

ZASADY DOBORU GŁOŚNIKÓW

w systemach rozgłoszeniowych

Kiedy wybierasz głośniki do określonych funkcji w systemie PA, musisz wziąć pod uwagę dwa podstawowe parametry :

- (1) Poziom Ciśnienia Dźwięku (SPL)
- (2) Zrozumiałość mowy

Pierwszy warunek musi być spełniony, aby informacja przekazywana przez głośniki była dobrze słyszana przez ludzi o normalnym słuchu, we wszystkich sektorach nagłośnianego obszaru.

Drugi warunek - szczególnie ważny - oznacza, że wzmacniana informacja musi być zrozumiała.

Poziom ciśnienia dźwięku blisko głośnika może być bardzo duży, po to, aby mógł uzyskać wystarczającą wartość na dużym obszarze pokrycia. Odbiór informacji blisko głośnika może nie być zrozumiały i prawdopodobnie nie bardzo przyjemny. Dla osiągnięcia właściwego pokrycia dźwiękiem całego obszaru, ilość głośników i miejsce ich umiejscowienia muszą być ostrożnie dobierane.

Z reguły, dla uzyskania dobrego pokrycia, lepiej użyć 2 głośniki grające ciszej, niż pojedynczy głośnik grający bardzo głośno.

Poziom Ciśnienia Dźwięku (SPL)

Wszystkie dokumentacje techniczne dot. głośnika powinny określać poziom ciśnienia dźwięku przez niego wytworzony, określony w decybelach (dB). Parametr ten, mierzony na osi emisji głośnika, w odległości 1m, w czasie gdy przetwarza on sygnał audio (z reguły 1kHz) o mocy elektrycznej równej 1W, zwany jest „efektywnością” głośnika.

Decybel (dB) jest miarą określającą poziom ciśnienia dźwięku, w odniesieniu do ustalonego poziomu ciśnienia 20 mikro Pascali.

Parametr SPL jest standardowym parametrem stosowanym przy planowaniu rozmieszczenia i kalkulacji ilości głośników.

Dla kalkulacji wzrostu SPL, wyrażanego w dB, w stosunku do mocy elektrycznej dostarczanej do głośnika (większej niż 1W), obowiązuje zależność logarytmiczna, wyrażona wzorem:

$$dB = 10 \log Px, \quad \text{gdzie } Px = \text{moc dostarczona do głośnika (w stosunku do 1W)}$$

Zawsze obowiązuje podstawowa zasada, że podwojenie mocy elektrycznej doprowadzonej do głośnika, powoduje zwiększenie poziomu SPL o 3 dB.

Na przykład : głośnik o efektywności 90 dB (1W/1m) wytworzy SPL równy 93 dB przy 2W, 96 dB przy 4W, 99 dB przy 8W, itd.

Poziom SPL maleje „do kwadratu” w stosunku do odległości od głośnika i wyraża się logarytmiczną zależnością

$$dB = 20 \log Dx, \quad \text{gdzie } Dx = \text{odległość od głośnika}$$

Zawsze obowiązuje podstawowa zasada, że podwojenie odległości od głośnika, powoduje spadek poziomu SPL o 6 dB.

Na przykład, dla głośnika o efektywności 90 dB (1W/1m), poziom SPL przy odległości 1m będzie równy 90 dB, w odległości 2 m - 84 dB, w odległości 4 m - 78 dB, a przy 8 m - 72 dB, itd.

Zależności pomiędzy wzrostem mocy, na wejściu głośnika, a spadkiem SPL, na odległości od głośnika, ilustruje poniższa tabelka:

Moc (W)	0,5m	1m	2m	4m	8m	16m
0,5	93 dB	87 dB	81 dB	75 dB	69 dB	63 dB
1	96 dB	90 dB	84 dB	78 dB	72 dB	66 dB
2	99 dB	93 dB	87 dB	81 dB	75 dB	69 dB
4	102 dB	96 dB	90 dB	84 dB	78 dB	72 dB
8	105 dB	101 dB	93 dB	87 dB	81 dB	75 dB

Tabela w ostatniej części tego opracowania, pokazuje typowe poziomy hałasu w otoczeniu i wymagane poziomy SPL dla głośników.

Przy doborze odpowiednich głośników pod kątem ich efektywności, ważne jest, aby zwrócić uwagę na ich charakterystyki kierunkowe, tzw. „kąć pokrycia”.

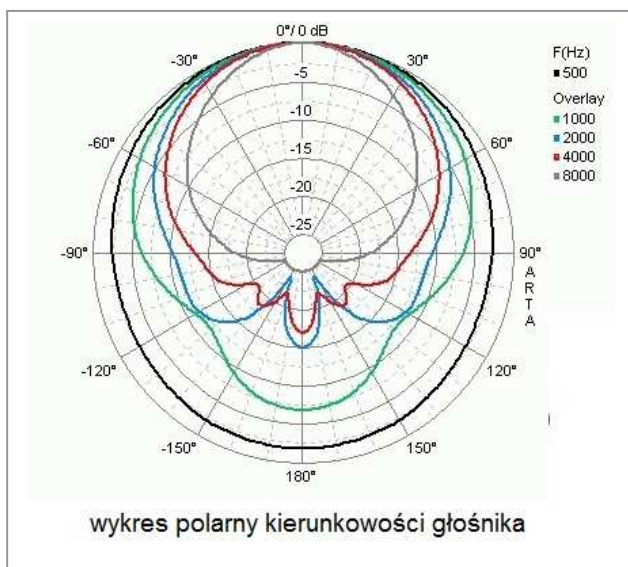
Dokumentacja głośnika podaje kąt pokrycia i powinna także określać, dla jakiej częstotliwości dokonano tego pomiaru. Z reguły, kąt pokrycia zawiera się w obszarze, którego przekroczenie powoduje spadek SPL o 6dB (dla danej częstotliwości), np. jeśli dane podają kąt pokrycia 120 stopni, to odchylenie o 60 stopni od osi głośnika spowoduje spadek SPL o 6 dB.

Głośniki emitują dźwięk z różnym „kątem pokrycia” dla różnych zakresów częstotliwości.

Tylko głośniki typu SOUNDSPHERE, które mają unikatową konstrukcję, emitują szerokie pasmo audio z jednakowym kątem pokrycia !!



głośnik sferyczny Soundsphere



Dla pełnego zobrazowania relacji kąta pokrycia i częstotliwości, wskazana jest konsultacja z wykresem biegunowym danego głośnika.

Przedstawiony wykres biegunowy dotyczy typowego głośnika tubowego z krzywymi kierunkowości dla częstotliwości 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz i 8000 Hz.

Wykres ten znakomicie pokazuje, jak bardzo ograniczony jest kąt pokrycia dla 8000Hz oraz 4000Kz w porównaniu do kątów dla 500Hz i 1000Hz.

Żeby określić właściwy „roboczy” poziom SPL dla swojego głośnika, należy znać poziom hałasu otoczenia, w którym głośnik ma pracować.

System nagłośnienia powinien być tak zaprojektowany, aby poziom ciśnienia dźwięku z głośnika (SPL), w najgłośniejszych momentach, przewyższał co najmniej 10 dB normalny poziom hałasu otoczenia.

Jest szczególnie ważne, aby każdy projektant systemu PA (nagłośnienia) rozumiał podstawy akustyki, ponieważ poziom ciśnienia fali dźwiękowej w dużym stopniu wpływa na: wielkość obszaru pokrycia, zrozumiałość mowy i występowanie efektu sprzężenia.

Zależność pomiędzy długością fali, prędkością dźwięku i częstotliwością pokazuje wzór poniżej. Pamiętać należy, że zależność pomiędzy poszczególną częstotliwością i jej długością fali nie jest całkowicie stała, bowiem prędkość dźwięku zmienia się w zależności od temperatury i wilgotności powietrza.

Długość fali dźwiękowej to odległość między sąsiadującymi szczytami tej fali.

$$\text{Długość fali (m)} = \frac{\text{prędkość dźwięku (340m/s)}}{\text{częstotliwość (Hz)}} \quad \text{lub} \quad \lambda = \frac{C}{F}$$

Dla zakresu słyszalnego 20 Hz – 20 kHz, długość fali zawiera się w przedziale 17m do 1,7cm. Dla częstotliwości 1000 Hz, fala ma długość 0,34 m.

Rezultatem tego jest częstsze występowanie sprzężeń i dłuższy czas pogłosu w zakresie niższych częstotliwości.

$$\text{Długość fali (m)} = \frac{340 \text{ m/s}}{1000 \text{ Hz}} \quad \text{lub} \quad \lambda = 0,34\text{m}$$

Wyżej umieszczony głośnik, zasilany większą mocą, potrafi pokryć dźwiękiem większą powierzchnię. W zewnętrznej instalacji głośniki umieszczane są z reguły na wysokości 4-7 m, w zależności od wielkości powierzchni do nagłośnienia.

Tabela daje podstawowe informacje, w jaki sposób zwiększa się obszar pokrycia dźwiękiem przez głośniki sufitowe przy różnych wysokościach sufitu :

wysokość sufitu	liczba głośników	obszar do nagłośnienia
< 2,5 m	5	ok. 25 m2
2,5 - 4,5 m	6	ok. 36 m2
4,5 -15 m	9	ok. 81 m2

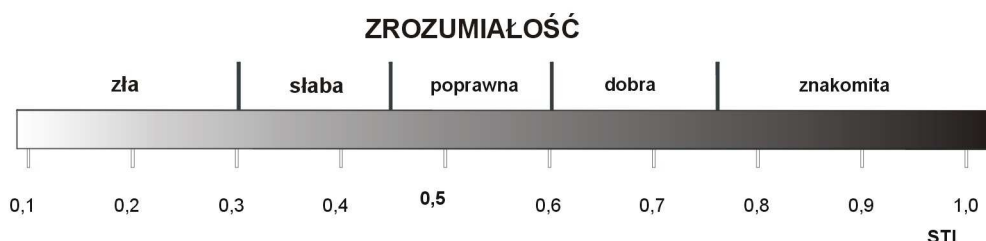
ZROZUMIAŁOŚĆ MOWY

Wymagana zrozumiałość mowy w systemach nagłośnieniowych zależy od wielu czynników, a w dużym stopniu, od charakteru miejsca przeznaczonego do nagłośnienia.

Jest bardzo ważne, aby wybrać właściwy typ głośnika - odpowiedni do charakteru miejsca, określić dokładnie ilość i rozmieszczenie głośników oraz ustawić ich optymalny poziom odtwarzania, aby poradzić sobie z niekorzystnym pogłosem i opóźnieniami dźwięku.

Każdy system nagłośnieniowy (Public Address) powinien tak przetwarzać dźwięk, aby zapewnić dobrą zrozumiałość mowy, co jest szczególnie ważne, gdy system nagłośnieniowy wykorzystywany jest do celów bezpieczeństwa. Taki system musi zapewnić zrozumiałość mowy na poziomie nie mniejszym niż 0.5 STI, co zostało określone w normie BS7443 z 1991 roku oraz potwierdzone w późniejszych EN60849 oraz EN50849

Należy pamiętać o tym, że w całym systemie nagłośnieniowym, który będzie poddany testom, głośniki są chyba najważniejszym elementem dla zapewnienia właściwej zrozumiałości mowy.



Wyniki pomiarów zrozumiałości mowy podaje się w jednostkach STI (Speech Transmission Index), w skali 10-cio punktowej.

WYBÓR GŁOŚNIKA

Dla zapewnienia dobrej zrozumiałości ważnym staje się właściwy wybór głośnika, odpowiedniego do rodzaju zastosowania. Dzisiejsze, zaawansowane systemy rozgłoszeniowe ułatwiają to zadanie, wyraźnie określając wytyczne lub parametry, jakie muszą spełniać głośniki w specyficznych zastosowaniach. Stary problem, tzn. sprzężenie, jest wciąż aktualny, choć nie występuje już tak często.

Kierunkowe głośniki pozwalają na większą swobodę w ich rozmieszczaniu, chociaż przy pełnymysterowaniu problem sprzężenia nadal istnieje – szczególnie na osi głośnik-mikrofon.

Głośniki (ze względu na sposób emisji) dzielimy na dookólne, dwu-kierunkowe lub jednokierunkowe.

Głośnikami dookólnymi nazywane są głośniki do wbudowania w sufity i ściany, głośniki skrzynkowe oraz głośniki sferyczne.

Dwu-kierunkowe głośniki emitują dźwięki z obu końców typowej obudowy cylindrycznej. Kierunkowe (jedno-kierunkowe) głośniki, w odróżnieniu od szerokokątnych głośników tubowych, to specjalnie ukształtowane cylindry z precyzyjnie określonym kątem pokrycia.



Na wielu stadionach, do sterowania zachowaniem publiczności i dla potrzeb bezpieczeństwa, systemy rozgłoszeniowe (systemy PA) wykorzystują głośniki, które emitują dźwięki tylko w bardzo wąskim obszarze tak, że ludzie w okolicach jednego głośnika słyszą zapowiedzi spikera, podczas gdy w pobliżu drugiego głośnika ta zapowiedź jest już mało słyszalna.



Rozwiązanie to eliminuje niebezpieczeństwo przenikania się dźwięków i jednocześnie zapewnia właściwą zrozumiałość mowy.

Wiele głośników tubowych emituje dźwięki w swoim podstawowym zakresie kąta pokrycia równym 120 stopni.

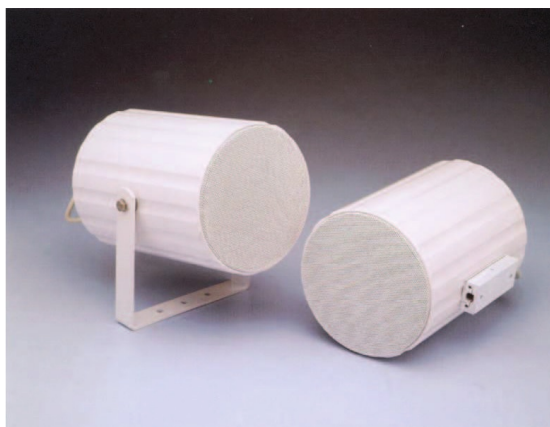
W innym przypadku głośniki o bardziej dokładnych parametrach, takie jak głośniki kierunkowe - zwane „projektorami dźwiękowymi” - można precyzyjnie nakierować poprzez odpowiednie ustawienie ich elementów montażowych. Obszar pokrycia dźwiękiem przez tego rodzaju głośniki jest precyzyjnie ograniczony, z minimalnymi odchylekami.

Dobrze zaprojektowany system z „projektorami dźwiękowymi” używany jest również do unikania ewentualnego „echa między-głośnikowego”. Ten niekorzystny efekt powstaje, gdy zapowiadana informacja z oddalonych głośników, z naturalnym opóźnieniem miesza się z informacją z głośników lokalnych. W rezultacie - zamiast jednej klarownej - słyszalne są dwie „rozmyte” i mniej zrozumiałe informacje.

Dla systemu przeznaczonego do rozgłaszania dźwięku w pomieszczeniach, selekcji głośników trzeba dokonywać z jeszcze większą troską.

Mimo że układ ścian stanowi odgradę pomiędzy oddalonymi od siebie głośnikami, to jednak fale dźwiękowe odbijają się od nich.

Efektom tego może być słyszalne echo (podobne do echa „między-głośnikowego”) lub też pogłos, który jest naturalnym efektem wymieszania się dużej liczby dźwięków odbitych z bezpośrednim.



Problemy te w różnym stopniu zależą od tego czy pomieszczenie jest puste, średnio zaludnione lub całkowicie wypełnione publicznością.

Teatralni inżynierowie dźwięku przykładają bardzo dużą wagę do różnych efektów w produkcji dźwięku w takich warunkach, który (w ekstremalnym przypadku) przypominać może efekt występujący na miejskim basenie.

Echa, które wytworzone zostaną w pomieszczeniu, którego ściany pokryte są glazurą a podłogą, która stanowi powierzchnia wody, są naprawdę znaczące. W takim przypadku hałas otoczenia jest równie zmienny, co bardzo duży.

Różnica pomiędzy poziomem hałasu otoczenia a poziomem dźwięku odpowiedniego głośnika, który musi przebić się przez hałas, jest bardziej kompleksowym zagadnieniem. Niemniej, dla potrzeb systemu rozgłaszania, zapowiedź i cicha muzyka „w tle” (tzw. „background music”) o poziomie 10 dB niższym jest do zaakceptowania.

Należy bardzo rozważnie dokonywać selekcji i rozmieszczenia wszystkich głośników.

Małe, skrzynkowe głośniczki mogą być najlepsze dla korytarzy i przejść ale zdecydowanie nie nadają się do nagłośnień w salach sportowych.

Wiele zastosowań wymaga, aby głośniki posiadały specjalne, zabezpieczające je obudowy - szczególnie dla użycia w aktywnym otoczeniu korozyjnym np. na basenach, lodowiskach czy morskich statkach. Głośniki potrzebne do nagłośnienia dalekich dystansów, muszą wykonać to zadanie bez wzajemnych interferencji (echa „między-głośnikowego”). Sugeruje się tu zastosowanie głośników o ustalonym kierunku emisji, chociaż każda instalacja może wykorzystywać inne sposoby dla uzyskania tego celu.



Wiele małych głośniczków użytych do nagłośnienia otwartych stanowisk pracy nie wytworzy „echa między-głośnikowego”, w przeciwieństwie do rozwiązania z parą dużych głośników rozmieszczonych w dużej odległości, których dźwięki przenikają się wzajemnie.

W przypadku użycia głośników sufitowych, kilka procent dźwięków „przenikających” jest nie do uniknięcia.

Eleganckie głośniki sferyczne mogą być z powodzeniem stosowane do rozgłaszania na dużym, średnio zabudowanym obszarze a także w pomieszczeniach o miarkowanym hałasie i ścianach nie odbijających dźwięku.

Rozgłaszanie w hałaśliwych warsztatach może wymagać instalowania wielu głośników o dużym poziomie dźwięku, starannie rozmieszczonych, aby nie powodowały efektu „echa”.

Wybierając odpowiedni rodzaj głośnika do specyficznych potrzeb nie należy zapominać o jego elektrycznym przetwarzaniu, w szczególności o jego impedancji.

Ponieważ większość typowych głośników posiada cewki o impedancji 8 Ohm, łączenie wielu głośników, w jednym obwodzie wzmacniacza o wypadkowej impedancji 4 lub 8 Ohm, staje się prawdziwą plątaniną połączeń szeregowych, równoległych i szeregowo-równoległych.

Dodatkowo, używanie systemu rozgłoszeniowego o niskiej impedancji linii głośnikowych wiąże się nieuchronnie z dużymi stratami sygnału na połączeniach między głośnikami.



Rozwiązaniem tego problemu jest użycie systemu rozgłaszania z wysoko-impedancyjnym rozdziałem sygnału głośnikowego, tzw. systemu z linią 100-voltową.

W takim systemie wzmacniacz mocy wyposażony jest w wyjściowy transformator liniowy, który zamienia nisko-impedancyjne wyjście wzmacniacza na wyższe napięcie (100V lub 70V) i impedancję rzędu kOhm.

Wszystkie głośniki w takim systemie wyposażone są w lokalne transformatory, które z powrotem zamieniają wysoką impedancję linii na małą impedancję cewki głośnika.

Transformatory głośnikowe, z reguły, wyposażone są w liczne odczepy na uzwojeniu pierwotnym, które umożliwiają skokowe nastawienie mocy wejściowej i tym samym regulację poziomu ciśnienia dźwięku (SPL) emitowanego przez głośnik.

Użycie techniki 100 V rozwiązuje problem strat sygnału w liniach głośnikowych i dodatkowo umożliwia równoległe łączenie wszystkich głośników, wykorzystując do tego przewody o niskich przekrojach, np. 1,5 mm².

Tabelka pokazuje, jak kształtują się impedancje głośnikowych linii 100V i 70V dla różnych poziomów mocy.

impedancja transformatora głośnikowego Ohm	na wejściu głośnika	
	100V	70V
160	60 W	30 W
250	45 W	22,5 W
330	30 W	15 W
400	25 W	12,5 W
500	20 W	10 W
670	15 W	7,5 W
1000	10 W	5 W
1660	6 W	3 W
2000	5 W	2,5 W
3300	3 W	1,5 W
4000	2,5 W	1,25 W
5000	2 W	1 W
10000	1 W	0,5 W

Klasyfikacja IP

Dla głośników pracujących na zewnątrz ważne jest, żeby we właściwym stopniu były one zabezpieczone przed wpływem czynników atmosferycznych, aby uchronić je przed koniecznością naprawy. Poziom zabezpieczenia oznaczany jest kodem wg klasyfikacji IP.

Pierwsza cyfra kodu IP określa stopień zabezpieczenia przed działaniem czynników stałych. Druga cyfra kodu IP określa stopień zabezpieczenia przed działaniem czynników ciekłych.

Jeśli urządzenie (głośnik) posiada klasę IP43, to z tabelki odczytać możemy, że jest zabezpieczone przeciwko działaniu ciał stałych, większych od 1 mm oraz od działania strumienia wody skierowanego pod kątem 60 stopni od osi urządzenia.

pierwsza cyfra <i>zabezpieczenie od działania ciał stałych</i>	druga cyfra <i>zabezpieczenie od działania cieczy</i>
0 brak zabezpieczenia	0 brak zabezpieczenia
1 zabezpieczenie przed działaniem obiektów większych od 50mm	1 zabezpieczenie od działania pionowo spadających kropel wody
2 zabezpieczenie przed działaniem obiektów większych od 12mm	2 zabezpieczenie od działania zraszania wodą pod kątem 15 stopni od pionu
3 zabezpieczenie przed działaniem obiektów większych od 2,5mm	3 zabezpieczenie od działania zraszania wodą pod kątem 65 stopni od pionu
4 zabezpieczenie przed działaniem obiektów większych od 1mm	4 zabezpieczenie od działania zraszania wodą z każdej strony
5 zabezpieczenie przed działaniem pyłu – ograniczony dostęp (bez wpływu na pracę)	5 zabezpieczenie od działania słabego strumienia wody z każdej strony
6 całkowite zabezpieczenie przed działaniem pyłu	6 zabezpieczenie od działania silnego strumienia wody z każdej strony
	7 zabezpieczenie od działania efektu zanurzenia poniżej 1m, na krótki czas
	8 zabezpieczenie od działania efektu zanurzenia pod ciśnieniem, na długi czas

Roboczy poziom SPL do rozgłaszania

efekt hałasu	poziom hałasu	opis sytuacji	wymagany poziom SPL dla rozgłaszania
rozmowa niesłyszalna	120 dB	w pobliżu silnika odrzutowego	jeśli hałas ma 100 dB lub więcej, dla zapewnienia słyszalności może być potrzebny SPL większy niż 120 dB (zależnie od częstotliwości hałasu) co stanowi górny próg bezpiecznego słuchania dla człowieka !
	110 dB	syrena alarmowa	
	100 dB	pod wiaduktem kolejowym (w trakcie przejazdu pociągu)	
rozmowa ledwie niesłyszalna	90 dB	hałas maszyn	100 dB lub więcej
	80 dB	drukarnia	
trzeba mówić głośno	70 dB	głośne biuro, magazyny	70 - 90 dB
	60 dB	kawiarnia, restauracja hotelu, mieszkanie w mieście	
	50 dB	kino	
możliwa jest swobodna rozmowa	40 dB	mieszkanie na wsi, szpital	80 - 100 dB, jeśli muzyka jest podstawowym źródłem sygnału 70 dB lub więcej (hałas może być prawie pomijalny)
	30 dB	studio radiowe	
	20 dB	szum liści na lekkim wietrze	
	10 dB	cichy szept	
	0 dB	dolny próg słyszenia	

Maksymalne poziomy SPL dla bezpiecznego słuchania

Organizacja pod nazwą Occupational Safety and Health Administration (OSHA) ustanowiła listę „bezpiecznych” dla człowieka poziomów SPL dla dziennej dawki ciągłego słuchania bez konieczności stosowania ochronników słuchu.

Poziom dźwięku SPL		Maksymalna dawka	
90	dB	8	godz./dzień
91.5	dB	6	godz./dzień
93	dB	4	godz./dzień
94.5	dB	3	godz./dzień
96	dB	2	godz./dzień
97.5	dB	1.5	godz./dzień
99	dB	1	godz./dzień
102	dB	0.5	godz./dzień
105	dB	0.25	godz./dzień
>105	dB	nie zalecany, ze względu na możliwość uszkodzenia słuchu	