

## PROBLEMY ZWIĄZANE Z JAKOŚCIĄ AKUSTYCZNĄ POMIESZCZEŃ TYPU „OPEN SPACE”

Marek JABŁOŃSKI, Agnieszka KRUCZEK

*Politechnika Łódzka, Katedra Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych  
Al. Politechniki 6, 90-924 Łódź, e-mail: marek.jablonski@p.lodz.pl*

**Streszczenie:** W pracy przeanalizowano problemy związane z jakością akustyczną biur typu „open space” w obiektach użyteczności publicznej. Przedstawiono wartości głównego parametru związanego z jakością akustyczną jakim jest czas pogłosu. Następnie oceniono komfort w analizowanym biurze na podstawie takich wskaźników jak: zanik przestrzenny dźwięku wraz z podwojeniem odległości  $D_{2,S}$  (Spatial Decay Rate of Speech), poziom dźwięku mowy w odległości 4m od źródła  $L_{P,A,S,4m}$  (A-weighted Sound Pressure Level of Speech at a distance of 4m), promień dekoncentracji  $r_D$  (Distraction Distance), promień komfortu akustycznego  $r_C$  (Distance of Comfort) oraz promień prywatności  $r_P$  (Privacy Distance).

**Słowa kluczowe:** Open space, jakość akustyczna, parametry akustyczne.

### 1. WSTĘP

Jakość akustyczna stanowi jedną z podstawowych cech użytkowych budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej. Jak ważny jest to problem, mogą świadczyć wyniki badań ankietowych prowadzonych zarówno w kraju, jak i na świecie. Z badań tych wynika, że zagrożenia akustyczne są wymieniane w pierwszej grupie uciążliwości występujących w budynkach i w ich otoczeniu. Przyczyną tego jest z jednej strony powszechne występowanie hałasów, wzrastająca liczba źródeł hałasu i ich natężenie, a jednocześnie niewłaściwe parametry akustyczne wielu istniejących, a także nowo wznoszonych budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej. Czynniki, które wpływają na akustykę pomieszczenia to kubatura i kształt pomieszczenia, materiały budowlane i wykończeniowe.

„Dobra akustyka” jest elementem niezbędnym we wnętrzu, aby zapewnić odpowiedni poziom wyrazistości mowy, wysoką jakość dźwięku i dobre samopoczucie obecnych

osób. Najogólniej cechą dobrego środowiska akustycznego jest wydobywanie pożądanych dźwięków, a eliminowanie dźwięków niepożądanych, które mogą zwiększać stres i obniżać motywację.

Aby ocenić pomieszczenie pod względem jakości akustycznej w pracy przeanalizowano wartości czasu pogłosu, uznawanego za najistotniejszy parametr akustyczny. Analizy dokonano ponadto na podstawie takich wskaźników jak: wskaźnik transmisji mowy  $STI$  (Speech Transmission Index), poziom ciśnienia akustycznego  $SPL(A)$  (A-weighted Sound Pressure Level), zanik przestrzenny dźwięku wraz z podwojeniem odległości  $D_{2,S}$  (Spatial Decay Rate of Speech), poziom dźwięku mowy w odległości 4m od źródła  $L_{P,A,S,4m}$  (A-weighted Sound Pressure Level of Speech at a distance of 4m), promień dekoncentracji  $r_D$  (Distraction Distance), promień komfortu akustycznego  $r_C$  (Distance of Comfort) oraz promień prywatności  $r_P$  (Privacy Distance).

Wykonano kilka wariantów obliczeń. Poszukiwano zależności pomiędzy efektywnością ekranów akustycznych, a ich wysokością oraz chłonnością akustyczną. Zastosowano różne warianty paneli akustycznych do biurek w pomieszczeniach typu „open space”. Dodatkowo sprawdzono w jakim stopniu zamontowanie sufitu pochłaniającego wpłynie na parametry akustyczne w pomieszczeniu.

### 2. KSZTAŁTOWANIE WŁAŚCIWOŚCI AKUSTYCZNYCH WNEŹRZ

Pod względem potrzeb adaptacji akustycznych wnętrza budowlane można podzielić na pomieszczenia produkcyjne, biurowe i usługowe oraz pomieszczenia o przeznaczeniu kulturalnym, szkoleniowym lub rozrywkowym.

Dla pierwszego typu pomieszczeń głównym celem jest zmniejszenie hałasów tak, aby polepszyć warunki pracy oraz zwiększyć zrozumiałość mowy. Można to osiągnąć dzięki odpowiedniemu ukształtowaniu pomieszczenia oraz stosowaniu ustrojów dźwiękochłonnych.

Dla pomieszczenia o przeznaczeniu kulturalnym, szkoleniowym lub rozrywkowym głównym celem jest spełnienie kryteriów jakości akustycznej, które można podzielić na subiektywne i obiektywne. Kryteria subiektywne są bardzo istotne w analizie akustycznej pomieszczeń, lecz często różnią się między sobą w zależności od indywidualności i innych cech osoby oceniającej.

W biurach „open space” należy dążyć do zmniejszenia poziomu oraz zasięgu dźwięku. Aby spełnić te wymogi, architekci wnętrz i akustycy powinni wykorzystywać wszelkie rozwiązania, takie jak: podwieszane sufity modułowe lub wyspy, panele i ekrany ścienna, miękkie wykładziny dywanowe a także panele akustyczne do oddzielenia stanowisk pracy.

### 3. WYMAGANIA AKUSTYCZNE STAWIANE BIUROM TYPU „OPEN SPACE”

Norma PN-EN ISO 3382-3:2012 [1] opisuje metody pomiaru właściwości akustycznych umeblowanych pomieszczeń biurowych typu "open space", które mogą być wykorzystywane do oceny właściwości akustycznych pomieszczeń biurowych na planie otwartym. Określa ona całą gamę parametrów odnoszących się do zasięgu dźwięku w pomieszczeniu typu „open space”. Są to następujące parametry:

- zanik przestrzenny dźwięku wraz z podwojeniem odległości od źródła  $D_{2,S}$
- poziom dźwięku mowy w odległości 4m od źródła  $L_{p,A,S,4m}$
- promień prywatności  $r_p$
- promień komfortu akustycznego  $r_c$
- promień dekoncentracji  $r_D$

#### 3.1. Zanik przestrzenny dźwięku wraz z podwojeniem odległości $D_{2,S}$

Parametr, który określa zanik przestrzenny dźwięku wraz z podwojeniem odległości od źródła, czyli o ile obniża się poziom dźwięku we wnętrzu wraz z oddalaniem się od źródła.

Jest mierzony w decybelach i przedstawiany jako krzywa zaniku dźwięku w pomieszczeniu.

Wartość zalecana:  $D_{2,S} \geq 7dB$

#### 3.2. Poziom dźwięku mowy $L_{p,A,S,4m}$

Parametr opisujący poziom dźwięku mowy skorygowany charakterystyką częstotliwościową A w odległości 4m od

źródła. Wartość uzyskuje się przy użyciu regresji liniowej poziomu ciśnienia akustycznego  $SPL(A)$ .

Wartość zalecana:  $L_{p,A,S,4m} \leq 48dB$

#### 3.3. Promień dekoncentracji $r_D$

Parametr opisujący odległość od źródła, przy której wskaźnik  $STI$  spada poniżej 0,50. Parametr ten odczytuje się z wykresu  $STI$  w zależności od odległości od źródła dźwięku. Definiuje on odległość, przy której dźwięk przestaje być zakłóceniem dla odbiorcy. Po przekroczeniu zalecanej wartości łatwiej się skoncentrować ze względu na gwałtowny wzrost odczucia prywatności.

Wartość zalecana:  $r_D \leq 5m$

#### 3.4. Promień prywatności $r_p$

Parametr opisujący odległość od źródła przy której wskaźnik  $STI$  spada poniżej 0,20. Parametr ten odczytuje się z wykresu  $STI$  w zależności od odległości od źródła dźwięku. Definiuje on odległość, przy której dźwięk przestaje być zrozumiały dla odbiorcy. Sprawdza się go opcjonalnie. Powyżej wartości  $r_p$  poziom koncentracji i prywatności odbiorców jest zbliżony do sytuacji, jakby znajdowali się w dwóch oddzielnych pomieszczeniach biurowych.

#### 3.5. Poziom dźwięku tła akustycznego $L_{p,A,B}$

Poziom dźwięku tła akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową A nie jest w żaden sposób wymagany przez normę PN-EN ISO 3382-3:2012. Wartości zalecane zostały wyznaczone w oparciu o pomiary dokonane przez Nilssona [2].

Wartość zalecana:  $35dB \leq L_{p,A,B} \leq 40dB$

#### 3.6. Promień komfortu akustycznego $r_c$

Promień komfortu  $r_c$  wyznacza się za pomocą wzoru

$$r_c = 4 \cdot 10^{\frac{0,3(L_{p,A,S,4m} - L_C)}{D_{2,S}}} \quad (1)$$

Promień komfortu akustycznego jest parametrem, który sprawdza się opcjonalnie. Definiuje on odległość, przy której poziom dźwięku spada poniżej poziomu dźwięku tła akustycznego  $L_{p,A,B}$ . Zaleca się, aby w obliczeniach wartość  $L_C$  (poziom komfortu dźwięku) przyjmować równą wartości  $L_{p,A,B}$  (poziom dźwięku tła akustycznego). Wartość zalecana:  $r_c \leq 12m$

#### 3.7. Zestawienie zalecanych wartości parametrów

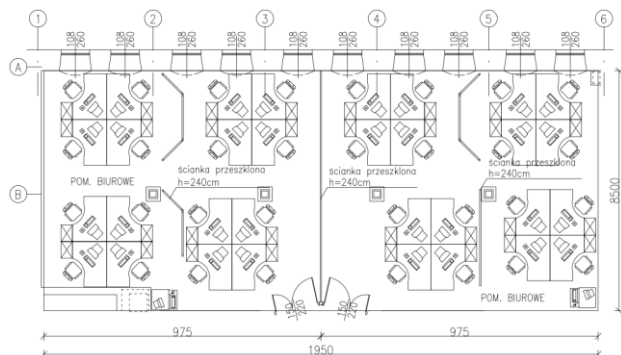
W tabeli poniżej przedstawiono wartości parametrów akustycznych dotyczących biur „open space” z podziałem na jakość warunków akustycznych pomieszczenia.

Tabela 1. Wartości parametrów akustycznych  
Table 1. Acoustics parameters for open space offices

Parametr	Warunki		
	Złe	Pośrednie	Dobre
$D_{2,5}$	$D_{2,5} < 5dB$	$5dB \leq D_{2,5} < 7dB$	$D_{2,5} \geq 7dB$
$L_{p,A,S,4m}$	$L_{p,A,S,4m} > 50dB$	$50dB \geq L_{p,A,S,4m} > 48dB$	$L_{p,A,S,4m} \leq 48dB$
$r_D$	$r_D > 10m$	$10m \geq r_D > 5m$	$r_D \leq 5m$

#### 4. OPIS ANALIZOWANEGO OBIEKTU

Analizowane biuro „open space” znajduje się w budynku pofabrycznym. Na piętrach zaprojektowano wiele pomieszczeń biurowych na planie otwartym. Do analizy wybrano jedno z biur, w którym znajduje się osiem czteroosobowych stanowisk do pracy, podzielonych na dwie czterostanowiskowe części za pomocą przeszklonej ścianki o wysokości 2,4m. Wymiary pomieszczenia przedstawiono na Rys. 1. Wysokość pomieszczenia 3m.



Rys. 1. Rzut analizowanego biura  
Fig. 1. Plan of analyzed room

#### 5. SYMULACJA KOMPUTEROWA

W celu przeprowadzenia symulacji komputerowej wykorzystano komputerowy model pola akustycznego, oparty na zmodyfikowanej metodzie promieniowej [3], przy użyciu którego obliczono parametry opisujące charakter akustyki pomieszczenia.

W pierwszej kolejności zbudowano trójwymiarowy model geometryczny obiektu (Rys. 2).

Następnie każdej powierzchni przypisano materiał (współczynnik pochłaniania dźwięku), z jakiego została wykonana:

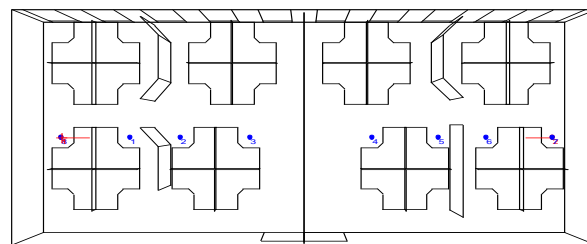
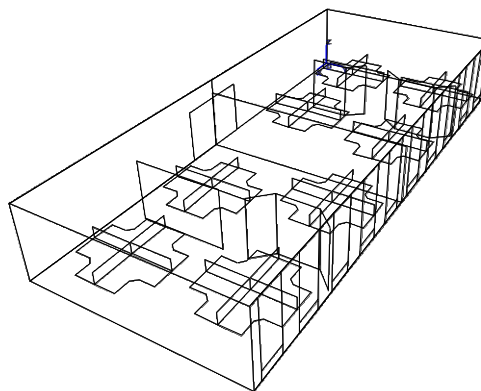
- Podłoga parkiet
- Sufit tynk cementowo-wapienny, panele sufitowe
- Drzwi drewniane
- Okna podwójnie szklone
- Biurka drewniane

- Ściany tynk cementowo-wapienny
- Panele poliwęglan komórkowy, Acousto Screen

Panele dźwiękochłonna-izolacyjne stosuje się w pomieszczeniach biurowych jako osłony danego stanowiska pracy w celu tłumienia hałasu emitowanego przez inne stanowiska pracy biurowej, maszyny i urządzenia. W celu uzyskania maksymalnej skuteczności, panel należy umieścić jak najbliżej źródła hałasu lub stanowiska pracy. Zasadniczymi elementami paneli są: warstwa izolacyjna w środku oraz zewnętrzne warstwy dźwiękochłonne.

Do poprawnego przeprowadzenia analizy należało zdefiniować dwa położenia źródła i minimum cztery punkty odbioru. W pomieszczeniu zdefiniowano dwa położenia wszechkierunkowego źródła dźwięku oraz siedem punktów odbioru. Punkty odbioru (7 punktów) zdefiniowano wzdłuż linii prostej łączącej źródło i najdalej oddalone stanowisko pracy. Kształt pomieszczenia, rozmieszczenie stanowisk pracy oraz przeszklona ścianka ograniczały możliwość usytuowania punktów odbioru na kilku ścieżkach pomiarowych. Z tego powodu, aby spełnić warunek dwóch pozycji źródła obliczenia wykonano dla dwóch pozycji źródła w przeciwnych kierunkach na linii pomiarowej (Rysunek 2).

Położenie źródeł i punktów odbioru jest zgodne z normą PN-EN ISO 3382-3:2012.



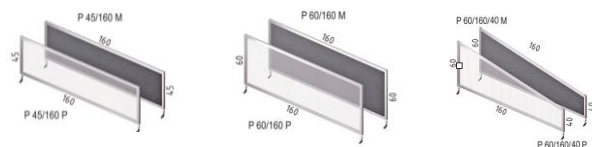
Rys. 2. Geometria analizowanego obiektu oraz lokalizacja źródeł dźwięku i odbiorów

Fig. 2. Geometry of the analyzed domain and distribution of sound sources and receiver

Tabela 2. Współczynniki pochłaniania materiałów wykończeniowych analizowanego pomieszczenia  
Table 2. Octave band acoustic absorption coefficients for materials in the room

Materiał	Pogłosowy współczynnik pochłaniania dźwięku $\alpha$							
	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz
Parkiet	0,15	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07	0,07
Tynk cem-wap.	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05
Rigips Casoprano Casovioce	0,30	0,47	0,57	0,60	0,57	0,51	0,35	0,35
Drzwi	0,14	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10	0,10
Okno	0,10	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02
Biurka	0,14	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10	0,10
Panele akustyczne	0,08	0,08	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
Panel Acousto Screen	0,10	0,10	0,30	0,50	0,70	0,70	0,70	0,70

Analizę wykonano dla pięciu różnych wariantów obliczeń. Zróznicowano je pod względem zastosowanych paneli akustycznych do biurek „open space” (zmienna wysokość oraz współczynnik pochłaniania paneli).



Rys. 3. Elementy akustyczne oddzielające biurka  
Fig. 3. Acoustic elements separating the desk

W ostatnim z wariantów, w celu zwiększenia chłonności akustycznej pomieszczenia, zastosowano dodatkowo panele sufitowe wykonane z płyty gipsowo-kartonowej, charakteryzujące się perforowaną powierzchnią i lepszymi właściwościami pochłaniającymi.

## 6. WYNIKI SYMULACJI KOMPUTEROWEJ

Po wprowadzeniu kształtu pomieszczenia oraz współczynników pochłaniania dźwięku materiałów wykończeniowych, przedstawionych w tabeli 2, obliczono przy pomocy programu komputerowego odpowiedź pomieszczenia na pobudzenie impulsowe. Wyniki symulacji numerycznych pozwoliły obliczyć wartości parametrów odnoszących się do zasięgu dźwięku w pomieszczeniu typu „open space”. W niniejszym opracowaniu dla poszczególnych wariantów przedstawiono następujące parametry:

- czas pogłosu RT
- zanik przestrzenny dźwięku wraz z podwojeniem odległości od źródła  $D_{2,S}$
- współczynnik zrozumiałości mowy STI
- poziom ciśnienia dźwięku SPL(A)

Inne parametry opisujące komfort akustyczny w pomieszczeniach na planie otwartym wyznaczono przy pomocy zależności normowych bądź odczytano z odpowiednich wykresów (np. z wykresu zmian wskaźnika zrozumiałości mowy STI w zależności od odległości od źródła odczytano wartości parametrów  $r_D$  i  $r_P$ ).

Obliczenia przeprowadzono dla temperatury 20°C oraz wilgotności względnej 50%.

Poziom tła akustycznego w analizowanym pomieszczeniu wynosił 37dB.

Przyjęto moduł siatki przestrzennej 0,25x0,25m.

### 6.1. Czas pogłosu

Zestawienie wartości czasu pogłosu (średnia arytmetyczna dla częstotliwości od 125Hz do 4000Hz) dla poszczególnych wariantów przedstawiono w tabeli 3. Parametr ten uznano za podstawowy a jego wartości świadczą bezpośrednio o jakości akustycznej pomieszczenia.

Tabela 3. Wartości czasu pogłosu dla poszczególnych wariantów obliczeń

Table 3. Reverberation time RT obtained from the computer analysis

Wariant	Średni czas pogłosu [s]
Panel o wysokości 45cm	1,21
Panel o wysokości 60cm	1,19
Panel o wysokości 40cmx60cm	1,18
Panel o wysokości 45cm Acousto	1,14
Panel o wysokości 45cm+sufit	0,45

### 6.2. Zanik przestrzenny dźwięku wraz z podwojeniem odległości $D_{2,S}$

Wartości zaniku przestrzennego dźwięku dla poszczególnych wariantów przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Wartości zaniku przestrzennego dźwięku  $D_{2,S}$  dla poszczególnych wariantów obliczeń

Table 4. Spatial decay rate of A-weighted SPL of speech  $D_{2,S}$  obtained from the computer analysis

Wariant	Średni zanik przestrzenny dźwięku [dB]
Panel o wysokości 45cm	4,26
Panel o wysokości 60cm	4,23
Panel o wysokości 40cmx60cm	4,17
Panel o wysokości 45cm Acousto	5,37
Panel o wysokości 45cm+sufit	4,56

Przy wyznaczaniu parametru nie uwzględniano wartości poziomu dźwięku dla punktów zlokalizowanych w pobliżu ścian odbijających. Przy ustaleniu tego parametru wzięto pod uwagę tylko wyniki uzyskane dla punktów pomiarowych zlokalizowanych w zakresie odległości od 2m do 16m od źródła dźwięku.

### 6.3. Współczynnik zrozumiałości mowy STI oraz poziom ciśnienia akustycznego SPL(A)

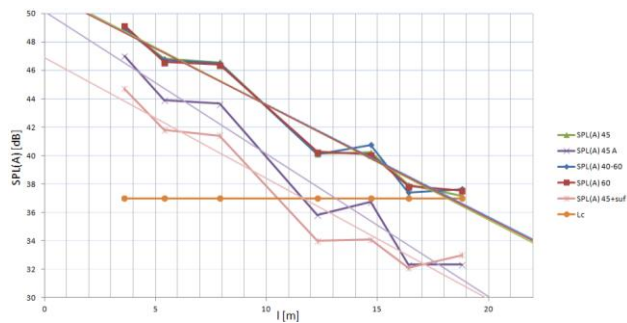
Wartości współczynnika zrozumiałości mowy STI oraz poziomu ciśnienia akustycznego SPL(A) odczytano w punktach odbioru zlokalizowanych wzdłuż linii prostej łączącej źródło i najdalej oddalone stanowisko pracy (rysunek 2). Wartości tych parametrów w zależności od odległości od źródła przedstawiono na rysunku 4 i 5.

## 7. OBLICZONE PARAMETRY

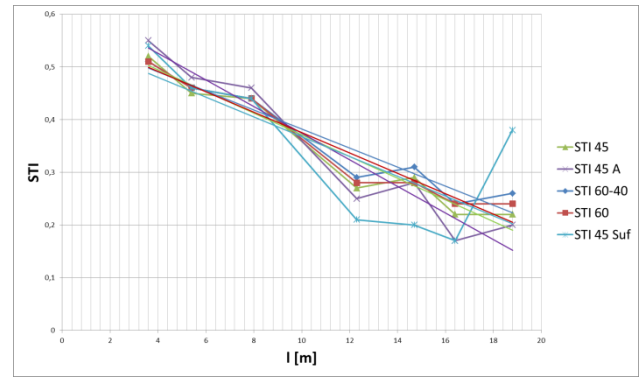
Zgodnie z normą PN-EN ISO 3382-3:2012 określono następujące parametry odnoszące się do zasięgu dźwięku w pomieszczeniu typu „open space”:

- promień dekoncentracji  $r_D$
- zanik przestrzenny dźwięku mowy wraz z podwojeniem odległości od źródła  $D_{2,S}$
- poziom dźwięku mowy w odległości 4m od źródła  $L_{p,A,S,4m}$
- promień prywatności  $r_p$
- promień komfortu akustycznego  $r_c$

Na podstawie wyników z programu komputerowego stworzono przebiegi danych parametrów w przestrzeni a z nich odczytano wartości odpowiednich parametrów. W pracy przedstawiono parametry odczytane dla jednej pozycji źródła na ścieżce zdefiniowanych punktów odbioru. Wartości dla przeciwnego kierunku źródła były bardzo zbliżone.



Rys. 4. Zmiana poziomu dźwięku SPL(A) w zależności od odległości od źródła  
Fig. 4. The change of Sound Pressure Level in the space domain



Rys. 5. Zmiana wskaźnika zrozumiałości mowy STI w zależności od odległości od źródła

Fig. 5. The change of Speech Transmission Index in the space domain

Określone na podstawie obliczeń parametry odnoszące się do zasięgu dźwięku w pomieszczeniu typu „open space” oraz ich zalecane wartości przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Wartości obliczonych parametrów dla poszczególnych wariantów obliczeń

Table 5. The values of the calculated parameters for the different variants

Wariant	Parametr					$L_{p,A,B}$ [dB]
	konieczne			opcjonalne		
	$r_D$ [m]	$D_{2,S}$ [dB]	$L_{p,A,S,4m}$ [dB]	$r_p$ [m]	$r_c$ [m]	
45	4,4	4,3	48,5	18,3	25,8	37
60	4,0	4,2	48,3	19,0	28,4	
40x60	4,6	4,2	48,3	20,0	29,2	
45A	5,4	5,4	46,2	16,9	14,5	
45+sufit	4,6	4,6	43,5	18,6	9,9	
Zalecane	$r_D \leq 5m$	$D_{2,S} \geq 7m$	$L_{p,A,S,4m} \leq 48dB$	--	$r_c \leq 12m$	

## 8. WNIOSKI

Zagadnienia akustyczne w budynkach biurowych na planie otwartym dotyczą ograniczenia w ich pomieszczeniach wpływu na pracowników hałasu wywołanego przez źródła zlokalizowane wewnątrz i na zewnątrz tych budynków.

Pierwszym parametrem, który został poddany analizie był czas pogłosu. Dla biur typu „open space” rekomendowany czas pogłosu wynosi 0,4-0,5s. Jedynie wariant z zastosowanymi panelami sufitowymi spełnił te wymagania (0,45s). W pozostałych wariantach czas pogłosu miał dwukrotnie większe wartości. Można zauważyć, że wartości czasu pogłosu przy zastosowaniu różnego rodzaju paneli (45x160cm, 60x160cm, 40x60x160cm) nie wykazują dużych różnic. W przypadku zastosowania paneli pochłaniających wartość czasu pogłosu minimalnie się poprawia.

Norma PN-EN ISO 3382-3:2012 określa całą gamę parametrów odnoszących się do zasięgu dźwięku w pomieszczeniu typu „open space”. Po dokonaniu analizy

odpowiednich parametrów stwierdzono, iż najbardziej efektywnym okazał się wariant z zastosowanymi panelami sufitowymi, które spowodowały zwiększenie chłonności akustycznej pomieszczenia. Jest to jedyny wariant, w którym został spełniony zarówno warunek dotyczący poziomu dźwięku  $L_{p,A,S,4m}$ , jak i promienia dekoncentracji  $r_D$ . Co więcej, w tym przypadku promień komfortu  $r_C$  także spełnia wartości zalecane. Bardzo często podwieszane sufity nie pochłaniają dźwięku w wystarczającym stopniu przez co stają się „lustrem akustycznym”, które odbija fale dźwiękowe i potęguje hałas. Poprzez zastosowanie paneli sufitowych zostało zapewnione równomierne pochłanianie dźwięku w szerokim zakresie częstotliwości.

Bardzo porównywalne wyniki otrzymano dla wariantów paneli akustycznych oddzielających stanowiska pracy o wymiarach 45x160cm, 60x160cm oraz 40x60x160cm. Wyniki analiz dla tych wariantów pokazały, że zmiana wysokości elementów oddzielających stanowiska robocze nie przynosi dużej zmiany w warunkach akustycznych odczuwanych przez osoby z sąsiednich stanowisk. Wartość zalecana parametru zaniku przestrzennego dźwięku  $D_{2,S}$  nie została spełniona w żadnym z analizowanych wariantów. Jednak na podstawie przeprowadzonych symulacji wykazano, że najbardziej zbliżony do wartości zalecanej jest wynik uzyskany przy zastosowaniu paneli akustycznych z powłoką pochłaniającą.

Analizowane parametry odnoszące się do zasięgu dźwięku w pomieszczeniu typu „open space” są ze sobą powiązane, co sprawia, że powinny być brane pod uwagę jednocześnie. Spełnienie tylko jednego z nich nie zapewni dobrych warunków. Dlatego też dobór rozwiązań powinien być dokonywany na zasadzie optymalizacji. Z uwagi na zależności pomiędzy poszczególnymi parametrami, należy zwracać szczególną uwagę na fakt, iż sposoby poprawy jednego parametru mogą negatywnie wpływać na wartości innego parametru.

Należy także zwrócić uwagę na wpływ przeszklonej ściany o wysokości 2,4m, która w zamysle miała zapewnić większą prywatność pracy w obu cztero-stanowiskowych częściach. Wyniki analizy pokazują, że ścianka nie spełnia założeń pełnego podziału pomieszczenia.

#### PROBLEMS WITH THE QUALITY OF ACOUSTIC FOR OPEN-PLAN OFFICES

**Summary:** This paper analyzes acoustics problems in open plan offices. The main room acoustics parameter, which is the reverberation time, was analyzed. Then, comfort of this office was rated based on such indicators as Speech Transmission Index  $STI$ , A-weighted Sound Pressure Level  $SPL(A)$ , Spatial Decay Rate of Speech  $D_{2,S}$ , A-weighted Sound Pressure Level of Speech at a distance of 4m  $L_{p,A,S,4m}$ , Distraction Distance  $r_D$ , Distance of Comfort  $r_C$  and Privacy Distance  $r_p$ .

#### Literatura

- [1] PN-EN ISO 3382-3-2012 „Akustyka – pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń: Pomieszczenia biurowe typu ‘open space’”
- [2] E. Nilsson: „Acoustic design of open-plan offices”, Nordic Innovation Center, 2010
- [3] ODEON Room Acoustics Program. Version 5.0. User Manual. Industrial, Auditorium and Combined Editions. 2001