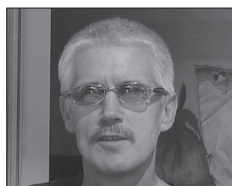


Określenie możliwości zwiększenia izolacyjności akustycznej ścian z pustaków styropianowych – ochrona przed hałasem



dr inż.
MAREK JABŁOŃSKI
Politechnika Łódzka
Wydział Budownictwa, Architektury
i Inżynierii Środowiska
ORCID: 0000-0001-5865-868X



mgr inż.
ANDRZEJ WÓJCIK
IZODOM 2000 Polska
ORCID: 0000-0003-1757-0854

Celem badań było określenie możliwości oraz wskazanie sposobu zwiększenia izolacyjności akustycznej ścian wewnętrznych i zewnętrznych wykonanych w technologii szalunku traconego ICF z pustaków styropianowych.

Wstęp

Ściany zbudowane w technologii szalunku traconego ICF (ang. Insulated Concrete Forms), czyli specjalne kształtki/pustaki wykonane na bazie styropianu wypełnione mieszanką betonową, można traktować jako ścianę masywną z występującymi po obu

stronach układami rezonansowymi. System ten, podobnie jak system ociepleń ETICS zastosowany na masywnej ścianie zewnętrznej, jest korzystny pod względem termicznym, jednak zazwyczaj powoduje obniżenie wartości jednolicebnych wskaźników izolacyjności akustycznej właściwej [1, 2, 3, 4]. Przegrodę taką można schematycznie przedstawić jako układ mas powiązanych warstwą sprężystą. Działanie takiego układu pod względem akustycznym charakteryzuje częstotliwość rezonansowa. Analiza teoretyczna pozwala stwierdzić, że przy odpowiednio dużej masie materiału konstrukcyjnego położenie częstotliwości rezonansowej zależy tylko od właściwości warstwy izolacyjnej (sztywność dynamiczna) oraz od masy powierzchniowej zastosowanej okładziny. Przebieg charakterystyki izolacyjności akustycznej układu o częstotliwości rezonansowej f_0 jest różny w przedziałach poniżej i powyżej tej częstotliwości. W zakresie leżącym poniżej częstotliwości rezonansowej zastosowanie dodatkowej warstwy izolacyjnej praktycznie nie wpływa na właściwości akustyczne całej ściany. W rejonie częstotliwości rezonansowej następuje spadek charakterystyki, a co za tym idzie – pogorszenie izolacyjności akustycznej ściany, natomiast powyżej częstotliwości rezonansowej izolacyjność akustyczna znacząco wzrasta [5, 6].

Ponieważ ściany zbudowane w technologii szalunku traconego ICF charakteryzują się również występowaniem częstotliwości rezonansowej, jej negatywny wpływ na wartości jednolicebnych wskaźników izolacyjności akustycznej właściwej również będzie odczuwalny.

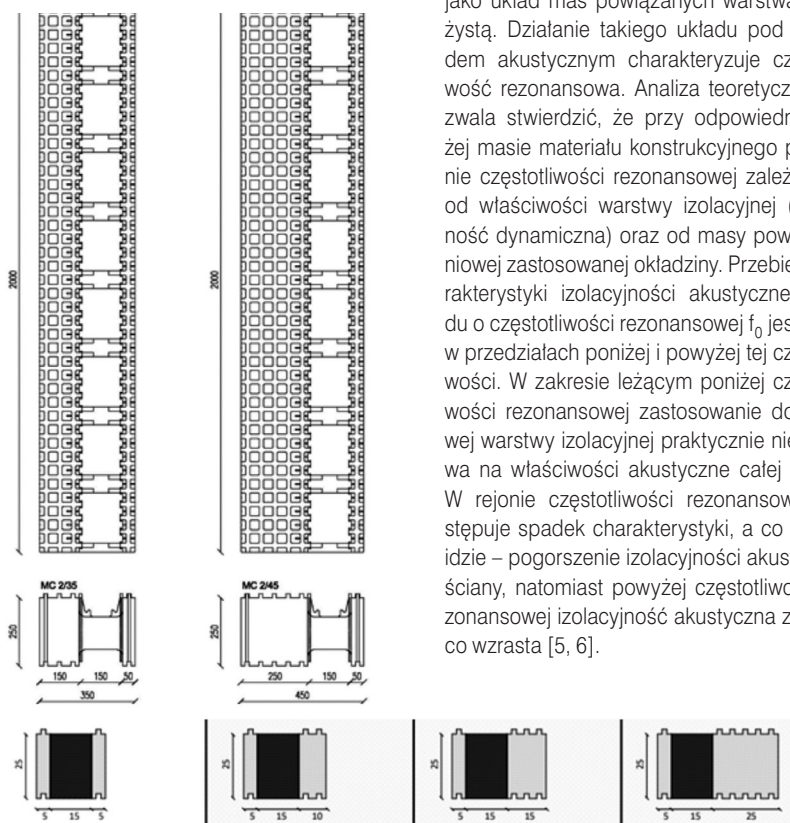
W pracy podjęto się szeregu badań mających na celu określenie możliwości oraz wskazanie sposobu zwiększenia izolacyjności akustycznej ścian wewnętrznych i zewnętrznych wykonanych w technologii szalunku traconego ICF (ang. Insulated Concrete Forms) z pustaków styropianowych. Zaproponowane modyfikacje rozwiązań miały skutkować poprawą właściwości akustycznych, co za tym idzie – zwiększeniem przydatności tych rozwiązań do nowo projektowanych obiektów, w stosunku do których są stawiane określone wymagania akustyczne (np. wielorodzinnych budynków mieszkalnych).

Program i metody badań

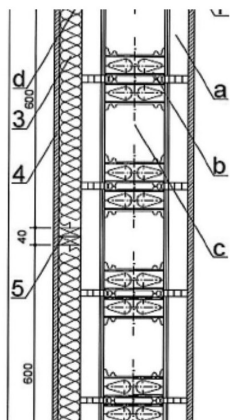
Przedmiotem badań było określenie izolacyjności akustycznej ścian z pustaków styropianowych z klasycznym wypełnieniem rdzenia pustaka betonem oraz betonem modyfikowanym. Kolejna modyfikacja polegała na dodaniu zewnętrznej warstwy.

Badania przeprowadzono dla ściany z pustaków z łącznikami ze styropianu oraz twardego tworzywa sztucznego.

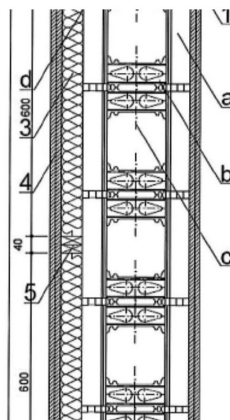
Pustak po wypełnieniu mieszanką betonową tworzy ścianę. Ściany wewnętrzne są układami symetrycznymi, w których grubość warstw styropianu z każdej strony wynosi 5 cm. Ściany zewnętrzne mają warstwę styropianu od strony pomieszczenia o stałej grubości 5 cm, natomiast grubość warstwy styropianu od strony zewnętrznej może być różna, do-



Rys. 1. Przykładowy schemat pustaków z przewiązką plastikową oraz przekrój ścian



1. płyta G-K 12,5mm
2. pustak MCFU 2/25 :
 - a) styropian 50mm
 - b) przewiązka plastikowa
 - c) rdzeń betonowy 150mm
 - d) styropian 50mm
3. wełna mineralna 50mm
4. płyta G-K 12,5 mm
5. ramka drewniana



1. 2x płyta G-K 12,5mm
2. pustak MCFU 2/25 :
 - a) styropian 50mm
 - b) przewiązka plastikowa
 - c) rdzeń betonowy 150mm
 - d) styropian 50mm
3. wełna mineralna 50mm
4. 2x płyta G-K 12,5 mm
5. ramka drewniana

Rys. 2. Przekrój przez ścianę modyfikowaną poprzez dodanie zewnętrznej warstwy z kratownicy drewnianej wypełnionej wełną mineralną

stosowana do potrzeb izolacji termicznej od 10 cm do 25 cm (skokami co 5 cm). Rdzeń może mieć grubość 15 cm, 20 cm i 25 cm (rys. 1).

Ściany modyfikowano w obszarze rdzenia za pomocą grubej i drobnej gumy [7], drobnego oraz grubego perlitu, szkła piankowego i wkładek akustycznych, a także dokładając do niektórych rozwiązań jako dodatkową warstwę płytę gipsowo-kartonową lub szkło piankowe. Modyfikacje polegały też na dodaniu zewnętrznej warstwy z kratownicy drewnianej wypełnionej wełną mineralną (rys. 2).

Pomiary izolacyjności akustycznej wykonywano w komorach pogłosowych (rys. 3). Zestaw do pomiaru izolacyjności akustycznej składał się z komory nadawczej i odbiorczej o łącznej objętości około 150 m³. Badania wykonano zgodnie z wymogami stawianymi pomiarem izolacyjności akustycznej elementów budowlanych od dźwięków powietrznych (PN-EN ISO 10140-2:2011 [8], PN-EN ISO 10140-5:2011 [9]) z wyjątkiem dotyczącym powierzchni badanych próbek. Norma PN-EN ISO 10140-5:2011 dopuszcza możliwość badania określonych konstrukcji budowlanych na mniejszych próbkach. Powierzchnia otworu pomiarowego wynosiła 1,8 m².

Właściciel komór nie miał udokumentowanych wyników międzylaboratoryjnych badań porównawczych dla próbek o różnych powierzchniach. Uznano jednak, że na pierwszym etapie badań należy znaleźć odpowiedź na pytanie, czy modyfikacja rdzenia betonowego powoduje poprawę izolacyjności akustycznej. W przypadku wytypowania na pierwszym etapie korzystnych rozwiązań założono sprawdzenie tych rozwiązań w Akredytowanym Laboratorium Akustyki w Goleniowie.

Przy wykonywaniu pomiarów akustycznych posłużono się precyzyjną aparaturą firmy Brüel & Kjær. W skład zestawu pomiarowego wchodziły następujące elementy: kalibrator akustyczny klasy 1, dwukanałowy analizator akustyczny klasy 1, wzorcowe źródła dźwięku – wszechkierunkowe źródło dźwięku, wzmacniacz mocy, oprogramowanie Qualifier.

Badania przeprowadzono wg normy PN-EN ISO 10140-2:2011 [8], określając izolacyjność akustyczną w funkcji częstotliwości w zakresie 50–5000 Hz. Następnie obliczono jednolicebne wskaźniki izolacyjności akustycznej właściwej R_w oraz widmo-

we wskaźniki adaptacyjne C i C_{tr} z pasma częstotliwości 100–3150 Hz wg PN-EN ISO 717-1:2013 [10]. Do oceny izolacyjności akustycznej przegród stosuje się jednolicebne wskaźniki oceny izolacyjności akustycznej. Wyznaczono wskaźnik oceny $R_{A,1}$ stosowany do oceny izolacyjności akustycznej ścian wewnętrznych wg PN-B-02151-3 [11]. Dodatkowo, w celu późniejszego wykorzystania danych do oceny izolacyjności akustycznej zmodyfikowanych ścian zewnętrznych, obliczano wskaźnik oceny $R_{A,2}$.

Wyniki pomiarów

Na rys. 5. pokazano wyniki pomiarów izolacyjności akustycznej ścian masywnych wykonanych z pustaków z łącznikami ze styropianu i z przewiązką plastikową dla rdzenia 15 cm z betonu oraz betonu modyfikowanego gumą i perlitem. Wskaźniki policzone na podstawie uzyskanych wartości pokazano w tab. 1.

Wyniki pomiarów dla ścian z dodatkową zewnętrzną warstwą z kratownicy drewnianej wypełnionej wełną mineralną uzyskane w komorach badawczych oraz w Akredytowanym Laboratorium Akustyki w Goleniowie przedstawiono w tab. 1. i na rys. 4.



Rys. 3. Ściany z pustaków podczas badań w komorze pogłosowej (widok od strony komory nadawczej)

Tab. 1. Wyniki pomiarów akustycznych wybranych ścian

L.p.	Opis próbki	f_0 [Hz]	$R_{A,1}$ [dB]	$R_{A,2}$ [dB]
1	Pustak z łącznikami ze styropianu, rdzeń 15 cm wypełniony betonem	100, 250	50	48
2	Pustak z łącznikami ze styropianu, rdzeń 15 cm wypełniony betonem zmieszany z drobną gumą	100, 200, 630	48	46
3	Pustak z łącznikami ze styropianu, rdzeń 15 cm wypełniony betonem zmieszany z grubą gumą	100, 250, 630	49	48
4	Pustak z łącznikami ze styropianu, rdzeń 15 cm wypełniony betonem zmieszany z perlitem drobnym	100, 315	49	47
5	Pustak z łącznikami ze styropianu, rdzeń 15 cm wypełniony betonem zmieszany z perlitem grubym	100, 315	49	48
6	Pustak z łącznikami z twardego tworzywa sztucznego, rdzeń 15 cm wypełniony betonem	80, 315	52	49
7	Pustak z łącznikami z twardego tworzywa sztucznego, rdzeń 15 cm wypełniony betonem zmieszany z drobną gumą	80, 250	51	49
8	Pustak z łącznikami z twardego tworzywa sztucznego, rdzeń 15 cm wypełniony betonem zmieszany z grubą gumą	80, 250	51	49
9	Pustak z łącznikami z twardego tworzywa sztucznego, rdzeń 15 cm wypełniony betonem zmieszany z perlitem drobnym	80, 315	51	48
10	Pustak z łącznikami z twardego tworzywa sztucznego, rdzeń 15 cm wypełniony betonem zmieszany z perlitem grubym	80, 315	51	49
11	Pustak z łącznikami ze styropianu, rdzeń 25 cm wypełniony betonem	250	53	50
12	Pustak z łącznikami z twardego tworzywa sztucznego, rdzeń 25 cm wypełniony betonem zmieszany z perlitem drobnym	315	54	51
13	Płyta G-K + pustak z rdzeniem 15 cm betonu + wełna 5 cm + płyta G-K	80, 200	54	50
14	2 x płyta G-K + pustak z rdzeniem 15 cm z betonu + wełna 5 cm + 2 x płyta G-K	80, 250	54	51

Wnioski

Badania elementów z łącznikiem ze styropianu, w których rdzeń betonowy miał grubość 15 cm, wykazały, że najlepszą izolacyjność uzyskuje się dla elementów z klasycznym betonem (pozycja 1 w tab. 1.) bez wprowadzonych modyfikacji materiałowych (wypełniacze do betonu). Izolacyjności $R_{A,1}$ i $R_{A,2}$ wynoszą odpowiednio 50 dB i 48 dB. Modyfikacja rdzenia betonowego gumą drobną i grubą powoduje niewielkie zmniejszenie izolacyjności akustycznej w stosunku do elementów wypełnionych betonem bez modyfikacji (pozycja 2 i 3 w tab. 1.). Modyfikacja rdzenia betonowego perlitem grubym oraz drobnym nie powoduje widocznych zmian izolacyjności (pozycja 4 i 5 w tab. 1.).

Badania elementów z łącznikami wykonanymi z twardego tworzywa sztucznego, w których rdzeń betonowy ma grubość 15 cm, wykazały, że najlepszą izolacyjność uzyskuje się dla elementów z klasycznym betonem bez modyfikacji (pozycja 6 w tab. 1.). Izolacyjności $R_{A,1}$ oraz $R_{A,2}$ wynoszą odpowiednio 52 dB i 49 dB. Modyfikacja rdzenia betonowego gumą drobną i grubą oraz perlitem grubym i drobnym w niewielkim stopniu (1 dB) zmniejsza izolacyjność akustyczną.

Modyfikacje rdzenia powodują pojawienie się dodatkowych niekorzystnych częstotliwości rezonansowych lub przesunięcie częstotliwości występujących w przypadku ściany z rdzeniem betonowym. Dla pustaków z łącznikiem ze styropianu modyfikacja rdzenia betonowego perlitem przesuwa częstotliwość rezonansową z 250 Hz do 315 Hz, dla pustaków z łącznikiem z tworzywa sztucznego gumą powoduje przesunięcie częstotliwości rezonansowej z 315 Hz na 250 Hz.

Elementy z grubszymi rdzeniami (20 cm i 25 cm) wykazują lepsze właściwości dźwiękoizolacyjne z uwagi na dużą masę powierzchniową (rdzeń betonowy 25 cm, izolacyjności $R_{A,1}$ i $R_{A,2}$ wynoszą odpowiednio 53 dB i 50 dB), jednak charakteryzują się znaczną grubością takiej przegrody (do 50 cm).

Analiza częstotliwości rezonansowych pokazała, że występuje ona najczęściej przy częstotliwości 100 Hz. Powoduje to spadek charakterystyki, a co za tym idzie – pogorszenie izolacyjności akustycznej ściany. Jest to typowy problem systemów z izolacją cieplną na bazie styropianu. W wielu przypadkach po modyfikacji rdzenia betonowego uwidocznił się rezonans przy częstotliwości 250, 315 lub 630 Hz. Nagłe obniżenie charakterystyki

wi w tych częstotliwościach powoduje dodatkowe pogorszenie wskaźników izolacyjności akustycznej.

Aby poprawić właściwości akustyczne ścian zewnętrznych, należałoby wyeliminować lub ograniczyć niekorzystny wpływ zjawisk rezonansowych na wartości wskaźników izolacyjności akustycznej. W tym celu wprowadzono modyfikację polegającą na dodatkowej zewnętrznej warstwie z kratownicy drewnianej wypełnionej wełną mineralną.

Ściany z pustakiem z betonu 15 cm modyfikowane jednostronnie za pomocą pustki powietrznej, wełny mineralnej i pojedynczego lub podwójnego płytowania płytą G-K można uznać za najlepsze w grupie ścian o rdzeniu betonowym 15 cm. Ich izolacyjności $R_{A,1}$ oraz $R_{A,2}$ są większe od 50 dB (wartość wymaganej izolacyjności akustycznej dla ściany między mieszkaniami). Wartości te zostały potwierdzone w Akredytowanym Laboratorium Akustyki w Goleniowie. Wyniki uzyskane podczas pomiarów na stanowisku badawczym różniły się od 1 dB do 2 dB w stosunku do wartości izolacyjności uzyskanych w Laboratorium Akredytowanym (pozycja 13 i 14 w tab. 1.).

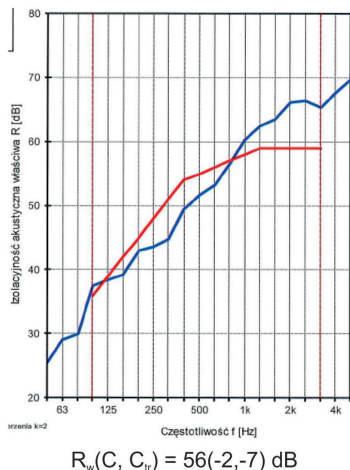
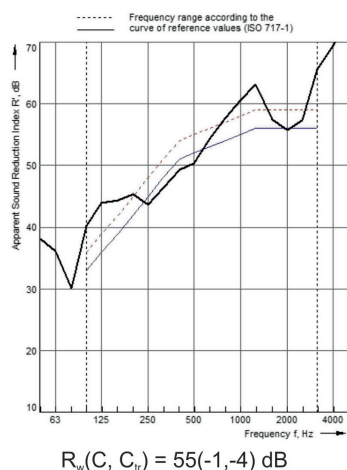
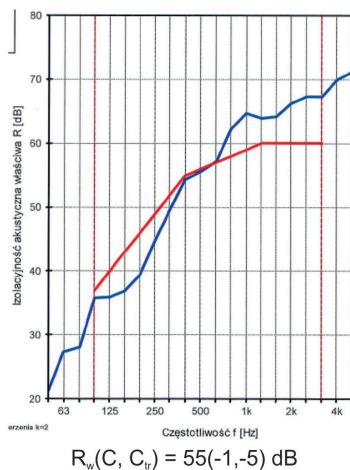
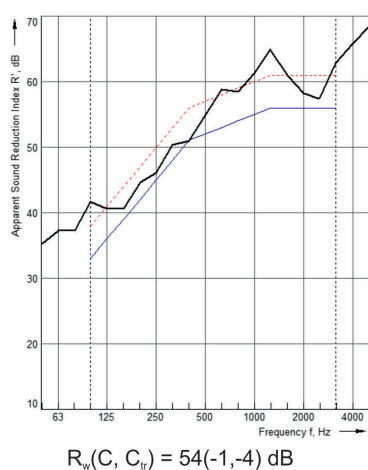
Bibliografia

- [1] Nurzyński J., Ochrona przed hałasem w zrównoważonym budownictwie. Prace Naukowe Instytutu Techniki Budowlanej. Seria: Monografie. Warszawa 2013.
- [2] Dulak L., Wpływ ocieplenia na izolacyjność akustyczną ściany zewnętrznej, „Materiały Budowlane” nr 8/2012.
- [3] Weber L., Zhang Y., Brandstetter D., Influence of Wall Construction on the Acoustical Behaviour of ETHICS. In Proceedings of the DAGA 2002, Bochum, Germany, 4–8 March 2002.
- [4] Nurzyński J., Is Thermal Resistance Correlated With Sound Insulation?, Energy Procedia 78 (2015), s. 152–157.
- [5] Nurzyński J., Lekki system ocieplania ETICS – czy właściwości cieplne idą w parze z akustyką?, „Czasopismo Techniczne Budownictwo”, Politechnika Krakowska R. 109, z. 2-B/2012, s. 315–322.
- [6] Nurzyński J., The effect of additional thermal lining on the acoustic performance of a wall, materiały konferencyjne Acoustics 2008, Paris 2008.
- [7] Holmes N., Browne A., Montague C., Acoustic properties of concrete panels with crumb rubber as a fine aggregate replacement, „Construction and Building Materials” 2014, 73, s. 195–204.
- [8] PN-EN ISO 10140-2:2011 Akustyka – Pomiar laboratoryjny izolacyjności akustycznej elementów budowlanych – Część 2: Pomiar izolacyjności od dźwięków powietrznych.
- [9] PN-EN ISO 10140-5:2011 Akustyka – Pomiar laboratoryjny izolacyjności akustycznej elementów budowlanych – Część 5: Wymagania dotyczące laboratoryjnych stanowisk badawczych i wyposażenia.
- [10] PN-EN ISO 717-1:2013 Akustyka – Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych – Część 1: Izolacyjność od dźwięków powietrznych.
- [11] PN-B-02151-3:2015 Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych.

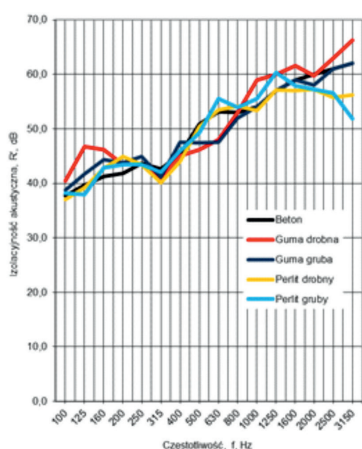
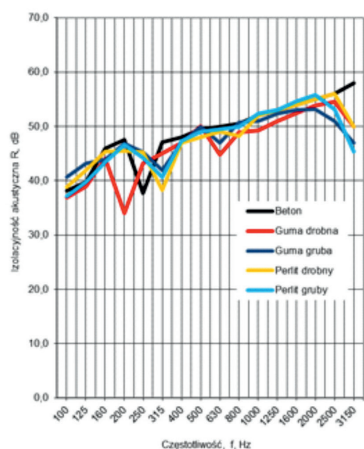
DOI: 10.5604/01.3001.0015.3862

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA
Jabłoński Marek, Wójcik Andrzej, 2021, Określenie możliwości zwiększenia izolacyjności akustycznej ścian z pustaków styropianowych – ochrona przed hałasem, „Builder” 11 (292). DOI: 10.5604/01.3001.0015.3862

Streszczenie: Celem badań było określenie możliwości oraz wskazanie sposobu zwiększenia izolacyjności akustycznej ścian wewnętrznych i zewnętrznych wykonanych w technologii



Rys. 4. Charakterystyki izolacyjności akustycznej ścian masywnych wykonanych z pustaków z łącznikami ze styropianu (lewy wykres) i twardego tworzywa sztucznego (prawy wykres) dla rdzenia 15 cm z betonu oraz betonu modyfikowanego gumą i perlitem



Rys. 5. Porównanie przykładowych wyników badań (próbka nr 13 i 14 w tab. 1.) uzyskanych w komorach badawczych (lewy wykres) oraz Akredytowanym Laboratorium Akustyki w Goleniowie (prawy wykres)

szalunku traconego ICF (ang. Insulated Concrete Forms) z pustaków styropianowych. Wykonano szereg badań doświadczalnych izolacyjności akustycznej modeli ścian z pustaków styropianowych z rdzeniem betonowym niemodyfikowanym oraz modyfikowanym różnymi dodatkami i ścian z dodatkowymi warstwa-

mi. Analiza wyników badań pozwala na stwierdzenie, że wprowadzenie wypełniaczy do betonu (perlit drobny, perlit gruby, guma drobna, guma gruba) nie powoduje wyraźnej poprawy izolacyjności akustycznej. Modyfikacje polegające na dodaniu warstw zewnętrznych w postaci płyt gipsowo-kartonowych nie pro-

wadziły do poprawy izolacyjności akustycznej. W wielu przypadkach po modyfikacji rdzenia betonowego pojawiła się dodatkowa częstotliwość rezonansowa, co powodowało pogorszenie wskaźników izolacyjności akustycznej. Wyraźną poprawę własności akustycznej uzyskano dla ściany z dodatkowymi warstwami zewnętrznymi w postaci kratownicy drewnianej wypełnionej wełną mineralną.

Słowa kluczowe: technologia szalunku traconego ICF, izolacyjność akustyczna, pomiary w komorze pogłosowej

Abstract: DETERMINING POSSIBILITIES OF INCREASING ACOUSTIC INSULATION OF WALLS MADE OF FOAMED POLYSTYRENE HOLLOW BLOCKS – PROTECTION AGAINST NOISE. The aim of the research was to determine the possibilities and indicate how to increase the acoustic insulation of internal and external walls made in the ICF (Insulated Concrete Forms) technology of polystyrene blocks. A series of experimental tests of acoustic insulation of walls made of polystyrene blocks with an unmodified concrete core and modified with various additives and walls with additional layers were carried out. The analysis of the test results shows that the introduction of fillers into concrete (fine perlite, coarse perlite, fine rubber, coarse rubber) does not significantly improve the acoustic insulation. Modifications consisting in adding external layers in the form of plasterboards did not lead to an improvement in acoustic insulation. In many cases, after the modification of the concrete core, an additional resonance frequency appeared, which resulted in deterioration of the acoustic insulation indexes. A clear improvement in acoustic properties was obtained for the wall with additional external layers in the form of a wooden lattice filled with mineral wool.

Keywords: insulating concrete form ICF, acoustic insulation, measurements in a reverberation chamber

Artykuł dotyczy wyników prac badawczych prowadzonych przez Spółkę IZODOM 2000 Polska Sp. z o.o. w ramach projektu pt. „Innowacyjne technologie wykorzystania styropianu, w zakresie opracowania znacząco ulepszonych i zaawansowanych technologicznie styropianowych materiałów budowlanych, w postaci wentylowanej płyty izolacyjno-dociepeniowej oraz izolowanych akustycznie pustaków ściennych” współfinansowanego przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Łódzkiego na lata 2014–2020.