vzduchového sloupce lze poté vyjádřit ve tvaru:

$$f_1 = \frac{c}{4 \cdot L}$$

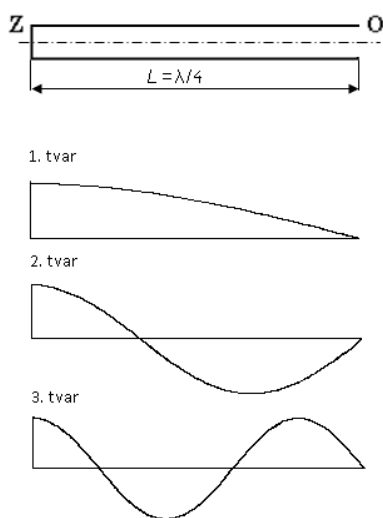
Druhou vlastní frekvenci můžeme vyjádřit ve tvaru:

$$f_2 = \frac{3 \cdot c}{4 \cdot L} = 3 \cdot f_1$$

Pro n – tý akustický mód proto platí:

$$f_n = n \cdot f_1 \quad \text{kde } n = 1, 3, 5, 7, \dots$$

Z těchto vztahů vyplývá, že u kavit s jedním koncem uzavřeným a druhým otevřeným se generují pouze liché násobky základní frekvence. Harmonická sekvence proto je tvořena pouze lichými složkami a neobsahuje sudé násobky základní frekvence. Na obr. 2 jsou zobrazeny tvary příslušných akustických módů.



Obr. 2 Tvary příslušných akustických módů

Trubice na obou koncích uzavřená

U varianty, při které jsou oba konce trubice uzavřené (**Z – Z**) jsou na okrajích u všech akustických módů maximální akustické tlaky.

Pro tento případ proto platí vztah mezi délkou trubice a délkou akustické vlny ve tvaru:

$$L = \frac{\lambda}{2} = \frac{c}{2 \cdot f_1}$$

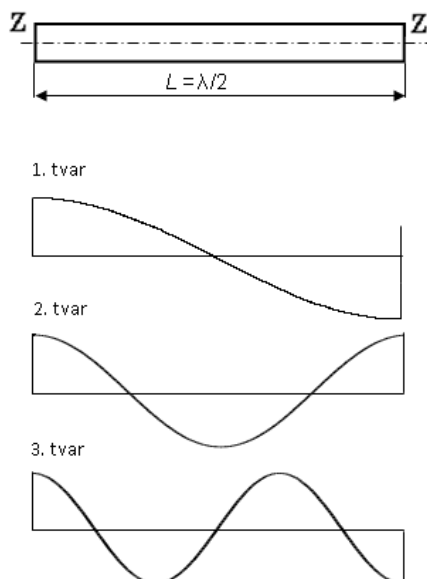
Základní vlastní frekvence podélných kmitů vzduchového sloupce lze poté vyjádřit ve tvaru:

$$f_1 = \frac{c}{2 \cdot L}$$

což je obdobný vztah jako pro trubici na obou koncích otevřenou. Proto na obou koncích uzavřená kavita generuje stejnou harmonickou sekvenci vlastních frekvencí podle vztahu pro ($n = 1, 2, 3, \dots$):

$$f_n = n \cdot f_1$$

Akustické módy u obou typů kavit se však liší v hodnotách akustických tlaků nebo amplitud kmitavých pohybů vzduchových částic. To má výrazný vliv na umístění a polohu případného buzení těchto kavit. Pokud chceme kavity budit akustickým tlakem je vhodné buzení umístit do oblasti maximálního akustického tlaku daného módu nikoliv do jeho uzlu. Na obr. 3 jsou zobrazeny tvary příslušných akustických módů.



Obr. 3 Tvary příslušných akustických módů

Kuželový tvar trubice

Pro kuželový tvar trubice s jedním koncem otevřeným odpovídá situaci, kdy délka trubice obsahuje znovu pouze polovinu akustického módu stejně jako u případů přímé oboustranně otevřené nebo oboustranně uzavřené kavity. Tím jsou i soubory vlastních frekvencí podélných kmitů vzduchového sloupce zastoupeny stejnou harmonickou řadou.

Pro tento případ proto platí vztah mezi délkou trubice a délkou akustické vlny ve tvaru:

$$L = \frac{\lambda}{2} = \frac{c}{2 \cdot f_1}$$

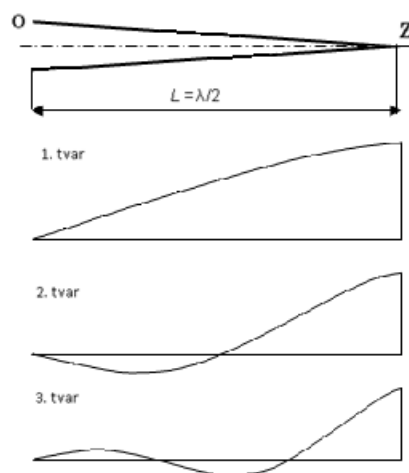
Základní vlastní frekvence podélných kmitů vzduchového sloupce lze poté vyjádřit ve tvaru:

$$f_1 = \frac{c}{2 \cdot L}$$

Harmonickou sekvenci vlastních frekvencí lze vyjádřit pro ($n = 1, 2, 3, \dots$) ve tvaru:

$$f_n = n \cdot f_1$$

Na obr. 4 jsou zobrazeny tvary příslušných akustických módů.



Obr. 4 Tvary příslušných akustických módů