

Ekspertyza akustyczna

"Przebudowa budynku szkoły w zakresie sali gimnastycznej
polegająca na wzmocnieniu konstrukcji dachu,
dodaniu sufitu podwieszonego, wymianie oświetlenia,
dodaniu wentylacji mechanicznej oraz ustawieniu centrali
wentylacyjnej na terenie"
w budynku szkoły podstawowej nr 1
Piaseczno, al. Kalin 30

Opracowali:

mgr inż. Ewa Urbańska

inż. Krzysztof Urbański

Warszawa, Luty 2018 r.

1. Podstawa i zakres ekspertyzy

Podstawą do opracowania ekspertyzy są następujące materiały:

- inwentaryzacja sali gimnastycznej szkoły podstawowej w Piasecznie, ul. Kalin 30 w skali 1:100 wykonany przez Biuro Projektowe Archimed sp. z o.o. Warszawa, ul. Lipska 3 - grudzień 2017 r.
- Polska Norma PN-B-02151-4 "Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań"
- literatura fachowa dotycząca akustyki wnętrz i ochrony przed hałasem
- uzgodnienia międzybranżowe

Ekspertyza akustyczna obejmuje analizę warunków pogłosowych, obliczenia bilansu chłonności, czasu pogłosu i obniżenia poziomu dźwięku hałasu w sali gimnastycznej

2. Adaptacja akustyczna sali gimnastycznej

Podstawowe przeznaczenie sali gimnastycznej jest ogólnosportowe, możliwe są szkolne przedstawienia „słowno-muzyczne”. Adaptacja akustyczna sali gimnastycznej ma na celu zmniejszenie poziomu hałasu w sali oraz zwiększenie zrozumiałości mowy.

Warunki akustyczne panujące we wnętrzu sali gimnastycznej zależą od jej chłonności akustycznej i stopnia rozproszenia energii dźwiękowej. Wprowadzając do wnętrza materiały i ustroje dźwiękochłonne zwiększa się jego chłonność akustyczną. Materiały i ustroje dźwiękochłonne pochłaniając część energii akustycznej padającej na ich powierzchnie zmniejszają energię akustyczną fal odbitych w pomieszczeniu i przeciętny poziom hałasu, eliminując wrażenie potęgowania hałasu powodowanego przez wielokrotne odbicia, zwiększają jednocześnie zrozumiałość mowy.

Szczególnie istotne jest wytłumienie w sali gimnastycznej sufitu, gdyż energia akustyczna odbita od sufitu dociera do osób ćwiczących w czasie dłuższym od 50 msek powodując wrażenie echa.

Jednym z najważniejszych parametrów określających jakość akustyczną wnętrza jest czas pogłosu T , czyli czas w którym energia dźwiękowa maleje o 60 dB. Optymalny czas pogłosu T zależy od kubatury i przeznaczenia pomieszczenia. Zbyt długi czas pogłosu zmniejsza zrozumiałość mowy, gdyż zniekształca i zamazuje poszczególne dźwięki następujące po sobie. Powoduje to również zwiększenie poziomu dźwięku źródeł znajdujących się w danym pomieszczeniu, gdyż moc akustyczna źródła zostaje zwiększona o moc akustyczną fal odbitych od powierzchni ograniczających pomieszczenie. Za krótki czas pogłosu powoduje nienaturalność brzmienia mowy.

3. Wymagania normowe

Polska Norma PN-B-02151-4 "Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań" podaje w tablicy 2 "Czas pogłosu T w pozostałych pomieszczeniach" dopuszczalny czas pogłosu T w pasmach oktaowych o środkowych częstotliwościach f wy-

noszących 250 Hz, 500Hz, 1000 Hz, 2000 Hz i 4000 Hz w zależności od kubatury pomieszczenia:

- sale gimnastyczne, hale sportowe i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu:

$$T \leq 1,8 \text{ s. przy kubaturze } V > 5000 \text{ m}^3$$

Podane w tablicy 2 wartości dopuszczalnego czasu pogłosu T , jeśli nie wyszczególniono inaczej, odnoszą się do pomieszczeń wykończonych z trwale zamocowanymi elementami umeblowania i wyposażenia, bez obecności ludzi.

4. Parametry geometryczne sali gimnastycznej

przed adaptacją

- długość $l = 38,7$ m. szerokość $s = 20,7$ m. wysokość (średnio) $h = 10$ m.
- Kubatura $V = 38,7 \times 20,7 \times 10 = 8011 \text{ m}^3$
- Powierzchnia całkowita $S = 2635 \text{ m}^2$
 - * podłoga - $s = 38,7 \times 20,7 = 801 \text{ m}^2$
 - * sufit - $s = 38,7 \times 21,8 = 888 \text{ m}^2$
 - * ściana wejściowa (zachodnia) - $s = 20,7 \times 7,95 = 165 \text{ m}^2$, drzwi - $s = 2,4 \times 1,5 = 3,6 \text{ m}^2$
 - * ściana okienna północna - $38,7 \times 7,95 = 308 \text{ m}^2$ okna - $s = 12 \times 1,44 \times 3,0 = 52 \text{ m}^2$,
drzwi - $s = 2,4 \times 1,5 = 3,6 \text{ m}^2$
 - * ściana okienna południowa - $38,7 \times 7,95 = 308 \text{ m}^2$, okna - $s = 12 \times 1,44 \times 4,5 = 78 \text{ m}^2$
 - * ściana wschodnia - $s = 20,7 \times 7,95 = 165 \text{ m}^2$

po adaptacji

- długość $l = 38,7$ m. szerokość $s = 20,7$ m. wysokość $h = 7,95$ m.
- Kubatura $V = 38,7 \times 20,7 \times 7,95 = 6369 \text{ m}^3$
- Powierzchnia całkowita $S = 2548 \text{ m}^2$
 - * podłoga - $s = 38,7 \times 20,7 = 801 \text{ m}^2$
 - * sufit - $s = 38,7 \times 20,7 = 801 \text{ m}^2$
 - * ściana wejściowa (zachodnia) - $s = 20,7 \times 7,95 = 165 \text{ m}^2$, drzwi - $s = 2,4 \times 1,5 = 3,6 \text{ m}^2$
 - * ściana okienna północna - $38,7 \times 7,95 = 308 \text{ m}^2$ okna - $s = 12 \times 1,44 \times 3,0 = 52 \text{ m}^2$,
drzwi - $s = 2,4 \times 1,5 = 3,6 \text{ m}^2$
 - * ściana okienna południowa - $38,7 \times 7,95 = 308 \text{ m}^2$, okna - $s = 12 \times 1,44 \times 4,5 = 78 \text{ m}^2$
 - * ściana wschodnia - $s = 20,7 \times 7,95 = 165 \text{ m}^2$

5. Założenia czasu pogłosu

Dla sali gimnastycznej o kubaturze $V = 6369 \text{ m}^3$ optymalny czas pogłosu $T = 1,6 \text{ s.}$ z dopuszczalnym odchyleniem $\pm 20\%$ od charakterystyki prostoliniowej.

5. Przyjęte materiały i ustroje akustyczne

Dla uzyskania założonego czasu pogłosu przyjęto zaproponowane w projekcie architektury następujące materiały i ustroje akustyczne:

- podłoga - PCV
- sufit - podwieszony pod dźwigarami:
 - 50% powierzchni sufit dźwiękochłonny Rockfon Samson
 - 50% powierzchni płyta gipsowa gładka, nad nią półtwarda wełna mineralna gr. 5 cm.
- ściany - tynk gładki

6. Obliczenia czasu pogłosu i obniżenia poziomu hałasu w sali gimnastycznej

Obliczenia czasu pogłosu przeprowadzono w oparciu o wzór Eyringe'a:

$$T = \frac{0,163V}{A_e + 4mV} \text{ (s)}$$

gdzie: T - czas pogłosu (s)

V - kubatura hali sportowej (m^3), S - powierzchnia (m^2)

A_e - pochłanianie wg Eyringe'a, $A_e = a^e \cdot S$ (m^2), $a^e = -\ln(1 - a^s)$

a^s - współczynnik pochłaniania wg Sabine'a podawany przez producentów materiałów akustycznych

m – współczynnik zależny od wilgotności względnej powietrza w pomieszczeniu

Zmniejszenie poziomu hałasu ΔL (dB) wynikające z zastosowania w pomieszczeniu materiałów i ustrojów dźwiękochłonnych określa się ze wzoru:

$$\Delta L = 10 \log \frac{T_1}{T_2} \text{ (dB)}$$

gdzie: T_1 - czas pogłosu przed wprowadzeniem materiałów i ustrojów dźwiękochłonnych (s)

T_2 - czas pogłosu po wprowadzeniu materiałów i ustrojów dźwiękochłonnych (s)

Obliczenia obniżenia poziomu hałasu w sali gimnastycznej przedstawiono w tabeli dołączonej do niniejszego opracowania.

7. Wnioski

Uzyskano czas pogłosu $T = 1,46 - 1,70 \text{ s.}$ co jest zgodne z założeniami, a obniżenie poziomu hałasu $\Delta L = 5,0 - 9,1 \text{ dB.}$

Opracowali:

mgr inż. Ewa Urbańska

Warszawa, luty 2018 r.

inż. Krzysztof Urbański

Bilans pochłaniania, czas pogłosu i obniżenie poziomu hałasu sali gimnastycznej o
kubaturze $V = 8011 \text{ m}^3$

L.p.	Powierzchnie i ustroje akustyczne	S (m ²)	250 Hz		500 Hz		1000 Hz		2000 Hz		4000 Hz	
			a ^s	A	a ^s	A	a ^s	A	a ^s	A	a ^s	A
I. Przed wytłumieniem												
1.	Podłoga - PCV	801	0,04	32	0,07	56,1	0,07	56,1	0,07	56,1	0,1	80,1
2.	Sufit - blacha	888	0,01	8,9	0,01	8,9	0,02	17,8	0,02	17,8	0,03	26,6
3.	Ściany - okna	130	0,25	32,5	0,16	20,8	0,10	13,0	0,06	8,4	0,04	5,4
4.	Ściany - tynk gładki	809	0,02	16,2	0,02	16,2	0,03	24,3	0,04	32,4	0,04	32,4
5.	Wejścia - drzwi	7,0	0,2	1,4	0,2	1,4	0,15	1,1	0,12	0,8	0,1	0,7
6.	Wyposażenie	-		1,0		2,0		2,0		3,0		3,0
7.	Suma S i A ¹ (m ²)	2635	-	92,0	-	105,4	-	114,3	-	118,5	-	148,2
8.	Średni współ. pochł. a ^s	-	0,035	-	0,040	-	0,045	-	0,045	-	0,056	-
9.	Współ. pochłaniania a ^e	-	0,036	-	0,041	-	0,046	-	0,046	-	0,058	-
10.	Pochłanianie A ^e (m ²)	-	-	94,9	-	108,0	-	121,2	-	121,2	-	152,8
11.	Pochłanianie 4m (V m ²)	-	-	-	-	-	-	32	-	64,1	-	128,2
12.	Pochłanianie A ^e + 4mV (m ²)	-	-	94,9	-	108,0	-	153,2	-	185,3	-	281,0
13.	$T = \frac{0,163V}{A_e + 4mV} \text{ (s.)}$	-	13,8	-	12,1	-	8,5	-	7,0	-	4,6	-
II. Po wytłumieniu												
1.	Podłoga - PCV	801	0,04	32	0,07	56,1	0,07	56,1	0,07	56,1	0,1	80,1
2.	Sufit - Samson	400	0,95	380,0	1,0	400,0	1,0	400,0	1,0	400,0	1,0	400,0
3.	Sufit - płyta gipsowa	401	0,20	80,2	0,10	40,1	0,07	28,1	0,04	16,0	0,04	16,0
4.	Ściany - okna	130	0,25	32,5	0,16	20,8	0,10	13,0	0,06	8,4	0,04	5,4
5.	Ściany - tynk gładki	809	0,02	16,2	0,02	16,2	0,03	24,3	0,04	32,4	0,04	32,4
6.	Wejścia - drzwi	7,0	0,2	1,4	0,2	1,4	0,15	1,1	0,12	0,8	0,1	0,7
7.	Wyposażenie	-		1,0		2,0		2,0		3,0		3,0

8.	Suma $S_i A^2$ (m^2)	254 8	-	542, 3	-	536,6	-	524, 6	-	516, 7	-	537, 6
9.	Średni współ. pochł. a^s	-	0,21 3	-	0,21 0	-	0,20 5	-	0,20 5	-	0,21 0	-
10.	Współ. pochłaniania a^e	-	0,24	-	0,24	-	0,23	-	0,23	-	0,24	-
11.	Pochłanianie A^e (m^2)	-	-	611, 5	-	611,5	-	586, 0	-	586, 0	-	611, 5
12.	Pochłanianie 4mV (m^2)	-	-	-	-	-	-	25,5	-	51,0	-	102, 0
13.	Pochłanianie $A^e + 4mV$ (m^2)	-	-	611, 5	-	611,5	-	611, 5	-	637, 0	-	713, 5
14.	$T_2 = \frac{0,163V}{A_e + 4mV} \text{ (s.)}$	-	1,70	-	1,70	-	1,70	-	1,63	-	1,46	-
	III. Obniżenie poziomu hałasu											
1.	$\Delta L = 10 \log \frac{A_2}{A_1} \text{ (dB)}$	9,1		8,5		7,0		6,3		5,0		