

MODEL LOGARYTMICZNY WYZNACZANIA WSKAŹNIKA ZROZUMIAŁOŚCI MOWY

Artur NOWOŚWIAT

* Politechnika Śląska, Katedra Procesów Budowlanych
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice, e-mail: artur.nowoswiat@polsl.pl

Streszczenie: Zagadnienie wpływu zmian głębokości modulacji amplitudowej na zrozumiałość mowy zostało szczegółowo zbadane przez Houtgasta i Steenekena. W celu ilościowego opisu wpływu zmian głębokości modulacji amplitudowej na zrozumiałość mowy wprowadzono i zdefiniowano tzw. funkcję przeniesienia modulacji amplitudowej (MTF). W oparciu o wprowadzoną funkcję (MTF) utworzone zostały nowe miary jakości akustycznej dźwięku słownego w postaci, tzw. wskaźników STI (Speech Transmission Index). W poniższej pracy wyznaczono za pomocą metod statystycznych i numerycznych uproszczony model logarytmiczny wyznaczania wskaźnika zrozumiałości mowy.

Słowa kluczowe: Czas pogłosu, wskaźnik zrozumiałości mowy

1. WPROWADZENIE

W ramach akustyki wnętrz podejmuje się problemy rozprzestrzeniania się dźwięku w pomieszczeniach oraz kształtowania właściwości akustycznych tych pomieszczeń. ciekawe podejście do tych zagadnień zapoczątkowali w latach początkiem lat 80. Houtgast i Steeneken, publikując prace [1,2]. Metoda opisana przez tych dwóch naukowców opiera się na szeregu pomiarów. W związku z tym zaproponowałem uproszczoną metodę, którą można z powodzeniem stosować w fazie projektowania pomieszczeń. Metoda ta opiera się na wyznaczeniu funkcji modulacji amplitudowej:

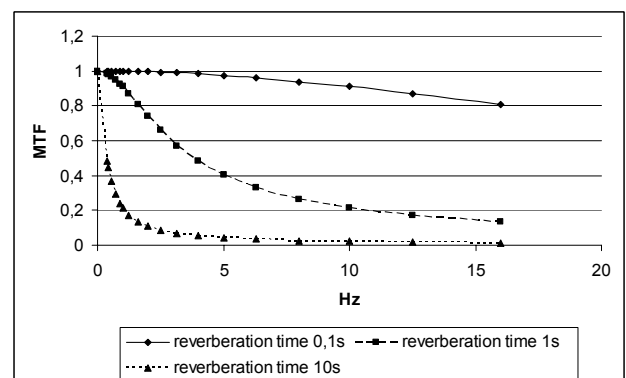
$$m(f) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(2\pi f \frac{T}{13.8}\right)^2}} \cdot \frac{1}{1 + 10^{-\frac{S/N}{10}}} \quad (1.1)$$

gdzie: f – częstotliwość modulacji [Hz],

T – czas pogłosu [s]

$\frac{S}{N}$ - stosunek sygnał do szumu [dB].

Przebieg tej funkcji wyznaczony numerycznie przedstawiono na rys. 1.1 [3,4]:



Rys. 1.1. Przebieg funkcji MTF w funkcji częstotliwości dla różnych czasów pogłosu

Fig. 1.1. Dependence of the function MTF on the frequency of the amplitudinal modulation, concerning three different values of the reverberation time

Wskaźnik zrozumiałości mowy w pomieszczeniu jest powiązany z funkcją MTF zależnościami [1,2]:

$$STI \equiv \left(\frac{S}{N}\right)_{app} \quad (1.2)$$

Przy czym:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{app} = 10 \log \frac{m(f)}{1 - m(f)} \quad (1.3)$$

Celem tejże pracy jest przedstawienie uproszczonego wzoru wyznaczania wskaźnika zrozumiałości mowy

(Speech Transmission Index), który zależy jest przede wszystkim od czasu pogłosu. Metoda uproszczona pozwoli na określenie optymalnego czasu pogłosu w fazie projektowania akustycznego pomieszczenia, aby spełniało ono swoją funkcję pod względem zrozumiałości mowy.

2. WSKAŹNIK ZROZUMIAŁOŚCI MOWY. POSTAĆ LOGARYTMICZNA

Wykorzystując zależności (1.1) – (1.3) opracowano algorytm, który pozwolił wykreślić przebieg funkcji STI od czasu pogłosu. Przy czym zgodnie z teorią Houtgasta i Steenekena przyjęto wskaźnik STI w postaci znormalizowanej:

$$STI = \frac{\overline{\left(\frac{S}{N}\right)} + 15}{30} \quad (2.1)$$

Przyjmując ograniczenia:

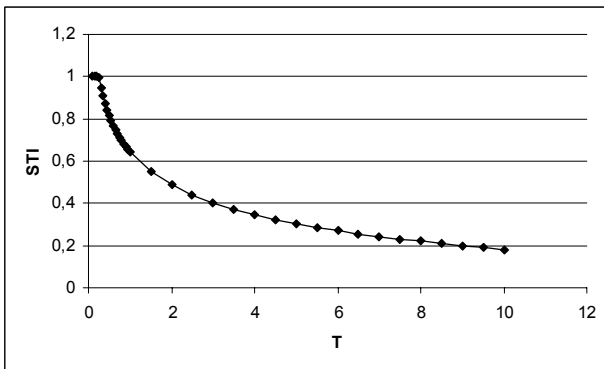
$$\left(\frac{S}{N}\right) > 15 \text{ dB} \Rightarrow \left(\frac{S}{N}\right)' = 15 \text{ dB}$$

$$\left(\frac{S}{N}\right) < -15 \text{ dB} \Rightarrow \left(\frac{S}{N}\right)' = -15 \text{ dB}$$

gdzie:

$$\overline{\left(\frac{S}{N}\right)} = \frac{1}{18} \sum_{F=0.4}^{20} \left(\frac{S}{N}\right) \quad (2.2)$$

Na rysunku 2.1 przedstawiono przebieg wyznaczonego wskaźnika zrozumiałości mowy STI funkcji czasu pogłosu.



Rys. 2.1. Wykres przedstawiający funkcję wskaźnika zrozumiałości mowy STI zależną od czasu pogłosu.

Fig. 2.2. Diagram presenting the dependence of the Speech Transmission Index on the reverberation time T.

Tak wyznaczony wykres możemy przybliżyć krzywą logarytmiczną. Funkcję której wykresem jest krzywa logarytmiczna zapisujemy za pomocą wzoru:

$$STI(T) = A * \ln T + B \quad (2.3)$$

gdzie: $A = -0,2078$,
 $B = 0,6488$.

Wyznaczone równanie nazwano wzorem użytkowym wskaźnika zrozumiałości mowy.

W celu weryfikacji wyznaczonego wzoru użytkowego, przekształcono go i wyznaczono czas pogłosu w funkcji wskaźnika zrozumiałości mowy:

$$T = e^{\frac{STI-B}{A}} \quad (2.4)$$

Wyznaczone wzory (2.3) oraz (2.4) wymagają weryfikacji doświadczalnej oraz określenia błędu obliczeniowego. Weryfikację wstępną za pomocą programu ODEON przedstawiono w kolejnym etapie pracy.

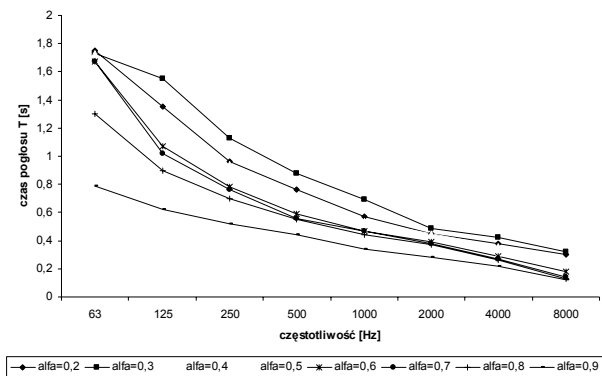
3. WERYFIKACJA WZORU UŻYTKOWEGO STI

Analizę porównawczą dotyczącą parametrów o charakterze statystycznym, oraz wskaźnika zrozumiałości mowy przeprowadzono dla pomieszczenia o regularnych kształtach zasymulowanego w programie ODEON. Do badań przyjęto salę prostokątną ze sceną. Wymiary geometryczne Sali są następujące:

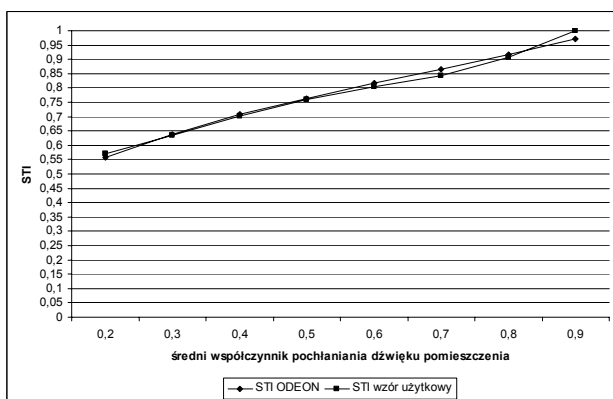
- Podłoga sceny 78 m²,
- podłoga sali 259,256 m²,
- ściana tylna sceny 75 m²,
- ściany boczne sceny 58,697 m²,
- ściany boczne sali 139,520 m²,
- ściana tylna sali 119,040 m²,
- sufit nad sceną 84,500 m²,
- sufit nad salą 256 m².

W analizowanym pomieszczeniu uzyskano za pomocą programu ODEON charakterystyki czasu pogłosu dla różnych warunków pogłosowych, których przebiegi pokazano na rys.2.2.

Dla różnych pogłosowych współczynników pochłaniania dźwięku w pomieszczeniu wyznaczono za pomocą ODEON wskaźniki zrozumiałości mowy STI. Następnie za pomocą wzoru użytkowego (2.3) również wyznaczono te wskaźniki. Uzyskane w ten sposób przebiegi przedstawiono na rysunku 2.3.:

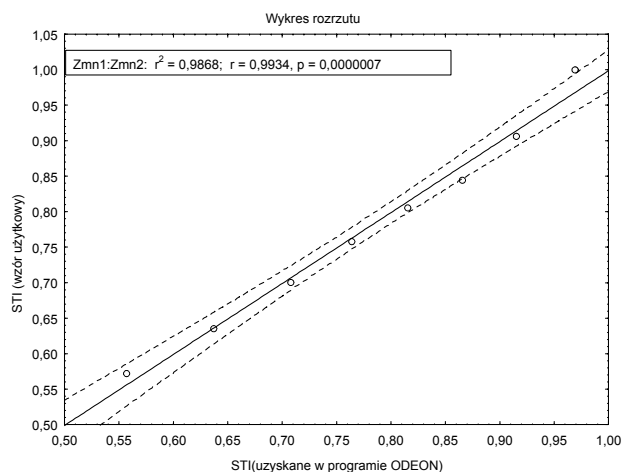


Rys. 2.2. Czas pogłosu w funkcji częstotliwości dla różnych pogłosowych współczynników pochłaniania dźwięku
 Fig. 2.2. Reverberation time characteristics as a function of frequency concerning various acoustic absorbance's in the tested room.



Rys. 2.3. Przebiegi funkcji STI w funkcji pogłosowego współczynnika pochłaniania dźwięku.
 Fig. 2.3. Diagram presenting the speech transmission indices obtained by applying ODEON and the formula (2.3). These results concern various conditions of reverberation in the room

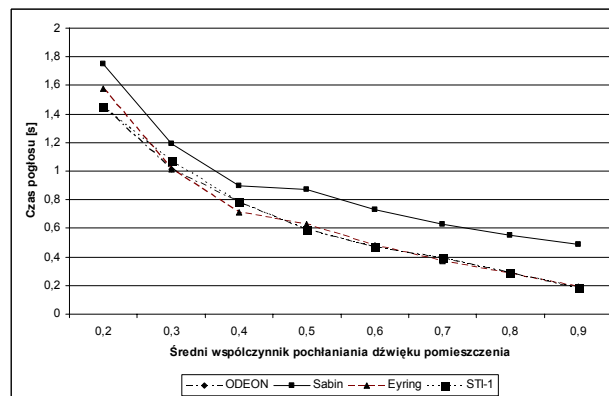
Uzyskane wyniki potwierdzają dobrą zgodność wartości wskaźników STI otrzymanych za pomocą wzoru (2.3) oraz modelu opisanego w programie ODEON. Weryfikację statystyczną przeprowadzono za pomocą wykresu rozrzutu co obrazuje rysunek 2.4.



Rys. 2.4. Porównanie wyników STI uzyskanych w ODEON oraz za pomocą wzoru (2.3)
 Fig. 2.4. Diagram of dissipation, illustrating the similarity of the Speech Transmission Index obtain by applying ODEON and the formula (2.3).

Uzyskany wykres rozrzutu potwierdza bardzo dobrą zbieżność otrzymanych wyników. Współczynnik korelacji, oraz współczynnik zgodności (5) wynoszą odpowiednio: $r = 0,9934$, $p = 0,0000007$.

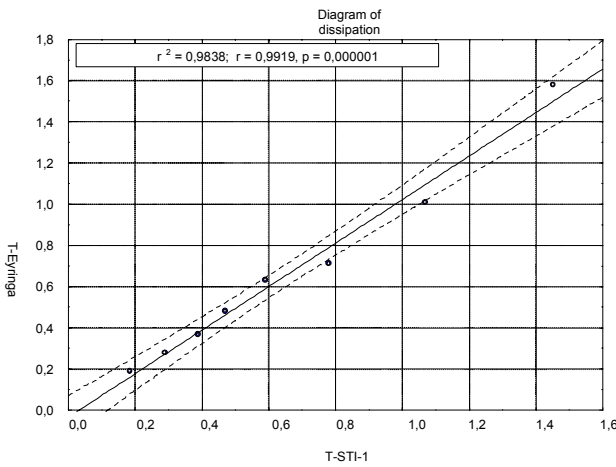
Podobnie jak wyznaczony wzór użytkowy (2.3) można poddać weryfikacji zależność (2.4) obrazującą czas pogłosu w funkcji STI. Na rysunku 2.5 przedstawiono czas pogłosu obliczony za pomocą wzoru Sabina, Eyringa, symulacji ODEON oraz zależności (2.4).



Rys. 2.5. Przebiegi czasu pogłosu w funkcji pogłosowego współczynnika pochłaniania dźwięku wyznaczone czterema metodami
 Fig. 2.5. Comparative diagram of the reverberation time depending on the applied method of calculations, viz. Odeon, Sabin, Eyring, T_{STI-1}

Wyniki porównawcze można również przedstawić za pomocą wykresu rozrzutu. Na rysunku 2.6 przedstawiono

dla przykładu porównaniu zależności (2.4) ze wzorem Eyringa.



Rys. 2.6. Czas pogłosu obliczony za pomocą wzoru Sabina i wzoru (2.4)

Fig. 2.6. Diagrams of dissipation comparing the results of the reverberation time.

4. WNIOSKI KOŃCOWE

Powyższa praca jest pierwszym etapem wyznaczenia i weryfikacji wzoru uproszczonego (2.3). Należy zaznaczyć, że kolejne będą dotyczyły weryfikacji nie tylko za pomocą symulacji komputerowych, ale również, co jest ważne, za pomocą wyników empirycznych. Badania doświadczalne przeprowadzone zostaną na wybranych pomieszczeniach o różnej geometrii oraz różnym czasie pogłosu. Pozwoli nam to na wyznaczenie wpływu geometrii oraz rzeczywistego czasu pogłosu na wskaźnik zrozumiałości mowy. Na podstawie tej pracy można przypuszczać, że metoda uproszczona oraz wzór (2.3) jest dobrym przybliżeniem wskaźnika STI, na co wskazuje weryfikacja statystyczna przedstawiona w tej pracy.

LOGARYTHMICAL MODEL OF SPEECH TRANSMISSION INDEX

Streszczenie: The paper presents a numerical assessment of the relation of the speech transmission index STI in the function of the time of reverberation. Basing on which a simplified /usable/ formula has been derived, permitting the practical determination of STI. The next stage of the paper deals with the verification of this usable formula basing on the model of the room designed in compliance with the programme ODEON. Such a verification was carried out while the reverberation was changing in time. Finally the results of simulation are compared with the usable formula making use of the statistic coefficient of similarity, illustrating it in the form of diagrams in compliance with the programme STATISTICA

Literatura

- [1] Houtgast T., Steeneken H.J.M.: *Predicting Speech Intelligibility in Rooms from the Modulation Transfer Function. I. General Room Acoustics*. *Acustica*, 46, **60**, 1980.
- [2] Houtgast T. Steeneken H.J.M.: *A review of the MTF concept in room acoustics and its use for estimating speech intelligibility in auditoria*. *J. Acoust. Soc. Am.* **77** (3), 1069 – 1077, March 1985.
- [3] Nowoświat A.: *Zastosowanie metod korelacyjnych w wyznaczaniu zrozumiałości mowy w pomieszczeniach zamkniętych*. L. Otwarte Seminarium z Akustyki Gliwice – Szczyrk 2003.
- [4] Nowoświat A.: *Zrozumiałość mowy w pomieszczeniu zamkniętym. Analiza porównawcza wyników numerycznych i symulacyjnych*. *Zeszyty Naukowe PŚ, Budownictwo*, z. **102**, 2004.