

Obliczenia częstotliwości drgań własnych pomieszczenia

Częstotliwości własne pomieszczenia obliczamy na podstawie wzoru:

$$f = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{n}{l}\right)^2 + \left(\frac{m}{b}\right)^2 + \left(\frac{k}{h}\right)^2} \text{ Hz}$$

Na wykresie dla poszczególnych harmonicznych należy zastosować odpowiednią skalę:

1. dla składowych z 1-szą harmoniczną przyjęto wskaźnik : 1
2. dla składowych z 2 -gą harmoniczną przyjęto wskaźnik : 0,5
3. dla składowych z 3 -cią harmoniczną przyjęto wskaźnik : 0,25

Przykład obliczeń

1. Korzystamy ze wzoru powyżej, gdzie:

$$c = 340 \text{ m/s}$$

$$L = 11,6\text{m}$$

$$B = 6\text{m}$$

$$H = 3,2\text{m}$$

n, m, k – dowolne liczby całkowite 0, 1, 2, 3, ...

$$f = 170 \sqrt{\left(\frac{1}{11,7}\right)^2 + \left(\frac{0}{6}\right)^2 + \left(\frac{0}{3,2}\right)^2} \cong 14\text{Hz} \quad f = 170 \sqrt{\left(\frac{0}{11,7}\right)^2 + \left(\frac{1}{6}\right)^2 + \left(\frac{0}{3,2}\right)^2} \cong 28\text{Hz}$$

$$f = 170 \sqrt{\left(\frac{0}{11,7}\right)^2 + \left(\frac{0}{6}\right)^2 + \left(\frac{1}{3,2}\right)^2} \cong 53\text{Hz} \quad f = 170 \sqrt{\left(\frac{1}{11,7}\right)^2 + \left(\frac{1}{6}\right)^2 + \left(\frac{0}{3,2}\right)^2} \cong 32\text{Hz}$$

$$f = 170 \sqrt{\left(\frac{1}{11,7}\right)^2 + \left(\frac{0}{6}\right)^2 + \left(\frac{1}{3,2}\right)^2} \cong 55\text{Hz} \quad f = 170 \sqrt{\left(\frac{0}{11,7}\right)^2 + \left(\frac{1}{6}\right)^2 + \left(\frac{1}{3,2}\right)^2} \cong 60\text{Hz}$$

$$f = 170 \sqrt{\left(\frac{1}{11,7}\right)^2 + \left(\frac{1}{6}\right)^2 + \left(\frac{1}{3,2}\right)^2} \cong 62\text{Hz} \quad f = 170 \sqrt{\left(\frac{2}{11,7}\right)^2 + \left(\frac{0}{6}\right)^2 + \left(\frac{0}{3,2}\right)^2} \cong 29\text{Hz}$$

$$f = 170 \sqrt{\left(\frac{0}{11,7}\right)^2 + \left(\frac{2}{6}\right)^2 + \left(\frac{0}{3,2}\right)^2} \cong 19\text{Hz} \quad f = 170 \sqrt{\left(\frac{0}{11,7}\right)^2 + \left(\frac{0}{6}\right)^2 + \left(\frac{2}{3,2}\right)^2} \cong 106\text{Hz}$$

$$f = 170 \sqrt{\left(\frac{2}{11,7}\right)^2 + \left(\frac{2}{6}\right)^2 + \left(\frac{0}{3,2}\right)^2} \cong 64\text{Hz} \quad f = 170 \sqrt{\left(\frac{2}{11,7}\right)^2 + \left(\frac{0}{6}\right)^2 + \left(\frac{2}{3,2}\right)^2} \cong 110\text{Hz}$$

$$f = 170 \sqrt{\left(\frac{0}{11,7}\right)^2 + \left(\frac{2}{6}\right)^2 + \left(\frac{2}{3,2}\right)^2} \cong 120\text{Hz} \quad f = 170 \sqrt{\left(\frac{2}{11,7}\right)^2 + \left(\frac{2}{6}\right)^2 + \left(\frac{2}{3,2}\right)^2} \cong 124\text{Hz}$$

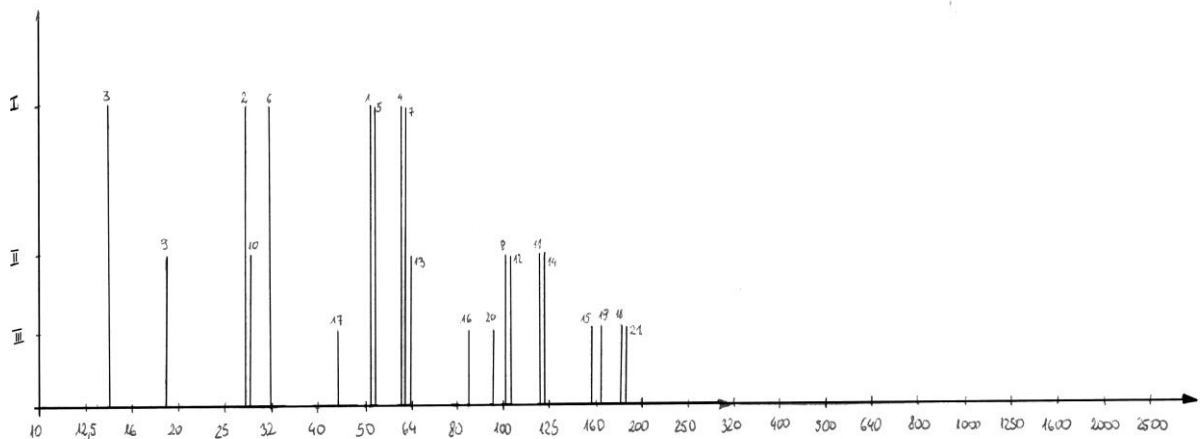
$$f = 170 \sqrt{\left(\frac{3}{11,7}\right)^2 + \left(\frac{0}{6}\right)^2 + \left(\frac{0}{3,2}\right)^2} \cong 44\text{Hz} \quad f = 170 \sqrt{\left(\frac{0}{11,7}\right)^2 + \left(\frac{3}{6}\right)^2 + \left(\frac{0}{3,2}\right)^2} \cong 85\text{Hz}$$

$$f = 170 \sqrt{\left(\frac{0}{11,7}\right)^2 + \left(\frac{0}{6}\right)^2 + \left(\frac{3}{3,2}\right)^2} \cong 159 \text{ Hz} \quad f = 170 \sqrt{\left(\frac{3}{11,7}\right)^2 + \left(\frac{3}{6}\right)^2 + \left(\frac{0}{3,2}\right)^2} \cong 96 \text{ Hz}$$

$$f = 170 \sqrt{\left(\frac{3}{11,7}\right)^2 + \left(\frac{0}{6}\right)^2 + \left(\frac{3}{3,2}\right)^2} \cong 165 \text{ Hz} \quad f = 170 \sqrt{\left(\frac{0}{11,7}\right)^2 + \left(\frac{3}{6}\right)^2 + \left(\frac{3}{3,2}\right)^2} \cong 181 \text{ Hz}$$

$$f = 170 \sqrt{\left(\frac{3}{11,7}\right)^2 + \left(\frac{3}{6}\right)^2 + \left(\frac{3}{3,2}\right)^2} \cong 186 \text{ Hz}$$

WYKRES



Obliczenia czasu pogłosu pomieszczenia

Obliczenia należy przeprowadzić dwukrotnie:

1. dla pomieszczenia w stanie surowym
 2. dla pomieszczenia w stanie wykończonym (użytkowym)
- a wyniki nanieść na wspólny wykres.

Przykład obliczeń zaczerpnięto z książki:

Zakrzewski T., Żuchowski R.: Kompendium akustyki architektonicznej wraz z przykładami metod obliczeniowych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2009, str. 188 - 192

Zadanie 4.20

Wymiary pomieszczenia wynoszą $20 \times 10 \times 4$ [m], ściany i sufit o powierzchni $S_1=380$ [m^2] pokryte są tynkiem na cegle, podłoga wyłożona parkietem na betonie o powierzchni $S_2=200$ [m^2], okna zwykle oszklone o powierzchni $S_3= 50$ m^2 , drzwi drewniane malowane o powierzchni $S_4=10$ [m^2]. W pomieszczeniu znajduje się 20 stołów i 10 krzeseł drewnianych oraz 40 pracowników. Wykorzystując dane tabeli Z.4.4, wyznaczyć charakterystykę chłonności akustycznej A_i , współczynnika pochłaniania dźwięku α_i oraz czasu pogłosu T_i w funkcji częstotliwości pasma oktawowego. Sporządzić wykresy graficzne.

Tabela Z.4.4

Materiał lub obiekt	Częstotliwość dźwięku w [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
Okna	0,035	0,025	0,018	0,012	0,01	0,008
Drzwi drewniane	0,09	0,08	0,08	0,09	0,10	0,10
Parkiet	0,03	0,04	0,06	0,09	0,10	0,17
Beton	0,01	0,012	0,016	0,019	0,023	0,035
Beton pomalowany olejno	0,009	0,01	0,014	0,016	0,017	0,018
Ściana tynkowana	0,008	0,015	0,022	0,026	0,041	0,071
Osoba	0,12	0,19	0,38	0,41	0,49	0,50
Twarde krzesło	0,015	0,018	0,022	0,036	0,035	0,035
Stół drewniany	0,10	0,20	0,10	0,15	0,20	0,25

Rozwiązanie

Celem obliczenia chłonności akustycznej pomieszczenia wraz z jego elementami w kolejnych pasmach częstotliwości należy uprzednio wyznaczyć chłonność akustyczną poszczególnych elementów tego pomieszczenia.

Obliczenia dla częstotliwości środkowej $f_{sr}=125$ [Hz]

Zdolność pochłaniania:

- 1) powierzchni tynkowej: $A_1 = 380 \times 0,008 = 3,04 [m^2]$,
- 2) powierzchni podłogi: $A_2 = 200 \times 0,03 = 6 [m^2]$,
- 3) powierzchni drzwi: $A_3 = 10 \times 0,09 = 0,9 [m^2]$,
- 4) powierzchni okien: $50 \times 0,035 = 1,75 [m^2]$,
- 5) stołów: $20 \times 0,1 = 2 [m^2]$,
- 6) krzeseł: $10 \times 0,015 = 0,15 [m^2]$,
- 7) osób: $40 \times 0,12 = 4,8 [m^2]$.

Całkowita chłonność akustyczna pomieszczenia dla częstotliwości $f_{125} [Hz]$ wyniesie:

$$\bar{A}_{125} = \sum A_i = 18,64 [m^2]$$

Średni współczynnik pochłaniania dźwięku badanego pomieszczenia wyniesie:

$$\bar{\alpha}_{125} = \frac{\bar{A}_{125}}{S} = \frac{18,64}{640} = 0,029$$

Czas pogłosu pomieszczenia wyniesie:

$$T_{125} = \frac{0,161 \cdot V}{\bar{\alpha}_{125} \cdot S} = \frac{0,161 \cdot 800}{18,56} = 6,9 [s]$$

Obliczenia dla częstotliwości środkowej $f_{sr} = 250 [Hz]$

- 1) powierzchni tynkowej: $A_1 = 380 \times 0,0015 = 5,7 [m^2]$,
- 2) powierzchni podłogi: $A_2 = 200 \times 0,04 = 8 [m^2]$,
- 3) powierzchni drzwi: $A_3 = 10 \times 0,08 = 0,8 [m^2]$,
- 4) powierzchni okien: $50 \times 0,025 = 1,25 [m^2]$,
- 5) stołów: $20 \times 0,20 = 4 [m^2]$,
- 6) krzeseł: $10 \times 0,018 = 0,18 [m^2]$,
- 7) osób: $40 \times 0,19 = 4,8 [m^2]$.

Całkowita chłonność akustyczna pomieszczenia dla częstotliwości f_{250} będzie równa:

$$\bar{A}_{250} = \sum A_i = 27,5 [m^2]$$

Średni współczynnik pochłaniania dźwięku dla tego pomieszczenia wyniesie:

$$\bar{\alpha}_{250} = \frac{27,5}{640} = 0,043$$

Czas pogłosu pomieszczenia wyniesie:

$$T_{250} = \frac{128,8}{27,52} = 4,7 \text{ [s]}$$

Obliczenia dla częstotliwości środkowej $f_{500} = 500 \text{ [Hz]}$

- 1) powierzchni tynkowej: $A_1 = 380 \times 0,022 = 8,4 \text{ [m}^2\text{]},$
- 2) powierzchni podłogi: $A_2 = 200 \times 0,06 = 12 \text{ [m}^2\text{]},$
- 3) powierzchni drzwi: $A_3 = 10 \times 0,08 = 0,8 \text{ [m}^2\text{]},$
- 4) powierzchni okien: $50 \times 0,018 = 0,9 \text{ [m}^2\text{]},$
- 5) stołów: $20 \times 0,10 = 2 \text{ [m}^2\text{]},$
- 6) krzeseł: $10 \times 0,022 = 0,22 \text{ [m}^2\text{]},$
- 7) osób: $40 \times 0,38 = 15,2 \text{ [m}^2\text{]}.$

Całkowita chłonność akustyczna pomieszczenia dla częstotliwości f_{500} będzie równa:

$$\bar{A}_{500} = \sum A_i = 39,5 \text{ [m}^2\text{]}$$

Średni współczynnik pochłaniania dźwięku dla tego pomieszczenia wyniesie:

$$\bar{\alpha}_{500} = \frac{39,5}{640} = 0,062$$

Czas pogłosu pomieszczenia wyniesie:

$$T_{500} = \frac{128,8}{39,7} = 3,2 \text{ [s]}$$

Obliczenia dla częstotliwości środkowej $f_{1000} = 1000 \text{ [Hz]}$

- 1) powierzchni tynkowej: $A_1 = 380 \times 0,026 = 9,9 \text{ [m}^2\text{]},$
- 2) powierzchni podłogi: $A_2 = 200 \times 0,09 = 18 \text{ [m}^2\text{]},$
- 3) powierzchni drzwi: $A_3 = 10 \times 0,09 = 0,9 \text{ [m}^2\text{]},$
- 4) powierzchni okien: $50 \times 0,012 = 0,6 \text{ [m}^2\text{]},$
- 5) stołów: $20 \times 0,15 = 3 \text{ [m}^2\text{]},$
- 6) krzeseł: $10 \times 0,036 = 0,36 \text{ [m}^2\text{]},$
- 7) osób: $40 \times 0,41 = 14,4 \text{ [m}^2\text{]}.$

Całkowita chłonność akustyczna pomieszczenia dla częstotliwości f_{1000} będzie równa:

$$\bar{A}_{1000} = \sum A_i = 49,2 \text{ [m}^2\text{]}$$

Średni współczynnik pochłaniania dźwięku dla tego pomieszczenia wyniesie:

$$\bar{\alpha}_{500} = \frac{49,2}{640} = 0,077$$

Czas pogłosu pomieszczenia wyniesie:

$$T_{1000} = \frac{128,8}{49,3} = 2,6 \text{ [s]}$$

Obliczenia dla częstotliwości środkowej $f_{2000} = 2000 \text{ [Hz]}$

- 1) powierzchni tynkowej: $A_1 = 380 \times 0,041 = 15,6 \text{ [m}^2\text{]},$
- 2) powierzchni podłogi: $A_2 = 200 \times 0,10 = 20 \text{ [m}^2\text{]},$
- 3) powierzchni drzwi: $A_3 = 10 \times 0,1 = 1,0 \text{ [m}^2\text{]},$
- 4) powierzchni okien: $50 \times 0,1 = 5,0 \text{ [m}^2\text{]},$
- 5) stołów: $20 \times 0,20 = 4 \text{ [m}^2\text{]},$
- 6) krzeseł: $10 \times 0,035 = 0,35 \text{ [m}^2\text{]},$
- 7) osób: $40 \times 0,49 = 19,6 \text{ [m}^2\text{]}.$

Całkowita chłonność akustyczna pomieszczenia dla częstotliwości f_{2000} będzie równa:

$$\bar{A}_{2000} = \sum A_i = 61,5 \text{ [m}^2\text{]}$$

Średni współczynnik pochłaniania dźwięku dla tego pomieszczenia wyniesie:

$$\bar{\alpha}_{2000} = \frac{61,5}{640} = 0,096$$

Czas pogłosu pomieszczenia wyniesie:

$$T_{2000} = \frac{128,8}{61,4} = 2,1 \text{ [s]}$$

Obliczenia dla częstotliwości środkowej $f_{4000} = 4000 \text{ [Hz]}$

- 1) powierzchni tynkowej: $A_1 = 380 \times 0,071 = 27 \text{ [m}^2\text{]},$
- 2) powierzchni podłogi: $A_2 = 200 \times 0,17 = 34 \text{ [m}^2\text{]},$
- 3) powierzchni drzwi: $A_3 = 10 \times 0,1 = 1,0 \text{ [m}^2\text{]},$
- 4) powierzchni okien: $50 \times 0,008 = 0,4 \text{ [m}^2\text{]},$
- 5) stołów: $20 \times 0,25 = 5 \text{ [m}^2\text{]},$
- 6) krzeseł: $10 \times 0,035 = 0,35 \text{ [m}^2\text{]},$
- 7) osób: $40 \times 0,5 = 20 \text{ [m}^2\text{]}.$

Całkowita chłonność akustyczna pomieszczenia dla częstotliwości f_{4000} będzie równa:

$$\bar{A}_{4000} = \sum A_i = 87,7 \text{ [m}^2\text{]}$$

Średni współczynnik pochłaniania dźwięku dla tego pomieszczenia wyniesie:

$$\bar{\alpha}_{4000} = \frac{87,7}{640} = 0,14$$

Czas pogłosu pomieszczenia wyniesie:

$$T_{4000} = \frac{128,8}{89,6} = 1,44 \text{ [s]}$$

Z otrzymanych wyników należy sporządzić wykres czasu pogłosu w funkcji częstotliwości dla pomieszczenia w stanie surowym i w stanie wykończonym.

Chłonność akustyczna wybranych materiałów

Materiał lub obiekt	Pasma częstotliwości [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
Okna	0,035	0,025	0,018	0,012	0,01	0,008
Beton	0,01	0,012	0,016	0,019	0,023	0,035
Ściana cegła + tynk	0,008	0,015	0,022	0,026	0,041	0,071
Parkiet	0,03	0,04	0,06	0,09	0,10	0,17
Wykładzina dywanowa	0,07	0,11	0,19	0,30	0,39	0,41
Wykładzina PCV	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,05
Płyty/Panele G-K	0,3	0,12	0,09	0,07	0,07	0,07
Boazeria	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04
Kotary	0,05	0,12	0,35	0,45	0,38	0,36
Stół drewniany	0,10	0,20	0,10	0,15	0,20	0,25
Krzesło twarde	0,015	0,018	0,022	0,036	0,035	0,035
Krzesło miękkie	0,49	0,66	0,80	0,88	0,82	0,70
Osoba	0,12	0,19	0,38	0,41	0,49	0,50