

ZBIGNIEW KOSZARNY, ANDRZEJ CHYLA¹⁾

WŁAŚCIWOŚCI AKUSTYCZNE POMIESZCZEŃ SZKOLNYCH

SCHOOL ROOMS' ACOUSTIC CHARACTERISTICS

Zakład Higieny Komunalnej
Państwowy Zakład Higieny
00-791 Warszawa, ul. Chocimska 24
Kierownik: dr J. Świątczak

¹⁾SVANTEK Sp. z o. o
01-410 Warszawa, ul. Ks. Jana Sitnika 1/68

W pracy przedstawiono ocenę właściwości akustycznych pomieszczeń szkolnych w placówkach zbudowanych w latach 70. i współcześnie. Podstawowym parametrem oceny był czas pogłosu i proporcje akustyczne pomieszczeń. Kryterium oceny stanowiły przepisy stosowane w krajach europejskich i zalecenia ekspertów WHO.

WSTĘP

Szeroko rozumiane środowisko nauczania spełnia ważną rolę w zapewnieniu odpowiednich warunków prawidłowego rozwoju i kształcenia prawie całej populacji. Ze względu na długi okres oddziaływania, różnorodność obciążeń związanych ze specyfiką życia i nauki oraz szczególną w wieku rozwojowym wrażliwość ustroju może ono rodzić niebezpieczeństwo szkodliwego wpływu szczególnie czynników, które są intensywne i powszechne. Do czynników tych w środowisku szkolnym należy zaliczyć przede wszystkim hałas. Jest on uznawany w krajach rozwiniętych za najbardziej dokuczliwy i trudny do opanowania problem [1, 7, 9]. Zakłóca on nie tylko sam proces nauczania, ale wpływa niekorzystnie na stan fizyczny i psychiczny uczniów i nauczycieli. Pogorszenie percepcji, procesów myślenia, koncentracji, pamięci oraz nasilenie negatywnych emocji to najczęstsze zjawiska związane z hałasem [2, 4, 8].

W tym kontekście przeciwdziałanie czy ograniczanie hałasu w placówkach nauczania wydaje się szczególnie potrzebne i ważne.

Jedną z możliwości ograniczenia hałasu w szkołach i polepszenia warunków nauczania jest jakość akustyczna pomieszczeń szkolnych czyli tzw. „dobra akustyka”. Od niej w znacznym stopniu zależy jakość porozumiewania się mową i poziom zakłóceń w środowisku szkolnym. W pomieszczeniu o dobrej akustyce dźwięki pożądate są eksponowane, zaś dźwięki niepożądane są eliminowane lub na tyle tłumione, że nie są odbierane jako uciążliwe. Dzięki temu słowne przekazywanie wiedzy i jej przyswajanie przebiega w sposób niezakłócony, umożliwiając dobrą zrozumiałość mowy, co ma istotne znaczenie w odniesieniu do dzieci młodszych, osób uczących się języków obcych, a w szczególności uczniów z uszkodzeniami słuchu.

Na akustykę pomieszczeń bezpośredni wpływ ma ich kształt, objętość oraz chłonność akustyczna powierzchni ograniczających [6]. Czynniki te wpływają na stopień rozproszenia energii akustycznej w pomieszczeniu, rozkład częstotliwości własnych pomieszczenia i czas pogłosu. Czas pogłosu jest jednym z podstawowych parametrów akustycznych określających jakość pomieszczenia. Jest on definiowany jako czas, po którym następuje obniżenie energii akustycznej o 60 dB w stosunku do wartości występującej przed wyłączeniem źródła dźwięku [11]. Od szybkości jego zaniku, na skutek pochłaniania przez powierzchnie ograniczające, zależy jakość odtwarzania muzyki i zrozumiałość mowy, a także określone wrażenia słuchowe.

Niniejsza praca koncentruje się przede wszystkim na analizie i ocenie wymienionego wyżej parametru w pomieszczeniach szkolnych. Dodatkowo opisuje proporcje akustyczne pomieszczeń, od których w znacznym stopniu zależy rozkład częstotliwości drgań własnych pomieszczenia i równomierność rozprzestrzeniania się dźwięku. Oba wymienione wyżej parametry pozwalają na ocenę właściwości akustycznych pomieszczeń szkolnych i ich przydatności do pełnionych funkcji.

MATERIAŁ I METODYKA

Ocenę właściwości pomieszczeń szkolnych wykonano w czterech szkołach podstawowych w Warszawie. Trzy z nich pochodzą z lat 70., jedna została zbudowana w ostatnim okresie. Ogółem przebadano 48 klas i dwie sale gimnastyczne.

Podstawą oceny było określenie proporcji wymiarów liniowych pomieszczenia oraz pomiar czasu pogłosu.

Zdecydowana większość pomieszczeń szkolnych ma kształt prostopadłościanu. Jedynie jedna z klas miała kształt graniastosłupa o podstawie trapezu. Ich wielkość jest zróżnicowana. W szkołach zbudowanych w latach 70 objętość klas wynosiła od 153–198 m³, w szkole zbudowanej współcześnie ok. 83 m³. Sale gimnastyczne były większe. Objętość jednej z nich wynosiła 572 m³, drugiej 1056 m³.

Badane pomieszczenia, poza niezbędnym umeblowaniem, były skromnie wyposażone, głównie w firanki. Podłogi pokryte były wykładziną z PCV, ściany tynkami. Jedynie w pracowniach plastycznych na ścianach umieszczano prace dzieci. Do rzadkości należało korzystanie z dywanów czy innych materiałów pochłaniających. W szkole zbudowanej współcześnie zaobserwowano duże przeszklenia ściany zewnętrznej, a w jednym przypadku również częściowe przeszklenie sufitu.

Badania prowadzone były podczas nieobecności uczniów w pomieszczeniu.

Pomiary czasu pogłosu wykonywano metodą szumu przerywanego zgodnie z normą ISO 3382 [11]. Szum był generowany przez system nagłaśniający prod. firmy SVANTEK składający się z wszechkierunkowego źródła dźwięku, wzmacniacza mocy i generatora sygnałów – różowy szum. Poziom ciśnienia akustycznego wytwarzany przez urządzenie był wyższy od 110 dB w każdym analizowanym paśmie 1/3 oktawowym, od 100–5000 Hz. Podczas pomiarów był zachowany warunek większej niż 45 dB różnicy między generowanym poziomem szumu a poziomem tła.

Przebieg zaniku sygnału akustycznego był rejestrowany przy użyciu analizatora dźwięku SVAN 912E z czasem uśredniania wykładniczego 1/64 s. Był on wyznaczany metodą graficzną poprzez aproksymację współczynnika nachylenia wyznaczonego z krzywej zaniku dźwięku. Do oceny wykorzystano zarówno wczesny czas zaniku, EDT (Early Decay Time) otrzymany z początkowego 10 dB spadku poziomu oraz czas pogłosu, T uzyskany z krzywej zaniku dźwięku od 5 dB 35 dB. Pierwszy parametr obrazuje subiektywne odczucie pogłosu odbieranego przez obserwatora, drugi charakteryzuje fizyczne właściwości pomieszczenia.

Zależnie od wielkości pomieszczeń stosowano od 9 do 18 pozycji mikrofonu, starając się objąć obszar całego pomieszczenia. Przy wyborze pozycji uwzględniano ponadto graniczne odległości mikrofonów od siebie i źródła dźwięku, a także od powierzchni odbijających. Czas pogłosu dla całego po-

mieszczenia był wyznaczany poprzez uśrednienie krzywych zaniku z poszczególnych pozycji mikrofonu.

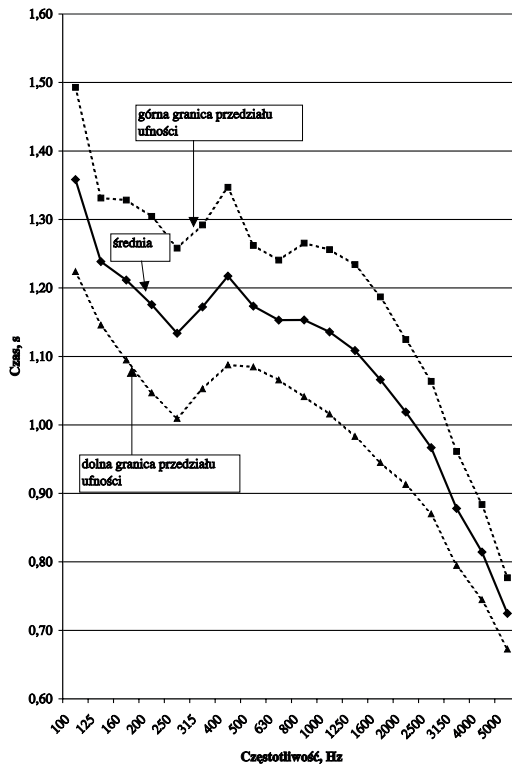
Przydatność pod względem akustycznym pomieszczeń szkolnych była również oceniana dodatkowo na podstawie proporcji wymiarów liniowych między wysokością, szerokością i długością.

WYNIKI

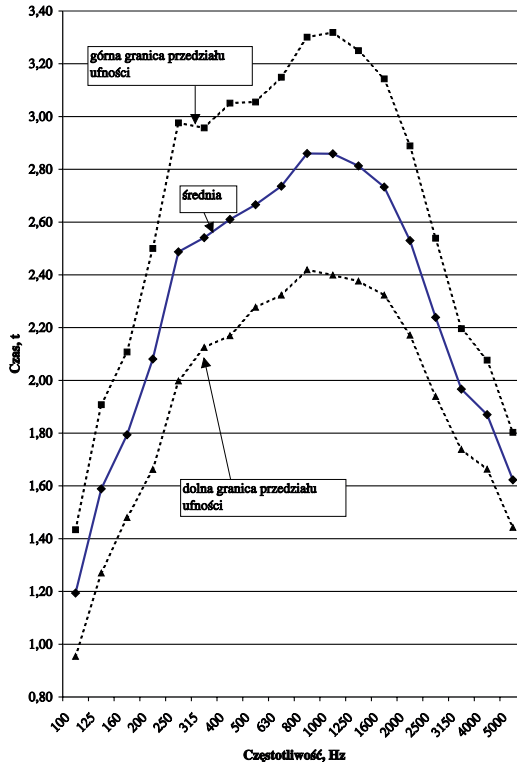
Czas pogłosu pomieszczeń szkolnych

Analiza wyników czasu pogłosu w pomieszczeniach szkolnych wskazuje na jego zróżnicowanie zarówno w obrębie samego pomieszczenia, jak również między poszczególnymi pomieszczeniami tej samej placówki czy obiektami. Najmniejsze zróżnicowanie ma miejsce w obrębie samego pomieszczenia, szczególnie w zakresie wyższych częstotliwości (powyżej 500 Hz). Większe różnice zaobserwowano przy niższych częstotliwościach (oniżej 315 Hz), mieszczą się one jednak w granicach przedziału ufności nie przekraczających $\pm 0,2$ s.

Znacznie większe zróżnicowanie czasu pogłosu występuje między poszczególnymi pomieszczeniami czy obiektami. Największe zróżnicowanie w tym względzie stwierdzono przy porównaniu czasu pogłosu pomieszczeń zbudowanych w latach 70. i w ostatnim okresie, po roku 2000. Obrazują to ryciny 1 i 2.



Ryc. 1. Czas pogłosu, T w klasach szkolnych zbudowanych w latach 70.
Reverberation time T in the classrooms built in 1970s.



Ryc. 2. Czas pogłosu, T w klasach szkolnych zbudowanych po roku 2000 .
Reverberation time T in the classrooms built after 2000.

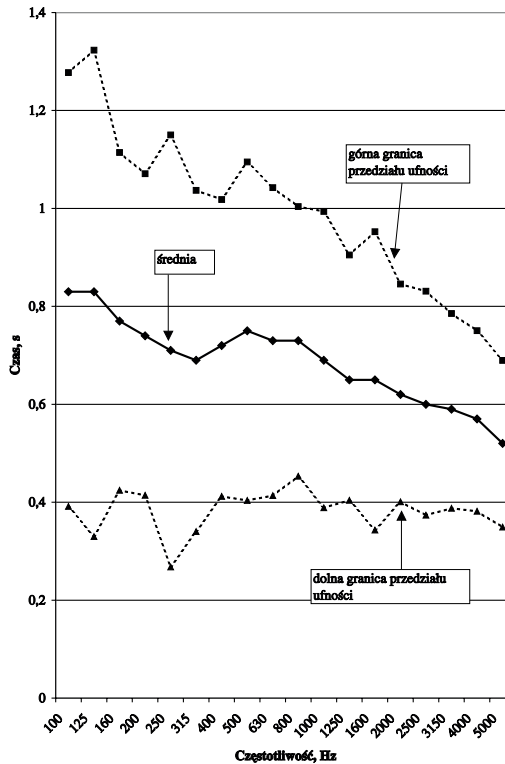
Na ryc. 1 przedstawiono średnie czasy pogłosu oraz przedziały ufności dla pasm częstotliwości 1/3 oktawowych w klasach szkolnych zbudowanych w latach 70. Na rycinie 2 zamieszczono podobne wielkości charakteryzujące właściwości akustyczne klas zbudowanych po roku 2000.

Z porównania przedstawionych danych wynika, że czas pogłosu w analizowanych pasmach częstotliwości jest stosunkowo długi. W dość szerokim paśmie, od 100 – 2000 Hz, wynosi on średnio ponad 1s w szkołach starszego typu i od 2–3 s w szkole zbudowanej niedawno. Zarówno w jednym jak i drugim typie szkół wiele klas charakteryzuje się jednak dłuższym czasem. Drugą charakterystyczną cechą przedstawionych wyników jest krzywoliniowy przebieg czasu pogłosu w funkcji częstotliwości. W pomieszczeniach przeznaczonych do przekazywania sygnałów mowy charakterystyka częstotliwościowa czasu pogłosu powinna mieć w paśmie transmisji w zasadzie przebieg płaski, przy niewielkich tylko dopuszczalnych odchyleniach. W analizowanym materiale zaobserwowano znaczącą nierównomierność zaniku energii dźwiękowej w analizowanych pomieszczeniach. W szkołach zbudowanych w latach 70. wydłużenie czasu zaniku (maksymalny czas pogłosu) ma miejsce szczególnie w zakresie niskich częstotliwości, w szkole zbudowanej współcześnie obejmuje dość szerokie pasmo od 250–2000 Hz. Przy wysokich częstotliwościach czas pogłosu jest krótszy w obu kategoriach pomieszczeń. Nierównomierność zaniku energii akustycz-

nej związana jest z proporcjami akustycznymi pomieszczeń, omówionych w następnym podrozdziale.

W szkołach starszego typu część pomieszczeń charakteryzowała się specjalnym wyposażeniem wnętrza. Dotyczyło to głównie biblioteki, pracowni plastycznych, pokoi nauczycielskich. Pomieszczenia te były wyposażone w miękkie wykładziny podłogowe, firanki, zasłony, a na ścianach wisiały prace plastyczne wykonane przez dzieci, w bibliotece znajdował się księgozbiór. Nawet te niewielkie zmiany w standardowym wyposażeniu pomieszczeń wpłynęły na ich pogłos.

Rycina 3 ilustruje przebieg czasu pogłosu w pomieszczeniach, w których znalazły się materiały porowato-sprężyste.

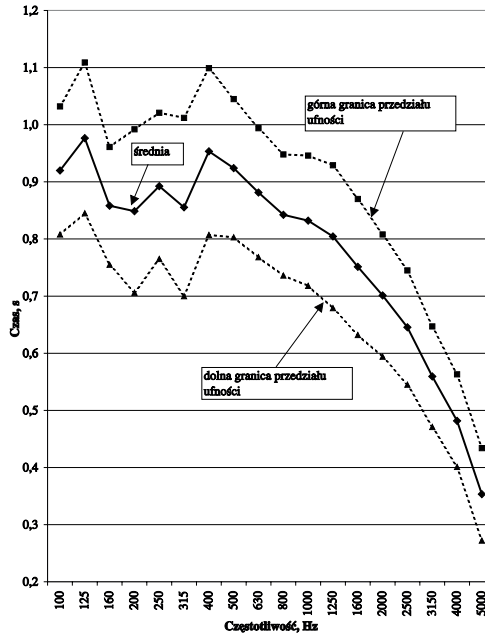


Ryc. 3. Czas pogłosu, T w klasach szkolnych o specjalnym wyposażeniu wnętrza zbudowanych w latach 70.

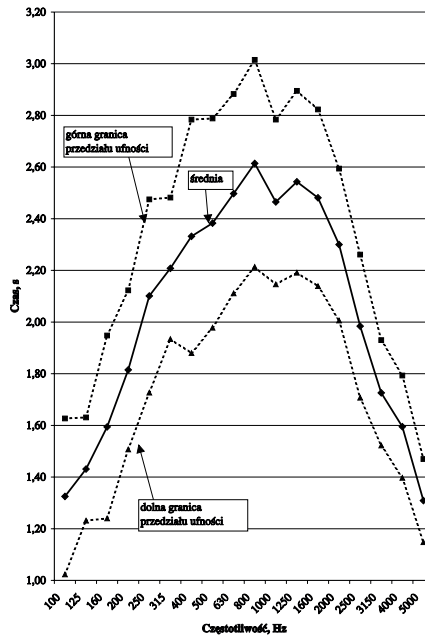
Reverberation time T in the classrooms with special endowment interior built in 1970s.

W pomieszczeniach tych średni czas pogłosu kształtował się na poziomie 0,6 – 0,8 s, czyli o ok. 0,4 s był krótszy niż w klasach o bardzo skromnym wyposażeniu.

Oprócz konwencjonalnego czasu pogłosu analizowano również wczesny czas zaniku energii akustycznej w klasach obu kategorii szkół, który charakteryzuje, jak wspomniano wyżej, subiektywne odczucie pogłosu. Wyniki przedstawiono na ryc. 4 i 5.



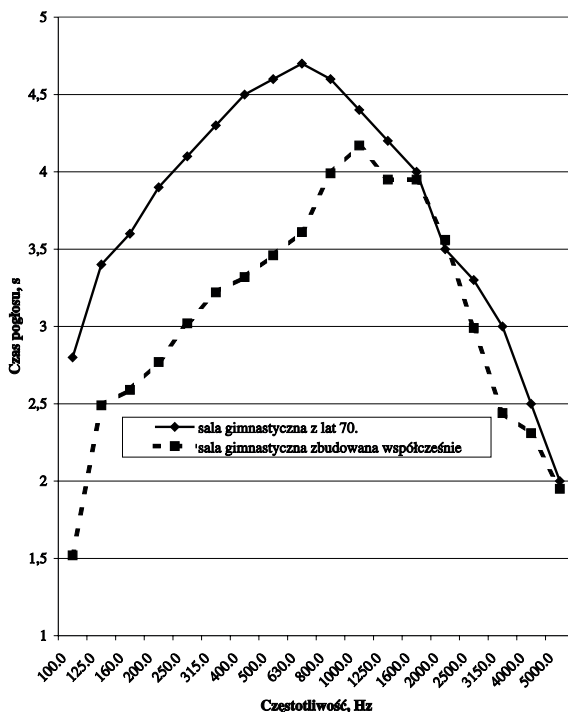
Ryc. 4. Wczesny czas zaniku, EDT w klasach szkolnych zbudowanych w latach 70.
Early decay time, EDT in the classrooms built in 1970s.



Ryc. 5. Wczesny czas zaniku, EDT w klasach szkolnych zbudowanych po roku 2000.
Early decay time in the classrooms built after 2000.

Przebieg krzywych wczesnego czasu zaniku dźwięku w funkcji częstotliwości nie odbiega w znaczący sposób od scharakteryzowanego wyżej czasu pogłosu, który opisuje fizyczne właściwości pomieszczeń.

W badaniach przeanalizowano również czasy pogłosu sal gimnastycznych. Zbadano jedynie dwie sale, jedną w szkole zbudowanej w latach 70. i drugą zbudowaną współcześnie. Wyniki porównawcze charakterystyki częstotliwościowej czasu pogłosu przedstawiono na ryc. 6.



Ryc. 6. Porównanie czasu pogłosu sal gimnastycznych w obiekcie zbudowanym w latach 70. i po roku 2000.

Compare of the reverberation time in the sports halls built at 1970s and after 2000.

Z danych wynika, że również sale gimnastyczne charakteryzuje długi czas pogłosu, zbyt długi nawet przy uwzględnieniu większej ich objętości w stosunku do klas szkolnych. Większą objętością można również tłumaczyć dłuższy czas zaniku dźwięku w sali zbudowanej w latach 70. pomimo zastosowania na stropie wielootworowych belek, które stanowią rolę elementu dźwiękochłonnego. Jest to widoczne szczególnie przy niskich częstotliwościach, gdzie wyraźnie jest on niższy.

Proporcje akustyczne pomieszczeń

Pomieszczenia szkolne mają kształt prostopadłościanu. Proporcje ich wymiarów liniowych wysokości, szerokości i długości wynosiły w klasach zbudowanych w latach 70. jak 1:2:3, a w klasach szkoły zbudowanej niedawno 1:1,7:1,8. Oznacza to, że klasy w odniesie-

niu do zalecanych proporcji akustycznych, są generalnie szersze i dłuższe. Dotyczy to w szczególności budownictwa z lat 70. realizowanego według typowych, powielanych projektów. Klasy z tego okresu są szersze od zalecanych proporcji o ok. 60% i dłuższe o ok. 90%. Mniejsze odchylenia dotyczą proporcji klas w szkole zbudowanej współcześnie. Są one szersze o ok. 35% i dłuższe o ok. 13%. Kształt klas i proporcje wymiarów mają wpływają na liczbę i równomierność rozkładu częstotliwości własnych pomieszczenia i tym samym na transmisję sygnałów mowy.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Przedstawiony wyżej obraz właściwości akustycznych szkół jest bardzo niekorzystny. Ogólnie można stwierdzić, że są one nieprzystosowane do prawidłowego przekazywania informacji słownej. Charakteryzują się one nie tylko zbyt długim czasem pogłosu, spowodowanym małą chłonnością akustyczną pomieszczeń, ale również nieprawidłowymi wymiarami, powodującymi nierównomierny rozkład częstotliwości drgań własnych pomieszczenia. Zwiększa to dodatkowo możliwość zniekształceń sygnałów mowy.

Przy wydłużonym czasie pogłosu wypowiedane słowa nakładają się na odbitą energię mowy, w wyniku czego następują wzmocnienia i osłabienia zmniejszające jej zrozumiałość, pojawiają się zniekształcenia bądź zatarcie jej wyrazistości. Zależnie od charakteru transmisji może następować dominacja np. samogłosek, których energia zawiera się głównie w zakresie 250 – 2000 Hz, względnie spółgłosek dźwięcznych zawierających się w paśmie 250 – 4000 Hz, bądź też obniżenie głośności spółgłosek bezdźwięcznych i zbitok spółgłoskowych, których energia zawiera się w paśmie powyżej 2000 Hz – 8000 Hz.

Ponadto, gdy energia odbitych fal dźwiękowych zanika dość wolno, zwiększa się ogólny poziom dźwięku w pomieszczeniu, co w efekcie prowadzi do dalszego pogarszania warunków porozumiewania się.

W Polsce brak jest przepisów określających wymagania, które dotyczyłyby właściwości akustycznych pomieszczeń dla budownictwa ogólnego, w tym dla obiektów szkolnych.

Zagadnienie to w innych krajach są rozwiązywane poprzez wytyczne budowlane bądź też poprzez standardy krajowe. Przykładowo w wytycznych projektowych obowiązujących w Wielkiej Brytanii zaleca się, by w pomieszczeniach szkolnych (bez uwzględniania uczniów) czas pogłosu w zakresie średnich częstotliwości kształtował się na poziomie 0,5 – 0,8 s dla dzieci ze słuchem normalnym i 0,3 – 0,6 s dla dzieci z uszkodzeniami słuchu (5). Krótszy czas jest zalecany dla klas szkolnych, dłuższy dla korytarzy i schodów. Dla sal muzycznych i dansingowych oraz sal o większej kubaturze proponuje się czas pogłosu 1,0 – 1,2 s.

Podobne wartości czasu pogłosu zawarte są w standardzie szwedzkim [12]. Dla klas, szatni i pomieszczeń wejściowych o powierzchni do 75 m² i wysokości 3 m czas pogłosu powinien wynosić 0,5 – 0,6 s, w korytarzach 0,6 – 0,8 s, na schodach 0,8 – 1 s, w salach komputerowych 0,4 s. W odniesieniu do częstotliwości 125 Hz dopuszczony jest wyższy czas pogłosu o 20%.

Zgodnie z zaleceniami ekspertów WHO czas pogłosu powinien kształtować się w pomieszczeniach szkolnych na poziomie 0,6 s – 1 s (1, 2). Krótszy czas pogłosu powinien charakteryzować pomieszczenia mniejsze (klasy), dłuższy sale o większej objętości (sale gimnastyczne, aule). Charakterystyka częstotliwościowa czasu pogłosu powinna mieć przebieg płaski z dopuszczalnym odchyleniem 5 – 10%. W paśmie dla częstotliwości mniejszych od 300 Hz zalecany jest spadek czasu pogłosu w kierunku malejących częstotliwości.

Czas pogłosu opisuje jedynie jakość akustyczną pomieszczenia. Jej kształtowanie zależy natomiast od tzw. chłonności akustycznej. Jest to zdolność danego pomieszczenia do pochłaniania dźwięków. W momencie kiedy fale dźwiękowe natrafiają na powierzchnie otaczające pomieszczenie część energii dźwiękowej ulega odbiciu, a część zostaje pochłonięta bądź przenoszona przez przegrodę. Pochłanianie następuje w wyniku przetwarzania energii kinetycznej fali w energię cieplną. O tym jak duża część energii ulegnie przetworzeniu w energię cieplną decydują właściwości dźwiękochłonne materiału znajdującego się w pomieszczeniu.

Kształtowanie czasu pogłosu w określonym pomieszczeniu szkolnym wymaga więc doboru odpowiedniego rodzaju i ilości materiałów pochłaniających, by można było uzyskać dobre efekty akustyczne w pomieszczeniu. Właściwości dźwiękochłonne materiałów opisuje się przez podanie współczynnika pochłaniania dźwięku α (alfa) w funkcji częstotliwości. Zgodnie z międzynarodową klasyfikacją materiały dźwiękochłonne zostały podzielone na klasy od A do E (3). Klasa pochłaniania dźwięku A charakteryzuje się największą zdolnością pochłaniania, pozostałe kolejno mniejszą. Materiały cechuje różna zdolność pochłaniania dźwięków w zależności od częstotliwości. Najtrudniej dobre efekty pochłaniania uzyskać w zakresie niskich częstotliwości, poniżej 300 Hz.

Obniżenie czasu pogłosu w zakresie niskich częstotliwości wymaga zastosowania ustrojów dźwiękochłonnych.

Dla polepszenia właściwości akustycznych pomieszczeń szkolnych należałoby wprowadzić do nich odpowiednią ilość materiałów o wysokim współczynniku pochłaniania dźwięku. Najkorzystniejszym rozwiązaniem jest pokrycie sufitu materiałem dźwiękochłonnym określonej klasy. Z doświadczeń wynika, że powinno to dotyczyć ok. 90% powierzchni sufitu [10].

Powierzchnia sufitu bezpośrednio nad nauczycielem powinna charakteryzować się właściwościami rozpraszającymi dźwięk wysokich częstotliwości. Połączenie elementów charakteryzujących się dużą zdolnością pochłaniania dźwięków z takimi, które dźwięk odbijają, lecz równocześnie pochłaniają pewną część dźwięków w paśmie niskich częstotliwości zapewnia dobrą zrozumiałość mowy.

W salach o większej powierzchni dodatkowo polepszenie jakości akustycznej można uzyskać przez umieszczenie na suficie w jego środkowej części materiału rozpraszającego dźwięk o wysokiej częstotliwości. W określonych przypadkach materiał pochłaniający powinien być również umieszczony na tylnej ścianie klasy, aby zapewnić właściwą chłonność akustyczną w różnych miejscach pomieszczeniu.

PODSUMOWANIE

Z przeprowadzonych badań wynika, że pomieszczenia szkolne charakteryzują się nieprawidłowymi właściwościami akustycznymi. Wskutek niedostatecznej chłonności akustycznej pomieszczeń występujący w nim pogłos może powodować utrudnienia w przekazywaniu informacji słownych prowadząc do zniekształcenia i zakłóceń w porozumiewaniu się słownym. Zbyt duży czas pogłosu sprzyja ponadto wzrostowi hałasu w szkole.

Powyzsza sytuacja jest wynikiem braku zainteresowania właściwościami akustycznymi pomieszczeń szkolnych w Polsce i brakiem środków na wyposażenie klas w materiały dźwiękochłonne. Poprawa klimatu akustycznego w szkole i stworzenie prawidłowych warunków nauczania wymaga poza budową samych obiektów odpowiedniego kształtowania ich wnętrza.

Z. Koszarny, A. Chyla

SCHOOL ROOMS' ACOUSTIC CHARACTERISTICS

Summary

Quality and usefulness of school rooms for transmission of verbal information depends on the two basic parameters: form and quantity of the reverberation time, and profitable line measurements of school rooms from the acoustic point of view. An analysis of the above-mentioned parameters in 48 class rooms and two gymnasiums in schools, which were built in different periods, shows that the most important problem is connected with too long reverberation time and inappropriate acoustic proportions. In schools built in the 1970s, the length of reverberation time is mostly within a low frequency band, while in schools built contemporarily, the maximum length of disappearance time takes place in a quite wide band of 250–2000 Hz. This exceeds optimal values for that kind of rooms at least twice, and five times in the newly built school. A long reverberation time is connected with a low acoustic absorption of school rooms. Moreover, school rooms are characterised by inappropriate acoustic proportions. The classrooms, in their relation to the height, are too long and too wide. It is connected with deterioration of the transmission of verbal information. The data show that this transmission is unequal. Automatically, it leads to a speech disturbance and difficulties with understanding. There is the need for adaptation of school rooms through increase of an acoustic absorption.

PIŚMIENNICTWO

1. *Berglund B., Lindvall T.*: Community noise. Document prepared for the World Health Organization, Center for Sensory Research, Stockholm 1995, s. 154
2. *Berglund B., Lindvall T., Schwela D. H.*: Guidelines for community noise. World Health Organization, Geneva 1999, s. 57
3. EN ISO 11654:1997 – Acoustics. Sound absorbers for use in buildings. Rating of sound absorption
4. *Evans G. W., Bullinger M., Hygge S.*: Chronic noise exposure and psychological response: A prospective study of children living under environmental stress. *Psychological Science* 1998, 9, 1
5. Guidelines for environmental design in schools. *Building Bulletin* 93
6. *Hojan E.*: Zasady nagłaśniania pomieszczeń i przestrzeni otwartej. Wyd. UAM, Poznań 1988
7. *Koszarny Z., Goryński P.*: Narażenie uczniów i nauczycieli na hałas w szkole. *Roczn. PZH* 1990, 40, 297–310
8. *Koszarny Z.*: Ocena hałasu szkolnego przez nauczycieli oraz jego wpływ na stan zdrowia i samopoczucie. *Roczn. PZH* 1992, 42, 201–210
9. *Koszarny Z., Jankowska D.*: Uwarunkowania klimatu akustycznego pomieszczeń szkół ogólnokształcących w porównaniu ze szkołami podstawowymi. *Roczn. PZH* 1996, 47, 423–429
10. *Langerström J.*: Acoustic guide. Selection of acoustic quality in buildings. Swedish Council for Buildings Research, Stockholm 1996
11. PN ISO 3382 – Akustyka. Pomiar czasu pogłosu pomieszczenia w powiązaniu z innymi parametrami akustycznymi
12. Swedish Standard 02 52 68 Acoustics – Sound classification of spaces in buildings – institutional premises, rooms for education, day centres and after school centres, rooms for office work and hotels (in Swedish)

Otrzymano: 2002.11.04