

Leszek DULAK¹
Rafał ŻUCHOWSKI²

OCHRONA PRZED HAŁASEM ZEWNĘTRZNYM W BUDYNKACH W KONTEKŚCIE WYMAGAŃ ZWIĄZANYCH Z IZOLACYJNOŚCIĄ CIEPLNĄ

Poniższy artykuł stanowi próbę spojrzenia na problem akustyki przez pryzmat wymagań energetycznych. Autorzy spróbowali określić na ile wymagania dotyczące dźwiękoizolacyjności i energooszczędności są zbieżne a na ile stoją w sprzeczności względem siebie. W artykule przypomniano krótko zależność pomiędzy izolacyjnością cieplną a dźwiękoizolacyjnością ścian. Przedstawiono zależności pomiędzy izolacyjnością akustyczną właściwą wyrażoną wartością wskaźnika R_{A2} a współczynnikiem przenikania ciepła U a także masą powierzchniową przykładowych szyb zespolonych. Przedstawiono także wyniki badań przeprowadzonych w Laboratorium Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej dotyczące poprawy izolacyjności akustycznej właściwej ściany z systemem izolacji ETICS, systemem „tradycyjnym” a także systemem izolacji lekkiej suchej. Przedstawiono wykres izolacyjności akustycznej właściwej w funkcji częstotliwości dla kolejnych pasm 1/3 oktawowych w zakresie od 50 do 5000 Hz. Analiza wykresów izolacyjności akustycznej właściwej R_w oraz poprawy izolacyjności akustycznej właściwej ΔR_w w funkcji częstotliwości, jednoznacznie wskazuje na przyczynę niekorzystnego wpływu systemu ETICS wynikającą z przesunięcia częstotliwości rezonansowej w kierunku wartości średnich wynoszących od 200 do 400 Hz. Jednocześnie na podstawie wyników badań stwierdzić należy pozytywny wpływ ocieplenia wykonanego systemem „tradycyjnym” a także w technologii lekkiej suchej. Na podstawie przedstawionych w artykule wyników badań stwierdzić należy, że rozwój technologii wykonania obiektów zmusza uczestników procesu budowlanego do dokładniejszego zapoznania się z problematyką akustyki budowlanej. Przyjęcie rozwiązań materiałowych i konstrukcyjnych o dobrych parametrach cieplnych nie daje żadnych gwarancji osiągnięcia dobrych paramentów dźwiękoizolacyjnych przegród.

Słowa kluczowe: izolacyjność akustyczna właściwa R , poprawa izolacyjności akustycznej właściwej, współczynnik przenikania ciepła U , system izolacji cieplnej

¹ Autor do korespondencji / corresponding author: Leszek Dulak, Politechnika Śląska, Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli, ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice; tel. +48 509 748 878; leszek.dulak@polsl.pl

² Rafał Żuchowski, Politechnika Śląska, Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli, ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice; tel. +48 604 640 660; rafal.zuchowski @polsl.pl

1. Wprowadzenie

Skuteczna ochrona przed hałasem w budynku wymaga gruntownej analizy szeregu uwarunkowań już na etapie koncepcji projektowej budynku. Począwszy od lokalizacji obiektu, zaplanowania funkcji a skończywszy na doborze rozwiązań konstrukcyjnych i materiałowych. Nie zawsze zagadnienia te uwzględnione są w dokumentacji projektowej i pewnie dlatego problemy związane z hałasem dotyczą większej części oddawanych obecnie do użytkowania budynków; od budynków mieszkalnych począwszy, poprzez budynki zamieszkania zbiorowego i na budynkach użyteczności publicznej skończywszy. Przyczyną takiego stanu rzeczy w dużej mierze jest fakt, że budownictwo w okresie ostatnich lat mocno ewoluowało w kierunku rozwiązań energooszczędnych, a więc lekkich. Nie wystarcza już stosowanie starych, sprawdzonych rozwiązań bo takich najczęściej nie ma. W świetle powyższych zmian dotyczących technologii wykonania obiektów, konieczne jest otwarcie się projektanta na problematykę akustyki budowlanej.

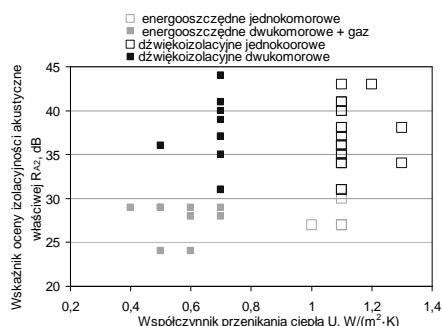
2. Związek pomiędzy izolacyjnością cieplną a izolacyjnością akustyczną właściwą

Zagadnienie dotyczące zależności pomiędzy izolacyjnością cieplną a dźwiękoizolacyjnością ścian było już w przeszłości przedmiotem analizy [1, 2]. Na podstawie artykułu [1] można stwierdzić, że opór cieplny ściany rośnie wraz ze spadkiem izolacyjności akustycznej. Ta zależność jest jeszcze bardziej wyraźna w zakresie ścian o zbliżonej grubości oraz wykonanych z jednego rodzaju materiału (ceramika, ceramika poryzowana i wyroby keramzytowe). Ponadto pustaki o układzie szczelin prostokątnym prostopadłym do powierzchni ściany mają lepszą izolacyjność akustyczną niż te z drążeniami prostokątnymi i rombowymi równoległymi do jej powierzchni przy tej samej grubości przegrody.

Drążenia o przekroju zbliżonym do kwadratu i prostokątne ułożone dłuższym bokiem prostopadle do powierzchni ściany nie powodują powstawania zjawisk rezonansowych, mają lepszą izolacyjność akustyczną lecz mają gorszą izolacyjność termiczną.

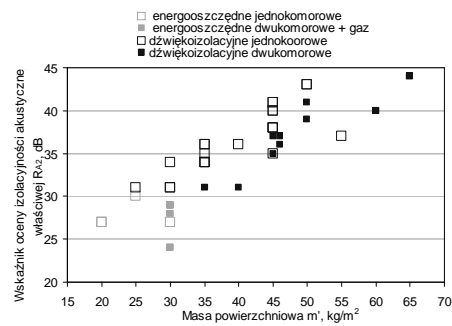
Drążenia rombowe oraz prostokątne ułożone naprzemiennie, równoległe do powierzchni przegrody powodują zjawiska rezonansowe, mają gorszą izolacyjność akustyczną lecz lepszą izolacyjność termiczną [3].

W przypadku przegrody zewnętrznej to okno jest najczęściej „słabym punktem” determinującym parametry dźwiękoizolacyjne fasady jako całości. Poniżej przedstawiono analizę dotyczącą związku pomiędzy właściwościami cieplnymi a dźwiękoizolacyjnością szyb.



Rys. 1. Zależność między wskaźnikiem R_{A2} a współczynnikiem przenikania ciepła U przykładowych szyb zespolonych, na podstawie [4]

Fig. 1. The relationship between the R_{A2} index and the heat transfer coefficient U of insulating glass units, based on [4]



Rys. 2. Zależność między wskaźnikiem R_{A2} a masą powierzchniową przykładowych szyb zespolonych, na podstawie [4]

Fig. 2. The relationship between the R_{A2} index and the surface weight of insulating glass units, based on [4]

Na podstawie rysunku 1 stwierdzić należy, że dobre parametry termoizolacyjne nie idą w parze z wysoką dźwiękoizolacyjnością. Współczynnik przenikania ciepła U zestawu szybowego zależy w głównej mierze od liczby komór, rodzaju wypełnienia komór (powietrze lub gaz szlachetny) oraz tego czy naniesiona została powłoka metaliczna. Na rysunku rozróżniono zestawy jedno i dwukomorowe. Dodatkowo wszystkie zestawy dwukomorowe w wersji energooszczędnej posiadały wypełnienie przestrzeni międzyszybowej gazem szlachetnym. Żadne z rozwiązań oferowanych jako energooszczędne nie uzyskało izolacyjności akustycznej właściwej wyrażonej wartością wskaźnika R_{A2} wyższej od 30 dB (wymagane niezbędne minimum dla większości przegród zewnętrznych [5]). Dwa zestawy wyróżniają się negatywnie na tle pozostałych rozwiązań. Są to zestawy dwukomorowe 4/18/4/18/4 z odległością pomiędzy szybami 18 mm. Jest to największa szerokość ramki dystansowej spośród rozpatrywanych zestawów i wyraźnie wpływa ona na obniżenie izolacyjności akustycznej. Obniżenie to występuje w szczególności dla wskaźnika R_{A2} co oznacza, że dla średnich i niskich częstotliwości zestaw charakteryzuje się gorszymi parametrami dźwiękoizolacyjnymi niż analogiczny 4/12/4/12/4 (ramka 12 mm). Dla tego zestawu wartość R_{A2} jest o 5 dB wyższa i wynosi 29 dB. Większość zaprezentowanych rozwiązań osiąga wartość wskaźnika U wynoszącą 0,7 lub 1,1 $W/(m^2 \cdot K)$ i jest to bezpośrednio powiązane z wymaganiami dotyczącymi oszczędności energii występującymi w warunkach technicznych [6]. Powyższe wartości U pozwalają na realizację okien spełniających wymagania $U(\max) = 1,3 W/(m^2 \cdot K)$ oraz $U = 0,9 W/(m^2 \cdot K)$ - wymóg powiązany z powierzchnią $A_{0\max}$. Dla tych rozwiązań parametry akustyczne wahają się od zupełnie przeciętnych po bardzo dobre. Sporo wyjaśnia rysunek 2 na którym przedstawiono zależność pomiędzy izola-

cyjnością akustyczną właściwą wyrażoną wartością wskaźnika R_{A2} a masą powierzchniową zestawu szybowego.

Tabela 1. Wpływ systemu ociepleń ETICS na izolacyjność akustyczną właściwą przegród, na podstawie [3], [7]

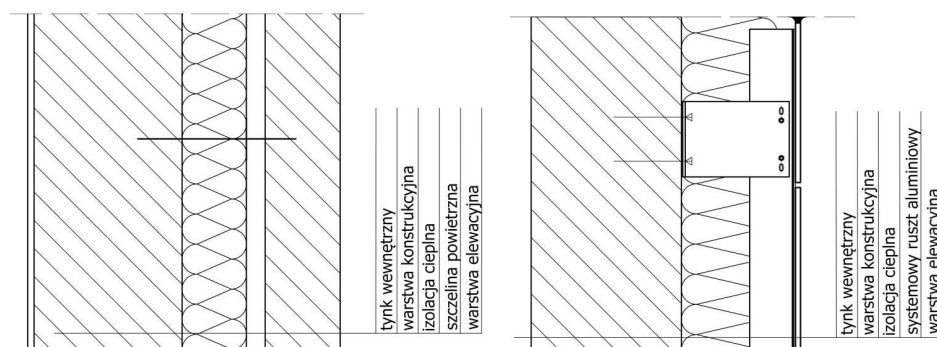
Table 1. Effect of the system ETICS on sound insulation of the wall, based on [3], [7]

Ścian bazowa (bez ocieplenia) $R_w (C; C_{tr})$, dB	System ocieplenia	Wskaźniki izolacyjności akustycznej dla ściany ocieplonej, dB			
		$R_w (C, C_{tr})$	ΔR_w	ΔR_{A1}	ΔR_{A2}
1) beton komórkowy 500 kg/m ³ , gr. 25 cm 48(-2;-5) [3]	wełna mineralna lamelowa 90 kg/m ³ , gr. 80 mm + tynk gr. 3 mm	44(-1;-3)	-4	-3	-2
2) beton komórkowy 500 kg/m ³ , gr. 25 cm 48(-2;-5) [3]	EPS 15 kg/m ³ , gr. 100 mm + tynk gr. 3 mm	44(-1;-3)	-4	-3	-2
3) bloczki wapienno- piaskowe gr. 24 cm 52(0;-5) [7]	EPS 040, gr. 150 mm + tynk gr. 2 mm	47(0;-4)	-5	-5	-4
4) bloczki wapienno- piaskowe gr. 24 cm 52(0;-5) [7]	EPS PLUS gr. 150 mm + tynk gr. 2 mm	53(-3;-9)	1	-2	-3
5) ceramika drążona MEGA-MAX 240 P+W gr. 24 cm 45(0;-3) [7]	EPS 040 gr. 150 mm + tynk gr. 2 mm	43(0;-3)	-2	-2	-2
6) ceramika drążona MEGA-MAX 240 P+W gr. 24 cm 45(0;-3) [7]	EPS PLUS, gr. 150 mm + tynk gr. 2 mm	47(-2;-6)	2	0	-1
7) ceramika drążona MEGA-MAX 240 P+W gr. 24 cm 46(0;-2) [7]	wełna szklana gr. 150 mm, 20 kg/m ³ na ruszcie alumi- niowym, okładzina z płyt HPL gr. 8 mm, gęstość ≥1350 kg/m ³	66(-1;-6)	20	19	16
8) ceramika drążona MEGA-MAX 240 P+W gr. 24 cm 45(0;-3) [7]	wełna mineralna gr. 100 mm, pustka powietrzna 30 mm, cegła klinkierowa 120 mm,	71 (-2;-7)	26	24	22

Wyniki wyraźnie wskazują na korelację pomiędzy tymi dwoma parametrami. Wynika to w oczywisty sposób z „prawa masy” które mówi, że izolacyjność akustyczna rośnie proporcjonalnie do częstotliwości dźwięku oraz masy przegrody. Należy w tym miejscu wyjaśnić, że oczywiście istnieją szyby spełniające wymagania zarówno energooszczędne jak i dźwiękoizolacyjne. Powyższe wykresy pokazują jedynie, że wysokie parametry dźwiękoizolacyjne nie są bezpośrednio związane z dobrymi parametrami energooszczędnymi i błędne jest założenie, że realizując obiekt o bardzo dobrych parametrach cieplnych spełnienie wymagań akustycznych otrzymamy tak czy inaczej.

Negatywny wpływ systemu ociepleń ETICS (External Thermal Insulation Composite System) na parametry dźwiękoizolacyjne przegrody zewnętrznej jest ogólnie znany. W tabeli 1 pokazano wyniki badań laboratoryjnych poprawy izolacyjności akustycznej właściwej w odniesieniu do ścian bazowych wykonanych z betonu komórkowego, ceramiki drążonej oraz bloczków silikatowych (rys. 3-6). Zarówno w przypadku izolacji termicznej w postaci styropianu EPS jak i wełny mineralnej lamelowej obserwuje się znaczący spadek izolacyjności akustycznej. Spadek ten jest tym większy im wyższa jest masa powierzchniowa ściany bazowej. Zmniejszenie negatywnego wpływu systemu ETICS zaobserwowano dla modyfikowanego poprzez elastyfikację styropianu pod nazwą EPS PLUS.

Alternatywą dla systemu ETICS mogą być inne rozwiązania ocieplenia, do których zaliczyć można ocieplenie wykonane w postaci technologii lekkiej suchej lub ściany „tradycyjnej” (ściana trójwarstwowa ze szczeliną powietrzną i murowaną warstwą elewacyjną) [7, 8]. Dla obu tych rozwiązań zaobserwowano zdecydowany wzrost izolacyjności akustycznej właściwej w całym zakresie częstotliwości o czym świadczą dodatnie wartości wskaźników R_{A1} i R_{A2} oraz analiza wyników przedstawionych na rysunkach 7 i 8.

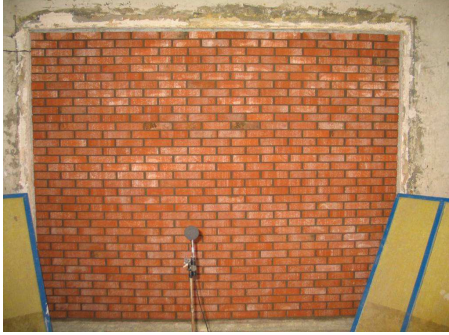


Rys. 3. Ściana „tradycyjna” warstwowa z pustką powietrzną, na podstawie [7]

Fig. 3. “Traditional” wall with air gap, based on [7]

Rys. 4. Ściana z ociepleniem w technologii lekkiej suchej, na podstawie [7]

Fig. 4. The wall with light dry insulating, based on [7]



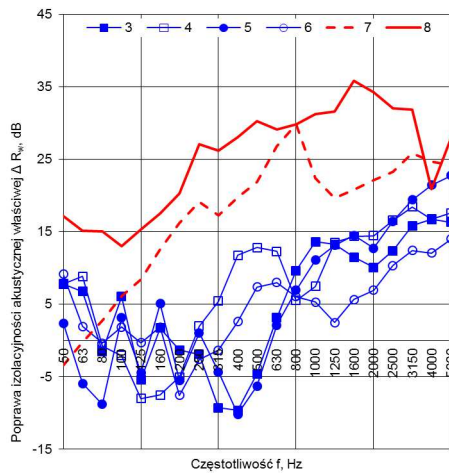
Rys. 5. Ściana „tradycyjna” podczas badań laboratoryjnych, na podstawie [7]

Fig. 5. The “traditional” wall in laboratory tests, based on [7]



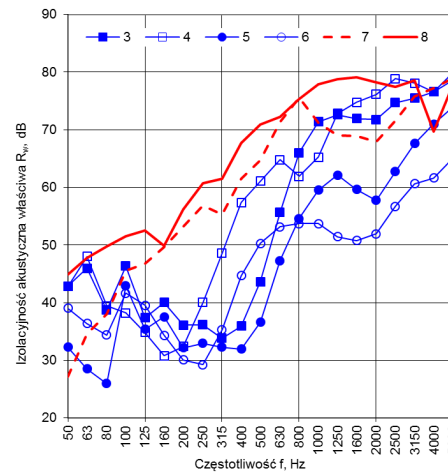
Rys. 6. Ściana z ociepleniem w technologii lekkiej suchej podczas badań laboratoryjnych, na podstawie [7]

Fig. 6. The wall with light dry insulation in laboratory tests, based on [7]



Rys. 7. Poprawa izolacyjności akustycznej właściwej ΔR w funkcji częstotliwości dla ścian z izolacją cieplną, na podstawie [7] (oznaczenia przegród wg tabeli 1)

Fig. 7. Improvement of sound reduction index ΔR as a function of frequency of walls with thermal insulation (marking walls according to Table 1), based on [7]



Rys. 8. Izolacyjność akustyczna właściwa R w funkcji częstotliwości dla ścian z izolacją cieplną, na podstawie [7] (oznaczenia przegród wg tabeli 1)

Fig. 8. Sound reduction index R as a function of frequency of walls with thermal insulation (marking walls according to Table 1), based on [7]

3. Wnioski

Na podstawie przedstawionych analiz stwierdzić należy, że osiągnięcie dobrych paramentów dźwiękoizolacyjnych przegrody nie jest możliwe do uzyskania poprzez tylko i wyłącznie przyjęcie rozwiązań o dobrych parametrach cieplnych. Niestety nie jest tak, że dobierając okna o bardzo dobrych parametrach cieplnych, dźwiękoizolacyjność otrzymamy niezależnie od tego czy przeprowadzimy odpowiednią analizę akustyczną. W przypadku części pełnej ściany sytuacja jest jeszcze bardziej jednoznaczna. Możemy być pewni, że stosując materiały lekkie o niskim współczynniku przenikania ciepła możemy być pewni, że odalamy się od kwestii ochrony akustycznej. Powyższe analizy wskazują, że trudno jest przy uwzględnieniu aktualnie obowiązujących wymagań o proste wytyczne dotyczące parametrów akustycznych przegród i elementów budowlanych. Znowelizowana norma [5] daje możliwość dokładniejszego określenia wymagań dotyczących izolacyjności akustycznej przegrody. Jednocześnie wymaga to ze strony projektanta większego nakładu pracy i wiedzy z zakresu akustyki.

Literatura

- [1] Zębała K., Zastawna-Rumin A., Kłosak A., Dulak L.: Relation between partition thermal resistance and sound insulation single and multilayer walls. Czasopismo techniczne. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej 2012.
- [2] Nurzyński J.: Thermal insulation system ETICS – is thermal performance in line with the acoustics? Czasopismo techniczne. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej 2012.
- [3] Szudrowicz B. Akustyka budowlana. Budownictwo ogólne tom 2, fizyka budowli. Praca zbiorowa pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Piotra Klemma. Arkady Warszawa 2005.
- [4] http://glassolutions.pl/sites/default/files/documents/szyby_do_okien_inside.pdf {dostęp 10.05.2016 r.}.
- [5] PN-B-02151-3:2015-10 Akustyka budowlana -- Ochrona przed hałasem w budynkach – Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych.
- [6] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [Dz. U. Nr 75, poz. 690]. Wraz z późniejszymi zmianami.
- [7] Projekt własny „Prognozowanie właściwości termicznych i akustycznych zewnętrznych przegród budowlanych o złożonej strukturze” współfinansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (nr 4308/B/T02/2009/36). Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli, Wydział Budownictwa, Politechnika Śląska.
- [8] Dulak L. Możliwości poprawy izolacyjności akustycznej budynków. Izolacje 2015 (nr 10), s. 72-78.

INSULATION OF BUILDING AGAINST EXTERIOR NOISE IN THE CONTEXT OF THERMAL INSULATION

Summary

The following article is an attempt to look at the acoustic problem from the perspective of energy requirements. The authors attempted to determine whether the sound requirements go hand in hand with energy efficiency. Or on the contrary they are contradictory. The article recalls the relationship between the thermal insulation and sound insulation of walls. Authors presented; the relationship between the value of the index R_{A2} and the heat transfer coefficient U of insulating glass units, the relationship between the value of the index R_{A2} and the surface weight of insulating glass units. The article presents the results of research implemented in the Laboratory of the Department of Civil Engineering of Silesian University of Technology for improvement of sound reduction index by ETICS and the another thermal insulation systems ("traditional" and light dry system). The paper also contains a graph of airborne sound insulation as a function of frequency for one-third octave band values for 50 to 5000 Hz. Analysis of these graphs gives the answer about the reason a reduction in sound insulation for walls with ETICS. Shift of the resonance frequency in the direction of the average values 200 ÷ 400 Hz is causing the reduction. Traditional and light dry system does not give such a negative effect. On the basis of research results in the article, it should be noted that the development of technology makes the adoption of materials with good thermal performance does not guarantee parameters of sound insulation walls. All that forces the participants in the construction process must be thoroughly familiar with the problems of building acoustics.

Keywords: improvement of sound reduction index ΔR , sound reduction index R , heat transfer coefficient U , External Thermal Insulation Composite System

DOI:10.7862/rb.2016.255

Przesłano do redakcji: 30.06.2016 r.

Przyjęto do druku: 20.12.2016 r.