

JACEK NURZYŃSKI*

LEKKI SYSTEM OCIEPLANIA ETICS – CZY WŁAŚCIWOŚCI CIEPLNE IDĄ W PARZE Z AKUSTYKĄ?

THERMAL INSULATION SYSTEM ETICS – IS THERMAL PERFORMANCE IN LINE WITH THE ACOUSTICS?

Streszczenie

Zastosowanie lekkiego ocieplenia ETICS na masywnej ścianie zewnętrznej jest bardzo korzystne pod względem termicznym, jednak w pewnym zakresie częstotliwości powoduje znaczne obniżenie izolacyjności akustycznej. W artykule przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych ścian masywnych o różnej konstrukcji z różnymi ociepleniami. Omówiono wpływ czynników konstrukcyjnych na właściwości akustyczne dodatkowej okładziny oraz wpływ położenia częstotliwości rezonansowej na wartości jednoczłonowych wskaźników poprawy izolacyjności akustycznej. Zaprezentowano także możliwości oceny parametrów akustycznych lekkiego ocieplenia traktowanego jako odrębny produkt budowlany.

Słowa kluczowe: izolacyjność akustyczna, system ocieplania ścian, ETICS

Abstract

The application of lightweight thermal insulation ETICS for massive external wall is beneficial in terms of energy conservation but brings about significant reduction of sound insulation in a certain frequency range. The laboratory test results for different massive walls with different thermal insulations are presented. The influence of technical parameters on the acoustical performance of a lining is considered as well as the influence of resonance frequency on the single number quantities. Also the assessment of acoustic properties of additional thermal lining considered as a separate building product is discussed.

Słowa kluczowe: sound insulation, thermal insulation systems, ETICS

* Dr inż. Jacek Nurzyński, Zakład Akustyki, Instytut Techniki Budowlanej w Warszawie.

1. Wstęp

Lekki system ocieplania ścian zewnętrznych ETICS (External thermal insulation composite system) jest w Polsce stosowany powszechnie zarówno w przypadku nowych budynków, jak i przy prowadzeniu prac termomodernizacyjnych w budynkach istniejących. Pod względem akustycznym taka dodatkowa okładzina złożona ze sprężystej warstwy izolacyjnej oraz cienkiego tynku nakładanego bezpośrednio na tę warstwę tworzy niekorzystny układ rezonansowy, który powoduje obniżenie izolacyjności akustycznej w pewnym zakresie częstotliwości [1, 2]. Zależnie od konstrukcji ściany, rodzaju ocieplenia oraz od strefy uciążliwości akustycznej, w jakiej jest zlokalizowany rozpatrywany budynek, efekt ten może mieć decydujące znaczenie dla oceny parametrów akustycznych ściany zewnętrznej i spełnienia obowiązujących w tym zakresie wymagań.

System lekkiej izolacji cieplnej ETICS stanowi odrębny produkt budowlany, jego charakterystyka akustyczna powinna być określana i podawana przez producenta w celach rankingowych oraz jako parametr pozwalający oszacować wpływ ocieplenia na właściwości akustyczne ściany [3]. Parametry akustyczne ocieplenia należy ustalać na podstawie wyników standardowych badań laboratoryjnych wykonanych na normowej ścianie masywnej zdefiniowanej w PN-EN ISO 140-16 [4] (ENISO10140-1,5). Dotychczas producenci rzadko wykonywali badania akustyczne ETICS, jednak zgodnie z propozycją nowelizacji ETAG004 [5] w przypadku braku wyników badań należy przyjmować wartości wskaźników poprawy izolacyjności akustycznej $\Delta R_{W,heavy}$, $\Delta(R_W+C)_{heavy}$ oraz $\Delta(R_W+C_{tr})_{heavy}$ równe -8dB, tj. w projektowaniu należy zmniejszyć izolacyjność akustyczną ściany z ociepleniem o 8dB. Taki zapis powinien spowodować wzrost zainteresowania właściwościami akustycznymi ETISC.

W przypadku ścian z pustaków lub z betonu komórkowego, których konstrukcja odbiega od normowej jednorodnej ściany odniesienia, właściwości akustyczne dodatkowej okładziny powinny być badane na konkretnej ścianie, tj. takiej, która będzie wykonywana w warunkach rzeczywistych w budynku. W wyniku badań określa się wartość bezpośredniej różnicy wskaźników ważonych izolacyjności akustycznej właściwej przegrody z okładziną i bez okładziny $\Delta R_{W,direct}$, $\Delta(R_W+C)_{direct}$ lub $\Delta(R_W+C_{tr})_{direct}$ [4].

2. Właściwości akustyczne lekkiego ocieplenia ściany zewnętrznej

Właściwości akustyczne dodatkowego lekkiego ustroju izolacyjnego oraz jego wpływ na izolacyjność ściany zależą głównie od częstotliwości rezonansowej całego układu, która znajduje się w zakresie niskich lub średnich częstotliwości. Zastosowanie ocieplenia typu ETICS zwykle powoduje obniżenie wartości jednoliczbowych wskaźników izolacyjności akustycznej właściwej. Przegrodę masywną z dodatkowym ustrojem izolacyjnym zamocowanym bezpośrednio do jej powierzchni można schematycznie przedstawić jako układ dwóch mas powiązanych warstwą sprężystą, którego częstotliwość rezonansową można wyznaczyć ze wzoru:

$$f_0 = 160 \sqrt{s' \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)} \quad (1)$$

gdzie:

- f_0 – częstotliwość rezonansowa, Hz
- s' – sztywność dynamiczna warstwy izolacyjnej, MN/m³
- m'_1 – masa powierzchniowa przegrody, kg/m²
- m'_2 – masa powierzchniowa okładziny, kg/m²

Z teoretycznej zależności (1) wynika, że przy odpowiednio dużej masie przegrody podstawowej położenie częstotliwości rezonansowej zależy w zasadzie tylko od sztywności dynamicznej warstwy izolacyjnej oraz od masy powierzchniowej zastosowanej okładziny. W zakresie leżącym wyraźnie poniżej częstotliwości rezonansowej zastosowanie dodatkowej warstwy izolacyjnej praktycznie nie wpływa na właściwości akustyczne całej ściany. W rejonie częstotliwości rezonansowej następuje raptowny spadek izolacyjności, natomiast powyżej po zastosowaniu okładziny izolacyjność akustyczna znacząco wzrasta.

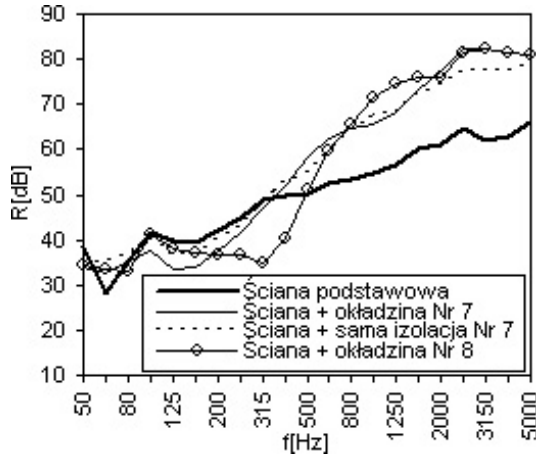
Efekt akustyczny zastosowania lekkiego ocieplenia najlepiej zilustrować na przykładzie jednorodnej ściany masywnej wykonanej z bloczków silikatowych, ponieważ częstotliwość koincydencji samej ściany i jej rezonans grubościowy nie zająbiają się z rezonansem okładziny [6]. Na ścianie o grubości 24 cm zamontowano kolejno dwa lekkie ocieplenia ETICS należące do tego samego systemu z warstwą izolacyjną grubości 15 cm wykonaną ze styropianu i z twardej wełny mineralnej typu lamela (rys. 1). Widoczne zróżnicowanie położenia częstotliwości rezonansowej jest spowodowane różną sztywnością dynamiczną zastosowanych materiałów izolacyjnych (rys. 1). Wartości jednoliczbowych wskaźników poprawy izolacyjności akustycznej właściwej badanych okładzin zestawiono w tabeli 1. Ponieważ w przypadku ETISC wartości te są z reguły ujemne, nazwa wskaźnika przyjęta w normie PN-EN ISO 140-16 (EN ISO 10140-1, 5) jest myląca, należałoby mówić raczej o obniżeniu izolacyjności akustycznej niż o poprawie (improvement). Trzeba też zwrócić uwagę na znaczne zmniejszenie wartości wskaźnika R_{A2} , który jest podstawowym kryterium oceny właściwości akustycznych ściany zewnętrznej.

Na rys. 1 naniesiono również wykres izolacyjności akustycznej ściany po przyklejeniu do jej powierzchni samej warstwy materiału izolacyjnego, jeszcze bez cienkiego tynku. W zakresie powyżej 315 Hz nastąpiła znacząca poprawa właściwości akustycznych w porównaniu ze ścianą bez izolacji. Natomiast wyraźne jest również obniżenie izolacyjności występujące w tym samym rejonie, w którym znajduje się częstotliwość rezonansowa całego kompletnego ustroju już z gotowym renderingiem, w pasmach 160-200 Hz zmniejszenie izolacyjności po przyklejeniu izolacji wynosi 3-4 dB.

Tabela 1

Wskaźniki poprawy izolacyjności akustycznej ściany z bloczków silikatowych z ociepleniem

Okładzina	f_0 [Hz]	$\Delta R_{W,heavy}$ [dB]	$\Delta(R_{W'}+C)_{heavy}$ [dB]	$\Delta(R_{W'}+C_{tr})_{heavy}$ [dB]
Nr 7	125-160	0	-1	-3
Nr 8	315	-4	-5	-6



Rys. 1. Izolacyjność akustyczna ściany z bloczków silikat grubości 24 cm z różnymi ociepleniemi

Fig. 1. Sound insulation of calcium silicate wall 24 cm thick with two different thermal linings

Podobne obniżenie izolacyjności akustycznej można zaobserwować także w innych badanych przypadkach, gdzie na masywnych ścianach czy stropach została doklejona warstwa izolacyjna ze styropianu lub wełny mineralnej [7]. Tego rodzaju izolacja termiczna lub ogniowa, bez tynku, jest wykonywana np. na stropach garaży w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych. Należy się wówczas liczyć z obniżeniem izolacyjności akustycznej nawet o kilka decybeli. Efekt ten jest niekorzystny pod tym względem, że obniżenie występuje w zakresie niskich częstotliwości gdzie izolacyjność akustyczna samej płyty stropowej jest i tak ograniczona, więc jej dodatkowe pogorszenie trudno jest zrekompenzować.

3. Częstotliwość rezonansowa a wartości jednoczłonowych wskaźników izolacyjności

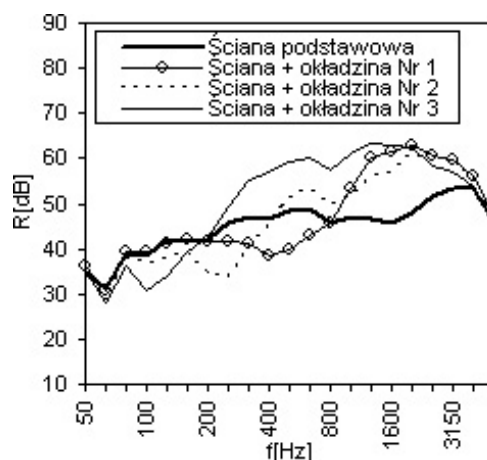
W przypadku lekkich okładzin stosuje się empiryczną zasadę opartą na wcześniejszych doświadczeniach, zgodnie z którą im niższa częstotliwość rezonansowa tym lepsze parametry akustyczne okładziny [8]. Jednak zasada ta dotyczy wskaźnika R_w , który w Polsce i w wielu innych krajach nie jest już stosowany, natomiast w przypadku wskaźnika R_{A2} , przeznaczonego obecnie do oceny izolacyjności akustycznej ściany zewnętrznej, nie zawsze jest ona słuszna. Przeprowadzono serię badań laboratoryjnych mających na celu ocenę możliwości kształtowania właściwości akustycznych ETICS poprzez zmianę położenia częstotliwości rezonansowej. Na rys. 2 pokazano wyniki pomiarów izolacyjności akustycznej ściany wykonanej z pustaków ceramicznych, na której zastosowano kolejno trzy różne ocieplenia. W każdym przypadku warstwa izolacyjna miała grubość 100mm jednak charakteryzowała się różną sztywnością dynamiczną, była wykonana ze styropianu EPS, wełny mineralnej typu lamela oraz ze specjalnej miękkiej wełny mineralnej pozwalającej na obniżenie częstotliwości rezonansowej całego układu. Zastosowanie miękkiej wełny mineralnej, które nie jest rozwiązaniem typowym, spowodowało przesunięcie częstotliwości rezonansowej aż do pasma 100 Hz, co miało bardzo dobry wpływ na wartość wskaźnika

R_w . Jednak w przypadku wskaźnika R_{A2} efekt ten nie jest już tak korzystny, chociaż w dalszym ciągu przyrost izolacyjności ma wartość dodatnią (tab. 2). Również porównanie wyników okładziny nr 1 i nr 2 potwierdza, że relacja występująca pomiędzy częstotliwością rezonansową a wartością poprawy izolacyjności akustycznej nie jest taka sama dla wszystkich wskaźników, a zasady empiryczne ustalone dla jednego z nich nie muszą obowiązywać w przypadku pozostałych.

Tabela 2

Wartości bezpośredniej różnicy wskaźników ważonych izolacyjności akustycznej właściwej ściany z pustaków ceramicznych z okładziną i bez okładziny uzyskane w wyniku badań

Okładzina	f_0 [Hz]	$\Delta R_{w, \text{direct}}$ [dB]	$\Delta(R_w+C)_{\text{direct}}$ [dB]	$\Delta(R_w+C_{tr})_{\text{direct}}$ [dB]
Nr 1	400	0	-1	-1
Nr 2	250	2	0	-2
Nr 3	100	8	6	2



Rys. 2. Izolacyjność akustyczna ściany z pustaków ceramicznych z trzema różnymi okładzinami

Fig. 2. Sound insulation of a wall made of hollow ceramic blocks with different thermal linings

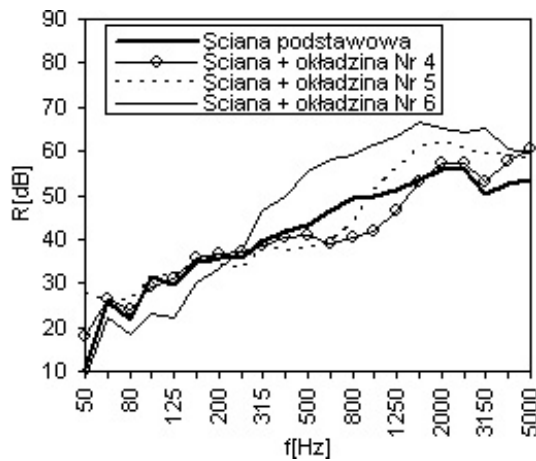
Przesunięcie częstotliwości rezonansowej w kierunku pasm niskich może w niektórych przypadkach spowodować nawet odwrotny skutek w odniesieniu do wskaźnika R_{A2} niż w przypadku wskaźnika R_w (tab. 2). Ilustrują to również wyniki badań ściany z betonu komórkowego, na której zastosowano kolejno trzy okładziny wykonane z wełny mineralnej typu lamela, ze styropianu EPS oraz ze specjalnego styropianu elastycznego charakteryzującego się małą sztywnością dynamiczną pozwalającą na obniżenie częstotliwości rezonansowej ustroju. W przypadku styropianu elastycznego częstotliwość rezonansowa znajduje się w okolicach pasma 80 Hz.

Przyjmując jako kryterium oceny wartość wskaźnika R_w ocieplenie ze styropianu elastycznego wypada bardzo dobrze, natomiast w przypadku wskaźnika $(R_w + C_{tr})_{direct}$ sytuacja jest odwrotna, styropian elastyczny wypada zdecydowanie najmniej korzystnie (tab. 3). Należy w tym miejscu podkreślić, że właściwości akustyczne ocieplenia typu ETICS zależą od indywidualnych cech zastosowanej warstwy izolacyjnej, nie jest to kwestia typu materiału, tj. wyboru styropianu czy wełny mineralnej, oba te materiały mogą wpływać na właściwości akustyczne ściany w tym samym stopniu.

Tabela 3

Wartości bezpośredniej różnicy wskaźników ważonych izolacyjności akustycznej właściwej ściany z betonu komórkowego z okładziną i bez okładziny uzyskane w wyniku badań

Okładzina	f_0 [Hz]	$\Delta R_{w, direct}$ [dB]	$\Delta(R_w + C_{tr})_{direct}$ [dB]	$\Delta(R_w + C_{tr})_{direct}$ [dB]
Nr 4	800	-4	-3	-3
Nr 5	630	-4	-3	-2
Nr 6	80	0	-1	-5



Rys. 3. Izolacyjność akustyczna ściany z betonu komórkowego z trzema różnymi ocieplieniami

Fig. 3. Sound insulation of cellular concrete wall with three different thermal linings

4. Ocena właściwości akustycznych ocieplenia

W normie PN-EN12354-1 [8] jest podana metoda pozwalająca na oszacowanie właściwości akustycznych dodatkowej okładziny zastosowanej na przegrodzie masywnej. Wartość wskaźnika poprawy izolacyjności akustycznej właściwej ΔR_w można ustalić w zależności od częstotliwości rezonansowej ustroju. Dla częstotliwości rezonansowej znajdującej się powyżej 160 Hz wartości wskaźnika ΔR_w są ujemne, a w zakresie 630-1600 Hz wynoszą aż -10 dB. Częstotliwość rezonansową oblicza się na podstawie

szywności dynamicznej warstwy izolacyjnej i masy powierzchniowej renderingu. Metoda ma jednak kilka poważnych ograniczeń i mankamentów. Przede wszystkim dotyczy tylko wskaźnika R_w i, jak już wspomniano, nie należy odnosić bezpośrednio do wskaźnika R_{A2} stosowanego obecnie do oceny właściwości akustycznych ściany zewnętrznej. Ponadto metoda dotyczy masywnych ścian jednorodnych, podczas gdy ściany zewnętrzne są najczęściej wykonywane z pustaków ceramicznych czy keramzytowych, bloczków z betonu komórkowego itp., w takich przypadkach efekt zastosowania okładziny nakłada się na cechy samej ściany związane z jej niejednorodną konstrukcją [6].

W przypadku wełny mineralnej występuje też pewien problem z dokładnym określeniem szywności dynamicznej. Zalecana metoda badania szywności dynamicznej dotyczy materiałów stosowanych w pływających podłogach [9], badanie jest wykonywane pod obciążeniem 200 kg/m^2 , podczas gdy rzeczywista masa cienkiego tynku wynosi ok. 8 kg/m^2 . Z doświadczeń pomiarowych wynika, że w przypadku wełny mineralnej częstotliwość rezonansowa ustroju obliczona w oparciu o szywność dynamiczną ustaloną w warunkach normowych, tj. pod obciążeniem 200 kg/m^2 , może odbiegać od częstotliwości rezonansowej ocieplenia w warunkach rzeczywistych. Wełna mineralna poddana takiemu wstępnemu obciążeniu zmienia swoje właściwości sprężyste. Natomiast określenie częstotliwości rezonansowej przy bardzo małym obciążeniu rzędu 8 kg/m^2 jest trudne ze względu na tłumienie wewnętrzne układu.

Prace nad jednolitą metodą oceny właściwości akustycznych lekkich ociepleń typu ETICS są prowadzone równolegle w EOTA (PT11) oraz CEN 126. Ocena powinna być wykonana na podstawie wyników badań laboratoryjnych, przy czym zgodnie z aktualną propozycją wyniki badania ocieplenia uzyskane na standardowej ścianie ciężkiej wg PN-EN ISO 140-16 (ENISO10140-1) można odnieść do innych ścian o masie powierzchniowej w zakresie $150\text{--}400 \text{ kg/m}^2$. Jednak w przypadku braku badań należy przyjmować wartości wskaźników poprawy izolacyjności akustycznej $\Delta R_{w,\text{heavy}}$, $\Delta(R_w+C)_{\text{heavy}}$ oraz $\Delta(R_w+C_{tr})_{\text{heavy}}$ równe -8 dB .

5. Wnioski

Zastosowanie lekkiego ocieplenia ETICS powoduje obniżenie izolacyjności akustycznej ściany w pewnym zakresie częstotliwości oraz zwykle prowadzi do istotnego zmniejszenia wartości ważonego wskaźnika izolacyjności akustycznej właściwej R_{A2} .

Podstawowym parametrem oceny akustycznej ocieplenia traktowanego (jako odrębny produkt budowlany) jest ważony wskaźnik poprawy izolacyjności akustycznej właściwej, $\Delta R_{w,\text{heavy}}$, $\Delta(R_w+C)_{\text{heavy}}$ oraz $\Delta(R_w+C_{tr})_{\text{heavy}}$, który powinien być podawany przez producenta w celach rankingowych, a także w celu umożliwienia oszacowania wpływu ocieplenia na izolacyjność akustyczną ściany w projektowanym czy ocieplanym budynku.

W przypadku ścian niejednorodnych i ścian lekkich właściwości akustyczne ocieplenia powinny być badane na ścianie o konkretnej konstrukcji, tj. takiej, która będzie wykonywana w warunkach rzeczywistych. W wyniku badań określa się wartość bezpośredniej różnicy wskaźników ważonych izolacyjności akustycznej właściwej przegrody z okładziną i bez okładziny $\Delta R_{w,\text{direct}}$, $\Delta(R_w+C)_{\text{direct}}$ lub $\Delta(R_w+C_{tr})_{\text{direct}}$.

Metoda szacowania właściwości akustycznych ocieplenia na podstawie częstotliwości rezonansowej wg PN-EN 12354-1:2002 ma szereg mankamentów, które znacznie ograniczają możliwość jej praktycznego stosowania.

Lekkie ocieplenia oraz izolacje ogniochronne natryskiwane lub przyklejane do przegrody masywnej, złożone z samej warstwy izolacyjnej bez tynku, wykonywane np. na stropach garaży w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych, również powodują znaczące obniżenie izolacyjności akustycznej i powinny być poddawane takiej samej ocenie akustycznej jak ETICS.

Oznaczenia

f_0	–	częstotliwość rezonansowa, Hz
m'_2	–	masa powierzchniowa okładziny, kg/m ²
s'	–	szytywność dynamiczna warstwy izolacyjnej, MN/m ³
R_w	–	ważony wskaźnik izolacyjności akustycznej właściwej, dB
ΔR_w	–	ważony wskaźnik poprawy izolacyjności akustycznej właściwej, dB
$\Delta R_{w,heavy}$	–	ważony wskaźnik poprawy izolacyjności akustycznej ściany ciężkiej, dB
$\Delta R_{w,direct}$	–	bezpośrednia różnica wskaźników ważonych izolacyjności akustycznej, dB
C, C_{tr}	–	widmowy wskaźnik adaptacyjny wg PN-ENISO717-1, dB
$R_{A2} = R_w + C_{tr}$		

Literatura

- [1] Szudrowicz B., *Teoretyczne i eksperymentalne podstawy oceny akustycznej ociepleń ścian zewnętrznych*, 45. Konferencja Naukowa Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitet Nauki PZiTb, Poznań Krynica 1999, T. 4: Materiały budowlane. Fizyka budowli, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 1999.
- [2] Scholl W., *Sound insulation of external thermal insulation composite systems (ETICS)*, Fortschritte der Akustik: Plenarvorträge und Fachbeiträge der 28, Deutschen Jahrestagung für Akustik DAGA 02 Bochum, Oldenburg, Deutsche Gesellschaft für Akustik, 2002.
- [3] *Złożone systemy izolacji cieplnej ścian zewnętrznych budynków ETICS. Zasady projektowania i wykonywania*, Instrukcja ITB nr 447/2009, Warszawa 2009.
- [4] PN-EN ISO 140-16 Akustyka. Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych. Pomiar laboratoryjny poprawy izolacyjności akustycznej właściwej w wyniku zastosowania dodatkowych okładzin.
- [5] Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering, ETAG 004, edition March 2000.
- [6] Weber L., Zhang Y., Brandstetter D., *Influence of wall construction on the acoustical behavior of ETICS*, Fortschritte der Akustik: Plenarvorträge und Fachbeiträge der 28. Deutschen Jahrestagung für Akustik DAGA 02 Bochum, Oldenburg, Deutsche Gesellschaft für Akustik, 2002.
- [7] Nurzyński J., *The effect of additional thermal lining on the acoustic performance of a wall*, materiały konferencyjne Acoustics 2008, Paris 2008.
- [8] PN-EN 12354-1:2002 Akustyka budowlana. Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Część 1: Izolacyjność od dźwięków powietrznych między pomieszczeniami.
- [9] PN-ISO 9051-1 Akustyka. Określenie szytywności dynamicznej. Materiały stosowane w płynących podłogach w budynkach mieszkalnych.