

WPLYW GEOMETRII POMIESZCZENIA NA SZACOWANIE CZASU POGŁOSU

Marcelina OLECHOWSKA^{*}, Artur NOWOŚWIAT^{**}, Leszek DULAK^{***}, Rafał ŻUCHOWSKI^{****},
Michał MARCHACZ^{*****}

^{*} Politechnika Śląska, Katedra Budownictwa ogólnego i Fizyki Budowli
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice,
e-mail: Marcelina.Olechowska@polsl.pl

^{**} Politechnika Śląska, Katedra Budownictwa ogólnego i Fizyki Budowli
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice,
e-mail: Artur.Nowoswiat@polsl.pl

^{***} Politechnika Śląska, Katedra Budownictwa ogólnego i Fizyki Budowli
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice,
e-mail: Leszek.Dulak@polsl.pl

^{****} Politechnika Śląska, Katedra Budownictwa ogólnego i Fizyki Budowli
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice,
e-mail: Rafal.Zuchowski@polsl.pl

^{*****} Politechnika Śląska, Katedra Budownictwa ogólnego i Fizyki Budowli
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice,
e-mail: Michal.Marchacz@polsl.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki analizy teoretycznej i badań eksperymentalnych, wpływu stosunku długości pomieszczenia do jego wysokości na czas pogłosu. Wyniki wstępnych badań pokazują, że poza wielkością pomieszczenia stosunek tych dwóch długości liniowych może mieć wpływ na szacowanie czasu pogłosu w pomieszczeniu. Analizę teoretyczną przeprowadzono przy pomocy symulacji komputerowych, zmieniając odpowiednio wymiary pomieszczenia prostokątnego przy stałym stosunku długości do wysokości. Kolejnym krokiem było zweryfikowanie wyników symulacji za pomocą pomiaru. W tym celu budowano w komorze bezchowej kolejne modele pomieszczeń i mierzono ich czasy pogłosu.

Słowa kluczowe: Czas pogłosu, współczynnik pochłaniania dźwięku

1. WPROWADZENIE

Akustyka wewnątrz i badania dotyczące kształtowania klimatu akustycznego w pomieszczeniach są przedmiotem badań naukowców już od bardzo dawna. Rozwijanie metod obliczeniowych i pomiarowych wyznaczania czasu pogłosu jest zasadne również i dzisiaj. Podstawowym modelem wyznaczania czasu pogłosu jest model Sabine'a:

$$T = \frac{0,161V}{\alpha S_c} \quad (1)$$

Przy czym A jest współczynnikiem pochłaniania dźwięku, V objętością pomieszczenia, S_c powierzchnią ograniczającą pomieszczenia, a α – pogłosowym współczynnikiem pochłaniania dźwięku w pomieszczeniu. Pierwszej zasadniczej modyfikacji tego modelu dokonał Eyring:

$$T = \frac{0,161V}{-S_c \ln(1-\alpha)} \quad (2)$$

Zauważył on, że rozwijając w szereg potęgowy funkcję

$$-\ln(1-\alpha) = \alpha + \frac{\alpha^2}{2} + \frac{\alpha^3}{3} + \dots \quad (3)$$

otrzymujemy dokładniejszą postać modelu Sabine'a dla pomieszczeń dobrze wytłumionych. Natomiast dla pomieszczeń niewytłumionych, wszystkie wartości sumy (3) możemy pominąć jako dostatecznie małe, poza pierwszym składnikiem – wówczas otrzymujemy dokładnie wzór Sabine'a. Wciąż powstają nowe modele uwzględniające nie tylko założenie o izotropowości pola akustycznego, ale również założenie o nierównomiernym rozkładzie powierzchni pochłaniających. Przykładem takiego modelu jest wzór Fritztroya, czy Neubauera (4).

$$T_{60} = \left(\frac{0,32 V}{S^2} \right) \left(\frac{h(1+w)}{\alpha_{ww}^*} + \frac{1 \cdot w}{\alpha_{CF}^*} \right) \quad (4)$$

gdzie

$$\alpha_{ww}^* = -\ln(1-\bar{\alpha}) + \left[\frac{\sum \rho_{wi} (\rho_{wi} - \bar{\rho}_{ww}) S_{wi}^2}{(\bar{\rho}_{ww} S_{ww})^2} \right]$$

$$\alpha_{CF}^* = -\ln(1-\bar{\alpha}) + \left[\frac{\rho_C (\rho_C - \bar{\rho}_{CF}) S_C^2 + \rho_F (\rho_F - \bar{\rho}_{CF}) S_F^2}{(\bar{\rho}_{CF} S_{CF})^2} \right]$$

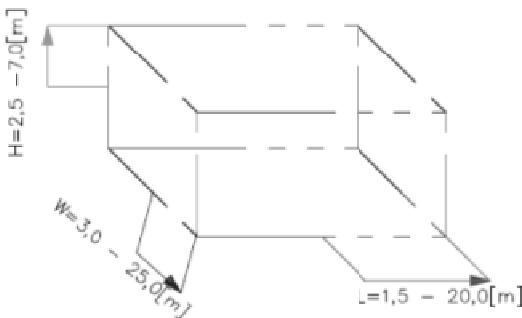
ρ - współczynnik odbicia

$$\rho = 1 - \alpha$$

Autorzy tego opracowania podejmują próbę wykazania, że poza wymienionymi czynnikami wpływ na czas pogłosu może mieć tzw. współczynnik kształtu, tj. stosunek długości, czy szerokości pomieszczenia do jego wysokości. Próbę określenia przedstawiono za pomocą symulacji komputerowych jak i również badań empirycznych na modelu pomieszczenia usytuowanego w komorze bezpogłosowej.

2. BADANIA SYMULACYJNE

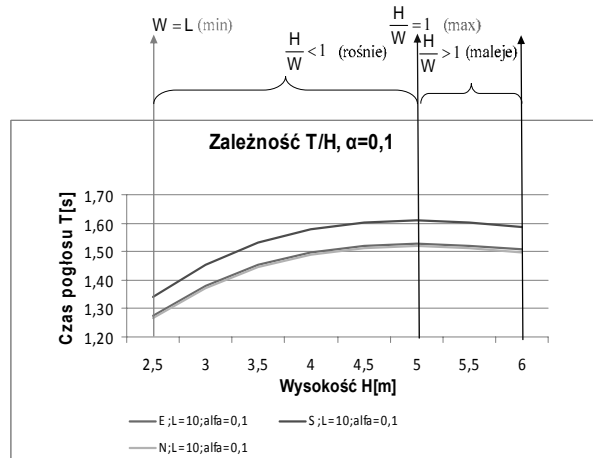
Do badań zostało przyjęte zasymulowane pomieszczenie o prostokątnym kształcie i zmiennych wymiarach. Zmianom podlegały następujące wymiary: Wysokość pomieszczenia: H (2,5 m- 7,0 m); Szerokość pomieszczenia: W (3,0 m- 25,0 m); Długość pomieszczenia: L (1,5 m- 20,0 m). Schemat pomieszczenia pokazano na rysunku 1.



Rys. 1. Model pomieszczenia.
Fig. 1. A model of the analyzed room

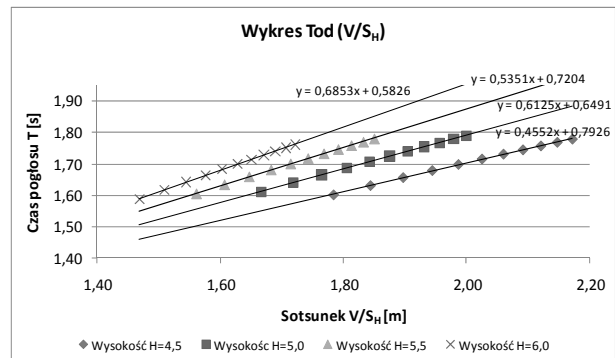
Uzyskane wyniki pokazują, że jeżeli objętości pomieszczeń są takie same dla pomieszczeń prostokątnych i sześciennego, wówczas decydujące znaczenie ma powierzch-

nia wnętrza (ograniczająca). Ponadto okazało się, że również stosunek największego do najmniejszego boku wpływa na czas pogłosu. Można, zatem powiedzieć, że jeżeli boki pomieszczenia są tej samej długości ($L=W$) a ich stosunek jest równy jeden ($H/W=1$) wówczas czas pogłosu osiąga wartość maksymalną. W związku z tym, jeżeli stosunek boków jest większy od jeden ($H/W>1$) wówczas czas pogłosu będzie mała.



Rys. 2. Zależność czasu pogłosu T od wysokości H, przy stałych: $V=250\text{m}^3$; $L=10$; $\alpha=0,1$.
Fig. 2. Plot of reverberation time T vs. Height H at constant $V=250$ [m³] and $L=10$ [m], $\alpha=0,1$

Kolejnym analizowanym związkiem był stosunek objętości pomieszczenia do powierzchni przegród pionowych ograniczających pomieszczenie. Wyniki tych analiz przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Wykres zależności czasu pogłosu od stosunku V/S_H .
Fig. 3. Plot of reverberation time vs. V/S_H ratio

Wnioskując z wykresu przedstawionego na rysunku 3 można stwierdzić, iż wraz ze wzrostem stosunku V/S_H wzrasta czas pogłosu. Oczywiście czas pogłosu jest również wyższy dla wyższych wysokości, gdyż większa jest wtedy objętość. Jednakże analizując czas pogłosu dla stałej wysokości wy-

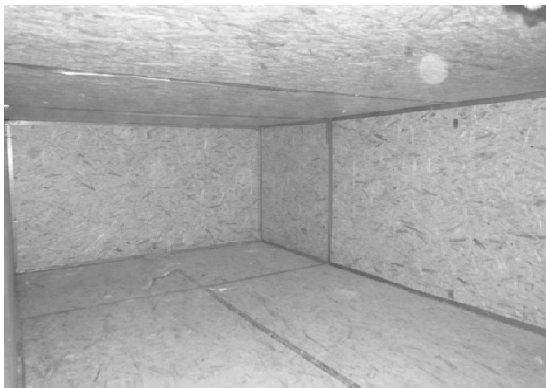
rażnie widać wzrostowy trend czasu pogłosu przy wzroście analizowanego stosunku.

Ponadto wraz ze wzrostem wysokości pomieszczenia stosunek V/S_H maleje. Otóż, jeżeli objętość pomieszczenia jest największa spośród badanych obiektów, wówczas czas pogłosu dla tego pomieszczenia osiąga wartość maksymalną.

3. BADANIA EKSPERYMENTALNE

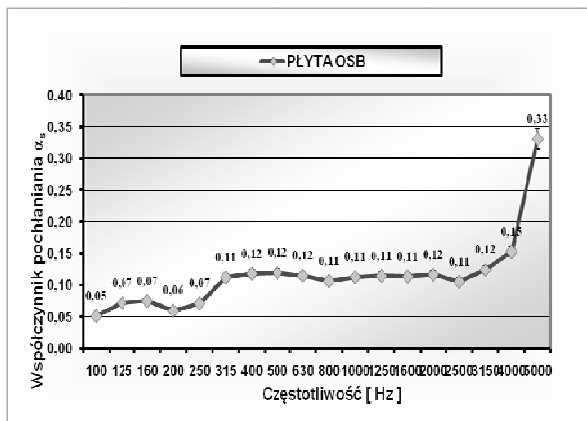
Wyniki symulacji skłoniły zespół do wykonania eksperymentu. W tym celu wytlumiono komorę pogłosową i postawiono w niej model pomieszczenia jak na rysunku 4.

Rozpatrywano pięć modeli różniących się wymiarami: 125x250x250, 125x250x375, 125x250x500, 250x250x250, 250x250x500.



Rys. 4. Model pomieszczenia
Fig. 4. Room model

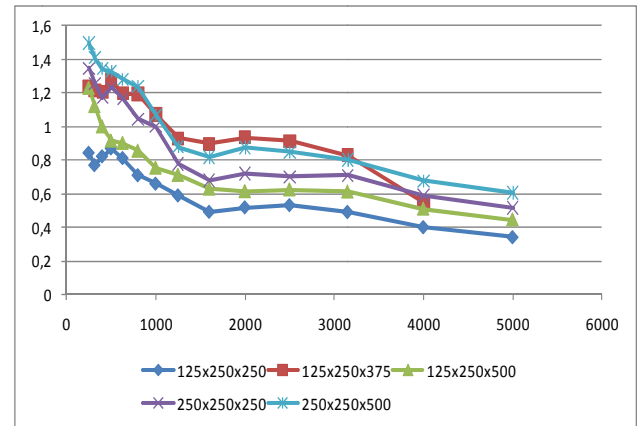
Model zbudowany został z płyt o współczynniku pochłaniania dźwięku przedstawionym poniżej



Rys. 5. Współczynnik pochłaniania dźwięku przegród rozpatrywanego pomieszczenia

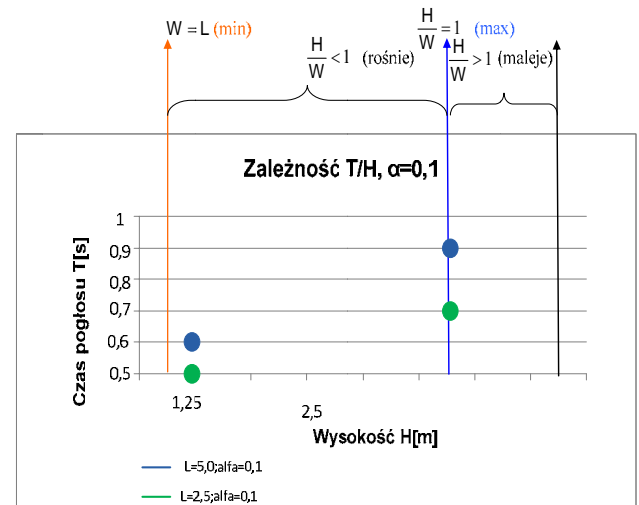
Fig. 5. The sound absorption coefficient of partitioning the room in question

W tak zbudowanych pomieszczeniach wyznaczono czasy pogłosu, które przedstawiono na rysunku:



Rys. 6. Czas pogłosu pomieszczenia
Rys. 6. Reverberation time

Tak wyznaczone wartości czasu pogłosu dla badanych pomieszczeń analizujemy na rys. 2. I otrzymujemy:



Rys. 7. Zależność czasu pogłosu T od wysokości H, przy stałych: $L=10$; $\alpha=0,1$.

Fig. 7. Plot of reverberation time T vs. Height H at constant $L=10$ [m], $\alpha=0,1$

4. PODSUMOWANIE

Wynik badań eksperymentalnych przeprowadzonych dla celów tej pracy, zostały skonfrontowane z wynikami symulacji. Z wyników tych można zauważyć podobny trend w wynikach teoretycznych i pomiarach. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, iż pomiarów było dosyć mało. W związku z tym można wysnuć hipotezę o podobnym trendzie do wyników teoretycznych, ale wymaga to dalszych badań.

THE EFFECT OF GEOMETRY OF SPACE ON ESTIMATION OF REVERBERATION TIME

The results of theoretical analysis and experimental studies, the impact of the ratio of length to height of the room reverberation time. Results of preliminary tests show that beside the size of the room, the ratio of these two line lengths can affect the estimation of reverberation time in the room.

Literatura:

[1] Bork I.: *Report on the 3rd Round Robin on Room Acoustical Computer Simulation-I Measurements, II-Calculation*, Acta Acoustica united with Acoustica, Vol.91, 2005, str. 740-763

[2] Nowoświat A., Olechowska M.: *An Attempt to determine impact of a room shape on the reverberation time*, acce-journal, Gliwice 2011, str. 73-80