

dr hab. inż. arch. Andrzej K. Kłosak, prof. PK^{1*)}

ORCID: 0000-0001-6326-1652

mgr inż. arch. Karolina Warzocha¹⁾

ORCID: 0000-0001-8552-2315

Czynniki wpływające na dobór izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych w budynkach mieszkalnych

Factors influencing sound insulation of external facades in residential buildings

DOI: 10.15199/33.2022.08.04

Streszczenie. Artykuł przedstawia tematykę akustyki budowlanej w aspekcie ochrony przed hałasem komunikacyjnym w projektowaniu budynków mieszkalnych. Omówiono wpływ poziomu hałasu komunikacyjnego wokół budynku na wymagania izolacyjności akustycznej ścian zewnętrznych. Opisano zależności pomiędzy parametrami akustycznymi części pełnej, a części przeszklonej oraz związane z tym konsekwencje podczas doboru stolarki okiennej i nawiewników.

Słowa kluczowe: izolacyjność akustyczna; akustyka budowlana; okna; nawiewniki.

Celem projektu akustyki budynku mieszkalnego jest zapewnienie jego przyszłym mieszkańcom co najmniej wymaganego przepisami poziomu ochrony akustycznej. Wymagania te dotyczą trzech różnych aspektów: ochrony wnętrz mieszkań przed przenikaniem hałasu z otoczenia budynku; ochrony przed przenikaniem hałasu z mieszkań sąsiednich i korytarzy oraz ochrony przed przenikaniem hałasu od urządzeń i wyposażenia technicznego budynku. W artykule zajmujemy się omówieniem pierwszego z wymienionych aspektów.

Wymagania

Wymagania akustyczne dotyczące budynków określone są w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690). Paragraf 325, pkt 2 zawiera zapis, że *Budynki z pomieszczeniami wymagającymi ochrony przed zewnętrznym hałasem [...] należy chronić [...] poprzez [...] zapewnienie izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych określonej w Polskiej Normie dotyczącej wymaganej izolacyjności akustycznej przegród w budynkach [...]*. Numer właściwej normy powołanej w paragrafie 325 znalazł się w pozycji nr 63 w Załączniku nr 1 do rozporządzenia. Zapis ten wskazuje, że wymagane wartości izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych oraz metodę ich wyznaczania opisano w Polskiej Normie PN-B 02151-3:2015-10 [1]. Odwołania do wartości z PN powołane w rozporządzeniu są datowane, np. norma

Abstract. The paper presents the topic of building acoustics, in terms of protection against traffic noise in the design of residential buildings. The impact of traffic noise levels around a building on the sound insulation requirements of external walls is discussed. The relationships between the acoustical properties of solid and glazed parts are described, as well as the related consequences for the selection of windows and air-inlets.

Keywords: sound insulation; building acoustics; windows; inlets.

PN-B 02151-3:2015-10 została opublikowana przez Komitet Techniczny nr 253 przy PKN w 2015 r., ale wpisana do rozporządzenia dopiero 1.01.2018 r. W przypadku budynków, gdzie wystąpiło o pozwolenie na budowę do 31.12.2017 r., wymagania izolacyjności akustycznej należy zatem określać nadal zgodnie z poprzednią wersją PN z 1999 r. [2].

Zgodnie z zapisami PN-B 02151-3:2015 [1], *wymagana izolacyjność akustyczna przegród zewnętrznych jest uzależniona od długookresowego miarodajnego poziomu hałasu zewnętrznego wokół budynku oraz funkcji pomieszczenia, jego objętości oraz powierzchni ścian zewnętrznych*. W danym pomieszczeniu izolacyjność akustyczna jest określana parametrem R'_{A2} [dB], a jej wartość może być zweryfikowana powykonawczo przez pomiar na budowie. Po określeniu R'_{A2} przegrody zewnętrznej należy tak dobrać izolacyjność akustyczną części pełnej ściany zewnętrznej (ściana masywna wraz z izolacją termiczną) opisaną parametrem $R_{A2,R,ściana}$, stolarki okiennej również opisaną parametrem $R_{A2,R,okno}$ oraz izolacyjności akustycznej nawiewników okiennych lub ściennych wyrażonej parametrem $D_{n,e,A2,R}$, aby wypadkowa izolacyjność wszystkich tych elementów była nie mniejsza niż wymagane R'_{A2} . Indeks R oznacza, że izolacyjność ściany pełnej, okna i nawiewnika uwzględnia już poprawkę bezpieczeństwa 2 dB wymaganą przepisami.

Ostatecznie dobrana izolacyjność akustyczna przegrody zewnętrznej R'_{A2} zależy od wypadkowej izolacyjności akustycznej wszystkich elementów tej przegrody, tj. pełnej części ściany i części przeszklonej (okien i drzwi balkonowych), w tym od procentowego udziału tych dwóch części w całej powierzchni przegrody. Izolacyjność akustyczna przegrody zewnętrznej w znacznym stopniu zależy również od liczby i parametrów akustycznych nawiewników.

¹⁾ Politechnika Krakowska

^{*)} Adres do korespondencji: aklosak@pk.edu.pl

Izolacyjność akustyczna przegród zewnętrznych R'_{A2}

W celu oszacowania izolacyjności akustycznej ścian zewnętrznych niezbędne jest określenie miarodajnego poziomu hałasu na terenie przyszłej lokalizacji budynku mieszkalnego. Wymaga to wykonania komputerowego modelu terenu wraz z układem okolicznych dróg i zabudowań, określenia natężenia ruchu poszczególnych typów pojazdów (osobowych i ciężarowych) w ciągu dnia i nocy, skalibrowania modelu obliczeniowego pomiarami akustycznymi na terenie inwestycji, przyjęcia odpowiedniej prognozy zmiany ruchu w ciągu kolejnych 10 – 20 lat, a następnie wykonania obliczeń miarodajnego poziomu hałasu zewnętrznego $L_{Azew, dzień}$ i $L_{Azew, noc}$ na wysokości poszczególnych kondygnacji. Takie opracowanie jest w stanie wykonać jedynie doświadczony projektant akustyki. Zanim ono powstanie, w sposób uproszczony można oszacować poziom miarodajny, korzystając z map akustycznych dostępnych dla większości miast i gmin. Na mapie akustycznej wystarczy spojrzeć jedynie na poziom dźwięku hałasu drogowego w porze nocy („Drogowy LN”), bo on zwykle determinuje izolacyjność akustyczną przegród zewnętrznych.

W artykule zaprezentowano przykładowe obliczenia izolacyjności akustycznej ściany zewnętrznej R'_{A2} w przypadku dwóch typowo spotykanych wartości poziomu hałasu („lokalizacja nr 1” o $L_N = 65$ dB(A) oraz „lokalizacja nr 2” o $L_N = 55$ dB(A)). Wykonano obliczenia kilku rodzajów pokoi mieszkalnych przy założeniu, że ich wysokość wynosi 2,7 m. Wyniki przedstawiono w tabelach 1 i 2. Pokazują one, jak zmienia się poziom wymagań w zależności od powierzchni pomieszczenia, długości ściany zewnętrznej oraz rodzaju pokoju z jedną lub dwoma ścianami zewnętrznymi. Dodatkowo w przypadku pokoi o powierzchni 20 m² przedstawiono, jaki wpływ na izolacyjność akustyczną ściany zewnętrznej ma zwiększająca się powierzchnia tej ściany, a co za tym idzie malejąca głębokość pomieszczenia.

Tabela 1. Obliczenia izolacyjności akustycznej w przypadku poziomu hałasu w porze nocnej $L_N = 65$ dB(A)

Table 1. Facade sound insulation with nighttime noise level $L_N = 65$ dB(A)

Typ pokoju	Powierzchnia [m ²]	Długość ściany 1 [m]	Długość ściany 2 [m]	Objętość [m ³]	Poziom hałasu przed fasadą L_N [dB(A)]	Wymagana izolacyjność fasady R'_{A2} [dB]
Pokój zwykły	6	3	–	16,2	65	45
	9	3	–	24,3		43
	12	4	–	32,4		43
	16	4	–	43,2		42
		3	–	–		40
		4	–	–		41
		5	–	54		42
	6	–	–	43		
	25	5	–	67,5	41	
Pokój narożny	6	3	2	16,2	65	48
	9	3	3	24,3		46
	12	3	4	32,4		45
	16	4	4	43,2		45
	20	4	5	54		44
	25	5	5	67,5		44

Tabela 2. Obliczenia izolacyjności akustycznej w przypadku poziomu hałasu w porze nocnej $L_N = 55$ dB(A)

Table 2. Facade sound insulation with nighttime noise level $L_N = 55$ dB(A)

Typ pokoju	Powierzchnia [m ²]	Długość ściany 1 [m]	Długość ściany 2 [m]	Kubatura [m ³]	Poziom hałasu przed fasadą L_N [dB(A)]	Wymagana izolacyjność fasady R'_{A2} [dB]
Pokój zwykły	6	3	–	16,2	55	35
	9	3	–	24,3		33
	12	4	–	32,4		33
	16	4	–	43,2		32
		3	–	–		30
		4	–	–		31
		5	–	54		32
	6	–	–	33		
	25	5	–	67,5	31	
Pokój narożny	6	3	2	16,2	55	38
	9	3	3	24,3		36
	12	3	4	32,4		35
	16	4	4	43,2		35
	20	4	5	54		34
	25	5	5	67,5		34

W przypadku wysokiego poziomu hałasu, wynoszącego w porze nocnej $L_N = 65$ dB(A), izolacyjność akustyczna ściany zewnętrznej musi wynosić $R'_{A2} = 40 \div 48$ dB. Jest to bardzo rygorystyczny parametr, który przełoży się na zaostrożenie wymagań dotyczących stolarki okiennej. W przypadku mniejszego o 10 dB(A) poziomu hałasu, $L_N = 55$ dB(A) wymagana izolacyjność akustyczna ściany zewnętrznej wynosi $R'_{A2} = 30 \div 38$ dB, czyli o 10 dB mniej niż w poprzednim przypadku. Będzie to miało wpływ na istotnie mniejsze wymagania dotyczące stolarki okien.

Ponadto z analizy wyników zamieszczonych w tabelach 1 i 2 wynika, że małe i/lub „płytkie” pokoje o dużej powierzchni ściany zewnętrznej i małej głębokości powodują istotne zwiększenie wymagań izolacyjności akustycznej (do 5 dB) w porównaniu z pokojami o większej powierzchni/kubaturze. Przy takiej samej powierzchni, pokój „głębszy” umożliwia zmniejszenie wymagań izolacyjności ściany zewnętrznej (do 3 dB). Zaprojektowanie pokoi z narożnymi oknami (dwie ściany zewnętrzne z oknami) zwiększa wymaganą izolacyjność o dalsze 3 dB. Wszystkie opisane różnice w wymaganiach R'_{A2} występują przy takim samym poziomie hałasu. Są zatem efektem wyłącznie decyzji architektonicznych dotyczących układu funkcjonalnego mieszkania, co należy brać pod uwagę przy projektowaniu mieszkań w głośnych lokalizacjach.

Izolacyjność akustyczna okien $R_{A2,R}$

Dysponując wyznaczonymi wymaganymi wartościami izolacyjności akustycznej R'_{A2} ściany zewnętrznej, należy wybrać materiał konstrukcyjny oraz rodzaj izolacji termicznej tych ścian. Aby uzyskać jak najmniejszą izolacyjność akustyczną okien, izolacyjność akustyczna $R_{A2,R}$ części pełnej ściany powinna być o min. 7 dB większa niż wymagane R'_{A2} . W związku z tym ściana pełna w lokalizacji nr 1 powinna charakteryzować się $R_{A2,R} = 47 – 55$ dB. Zastosowanie w tej lokalizacji pustaka ceramicznego P+W i ocieplenie go styropianem spowoduje, że izolacyjność akustyczna ściany pełnej $R_{A2,R}$ będzie wynosić zaledwie 39 dB (46 dB ściany z pusta-

ka zmniejszone o ok. 7 dB z uwagi na ocieplenie styropianem). Z tego powodu w lokalizacji 1 konieczne jest zastosowanie ściany pełnej o dużej izolacyjności akustycznej ocieplonej wełną mineralną dwugęstościową albo o zaburzonym układzie włókien, które nie pogarszają parametrów akustycznych ściany. Niestety ocieplenie ściany styropianem albo wełną lamelową pogarsza istotnie te parametry.

Pomimo że w lokalizacji nr 2, ze względu na mniejszą wymaganą wartość $R'_{A2} = 30 \div 38$ dB, ściana pełna może mieć mniejszą izolacyjność niż w lokalizacji nr 1, to zastosowanie pustaka ceramicznego ocieplonego styropianem będzie wymagało zastosowania okien o większej izolacyjności akustycznej niż w przypadku np. ściany z bloczka silikatowego ocieplonej wełną mineralną o zaburzonym układzie włókien.

W tabelach 3 i 4 zaprezentowano dobór izolacyjności akustycznej okien, pozwalający spełnić wyznaczone w tabelach 1 i 2 wymagane R'_{A2} ściany zewnętrznej. Tabela 3 zakłada, że ściana pełna charakteryzuje się izolacyjnością akustyczną $R_{A2,R} = 39$ dB i wykonana jest z poryzowanych pustaków ceramicznych 24 – 25 cm P+W oraz ocieplona styropianem. Natomiast tabela 4 dotyczy ściany pełnej $R_{A2,R} = 51$ dB z pełnych bloczków silikatowych 24 cm z izolacją termiczną z wełny dwugęstościowej lub z wełny o zaburzonym układzie włókien. W obu przypadkach przyjęto, że ściana z oknem ma powierzchnię min. 10 m². Dobór izolacyjności okna polega na odczytaniu wartości $R_{A2,R}$ w środku tablicy, na przecięciu wymaganej wartości R'_{A2} pokazanej po lewej stronie z procentowym udziałem powierzchni okien w całej powierzchni ściany zewnętrznej pokazanym w górnym wierszu. Wartości $R_{A2,R,okno}$ wyznaczone na podstawie tabel 3 i 4 mogą być stosowane do okien w budynkach, gdzie nie stosuje się nawiewników, ale także w przypadku okien z nawiewnikami, traktując wyznaczone wartości $R_{A2,R,okno}$ jako wymaganie dotyczące zestawu „okno + nawiewnik”, dobierając odpowiedni akustycznie nawiewnik, tak aby izolacyjność całego zestawu nie była gorsza niż wartość z tabeli 3 lub 4.

Tabela 3. Ściana zewnętrzna (min. 10 m²): pustak poryzowany P + W, grubości 25 cm, ocieplony styropianem, $R_{A2,R} = 39$ dB (wartość szacowana)

Table 3. External partition (min. 10 m²): aerated brick P + W, thickness – 25 cm, expanded polystyrene, $R_{A2,R} = 39$ dB (estimated value)

		Udział przeszklenia (powierzchnia okna / powierzchnię całej ściany zewnętrznej)										
		≤ 10%	≤ 20%	≤ 30%	≤ 40%	≤ 50%	≤ 60%	≤ 70%	≤ 80%	≤ 90%	≤ 100%	
R'_{A2}	$R_{A2,R}$	okna bez nawiewnika lub zestawu "okno+nawiewnik(i)"										
30	21	23	25	26	27	28	29	29	30	30	30	typowe PVC
31	22	25	26	27	28	29	30	31	31	31		
32	23	26	27	29	29	30	31	32	32	32		
33	24	27	29	30	31	31	32	33	33	33		
34	25	28	30	31	32	32	33	34	34	34		
35	27	29	31	32	33	33	34	35	35	35		drogie PVC
36	28	31	32	33	34	35	35	36	36	36		
37	30	33	34	35	36	36	37	37	37	37		
38	32	35	36	36	37	37	38	38	38	38		
39	36	37	38	38	39	39	39	39	39	39		
40	-	43	41	41	41	40	40	40	40	40		drogie ALU
41	-	-	55	45	43	42	42	41	41	41		
42	-	-	-	-	49	45	44	42	42	42		
43	-	-	-	-	-	51	46	45	44	43		
44	-	-	-	-	-	-	51	47	45	44		
45	-	-	-	-	-	-	-	49	46	45		
46	-	-	-	-	-	-	-	55	48	46		
47	-	-	-	-	-	-	-	-	50	47		
48	-	-	-	-	-	-	-	-	53	48		
49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49		
50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50		
R'_{A2}		okna typowo niemożliwe do uzyskania										

Tabela 4. Ściana zewnętrzna (min. 10 m²): silikat A24 klasy 25 – 1800, grubości 25 cm, ocieplony wełną dwugęstościową, $R_{A2,R} = 51$ dB (wartość szacowana)

Table 4. External partition (min. 10 m²): silicate brick A24 class 25 – 1800, thickness – 25 cm, double-density mineral wool, $R_{A2,R} = 51$ dB (estimated value)

		Udział przeszklenia (powierzchnia okna / powierzchnię całej ściany zewnętrznej)										
		≤ 10%	≤ 20%	≤ 30%	≤ 40%	≤ 50%	≤ 60%	≤ 70%	≤ 80%	≤ 90%	≤ 100%	
R'_{A2}	$R_{A2,R}$	okna bez nawiewnika lub zestawu "okno+nawiewnik(i)"										
30	20	23	25	26	27	28	28	29	30	30	typowe PVC	
31	21	24	26	27	28	29	29	30	31	31		
32	22	25	27	28	29	30	30	31	32	32		
33	23	26	28	29	30	31	31	32	33	33		
34	24	27	29	30	31	32	32	33	34	34		
35	25	28	30	31	32	33	33	34	35	35	drogie PVC	
36	26	29	31	32	33	34	34	35	36	36		
37	27	30	32	33	34	35	35	36	37	37		
38	28	31	33	34	35	36	37	37	38	38		
39	29	32	34	35	36	37	38	38	39	39		
40	30	33	35	36	37	38	39	39	40	40	drogie ALU	
41	31	34	34	37	38	39	40	40	41	41		
42	32	36	35	38	39	40	41	41	42	42		
43	34	37	38	40	40	41	42	42	43	43		
44	35	38	39	41	41	42	43	43	44	44		
45	36	39	41	42	43	43	44	44	45	45		
46	37	40	42	43	44	44	45	45	46	46		
47	39	41	43	44	45	45	46	46	47	47		
48	40	43	44	45	46	47	47	47	48	48		
49	42	45	46	47	47	48	48	49	49	49		
50	44	47	48	48	49	49	49	50	50	50		
R'_{A2}		okna typowo niemożliwe do uzyskania										

Izolacyjność akustyczna nawiewników

$D_{n,e,A2,R}$

Izolacyjność nawiewników jest wyrażona parametrem ($D_{n,e,A2,R}$), innym niż izolacyjność ścian czy okien (R'_{A2} , $R_{A2,R}$). Z tego powodu dobór nawiewników wymaga odpowiedniego przeliczenia i zależy od liczby nawiewników, izolacyjności akustycznej ściany lub okna oraz powierzchni ściany lub okna. Szczegółowe wzory znajdują się w normie PN-B 02151-3:2015. W tabelach 5 i 6 pokazano przykładowy dobór nawiewników do wymaganej wartości $R_{A2,R}$ zestawu „okno+nawiewnik” wyznaczonej np. z tabel 3 i 4. Jak pokazano w tabeli 5, zestaw okno i jeden nawiewnik o wymaganiu $R_{A2,R,zestaw} = 36$ dB i powierzchni okna 4 m², uzyska wymaganą wartość w przypadku zastosowania nawiewnika o izolacyjności $D_{n,e,A2,R} = 40$ dB i okna o $R_{A2,R,okno} = 46$ dB. Natomiast przy nieco lepszym akustycznie nawiewniku, o izolacyjności $D_{n,e,A2,R} = 45$ dB, wymaganie dotyczące izolacyjności akustycznej okna zmniejszy się do $R_{A2,R,okno} = 38$ dB, a gdy użyjemy nawiewnika o $D_{n,e,A2,R} = 50$ dB, okno może mieć $R_{A2,R,okno} = 36$ dB. Dalsze poprawienie parametrów akustycznych nawiewnika nie zmniejszy jednak już wymagania dotyczącego okna.

W związku z tym, że nawiewniki są zwykle dużo tańsze niż dobre okna, najbardziej ekonomicznym rozwiązaniem jest przyjęcie nawiewnika okiennego o najlepszych dostępnych parametrach akustycznych i dobranie do niego okna o najmniejszej możliwej izolacyjności. W przypadku wyjątkowo dużych wymagań opłaca się zastosować nawiewniki ściennie. Dostępne na rynku produkty charakteryzują się parametrami akustycznymi aż do $D_{n,e,A2,R} = 58$ dB, co pozwala na zastosowanie okien o najmniejszej izolacyjności. Jest to istotne, zwłaszcza jeśli nawiewników jest więcej niż jeden. W tabeli 6 pokazano analogiczne obliczenia dotyczące zestawu okno i trzy nawiewniki.

Tabela 5. Wypadkowa izolacyjność akustyczna okna z jednym nawiewnikiem

Table 5. Effective sound insulation of window with one air-inlet

Izolacyjność akustyczna elementu		Wypadkowa izolacyjność zestawu okna z 1 nawiewnikiem dla okna o powierzchni						
Nawiewnik	Okno	≥ 1,00 m ²	≥ 2,00 m ²	≥ 3,00 m ²	≥ 4,00 m ²	≥ 5,00 m ²	≥ 6,00 m ²	≥ 7,00 m ²
D _{n,e,A2,R} [dB]	R _{A2,R} [dB]	R _{A2,R} [dB]						
35	30	24	26	27	27	28	28	28
	32	24	27	28	28	29	29	30
	34	24	27	28	29	30	30	31
	36	25	27	29	30	31	31	32
	38	25	28	29	30	31	32	32
	40	25	28	29	31	31	32	33
	42	25	28	30	31	32	32	33
	44	25	28	30	31	32	32	33
40	30	27	28	29	29	29	29	29
	32	28	29	30	31	31	31	31
	34	29	30	31	32	32	32	33
	36	29	31	32	33	33	34	34
	38	29	32	33	34	34	35	35
	40	30	32	34	35	35	36	36
	42	30	32	34	35	36	36	37
	44	30	33	34	35	36	37	37
45	30	29	29	30	30	30	30	30
	32	30	31	31	31	32	32	32
	34	31	33	33	33	33	33	34
	36	32	34	34	35	35	35	35
	38	33	35	36	36	37	37	37
	40	34	36	37	37	38	38	38
	42	34	37	38	38	39	39	40
	44	34	37	38	39	40	40	41
50	30	30	30	30	30	30	30	30
	32	31	32	32	32	32	32	32
	34	33	33	34	34	34	34	34
	36	35	35	35	36	36	36	36
	38	36	37	37	37	37	38	38
	40	37	38	39	39	39	39	39
	42	38	39	40	41	41	41	41
	44	39	40	41	42	42	42	43
55	30	30	30	30	30	30	30	30
	32	32	32	32	32	32	32	32
	34	34	34	34	34	34	34	34
	36	35	36	36	36	36	36	36
	38	37	38	38	38	38	38	38
	40	39	39	40	40	40	40	40
	42	40	41	41	41	42	42	42
	44	41	43	43	43	43	43	44

Tabela 6. Wypadkowa izolacyjność akustyczna okna z trzema nawiewnikami

Table 6. Effective sound insulation of window with three air-inlets

Izolacyjność akustyczna elementu		Wypadkowa izolacyjność zestawu okna z 3 nawiewnikami dla okna o powierzchni						
Nawiewnik	Okno	≥ 1,00 m ²	≥ 2,00 m ²	≥ 3,00 m ²	≥ 4,00 m ²	≥ 5,00 m ²	≥ 6,00 m ²	≥ 7,00 m ²
D _{n,e,A2,R} [dB]	R _{A2,R} [dB]	R _{A2,R} [dB]						
35	30	20	22	24	25	25	26	26
	32	20	23	24	25	26	27	27
	34	20	23	24	26	26	27	28
	36	20	23	25	26	27	27	28
	38	20	23	25	26	27	28	28
	40	20	23	25	26	27	28	28
	42	20	23	25	26	27	28	28
	44	20	23	25	26	27	28	29
40	30	24	26	27	28	28	28	28
	32	24	27	28	29	29	29	30
	34	25	27	29	29	30	30	31
	36	25	28	29	30	31	31	32
	38	25	28	29	30	31	32	32
	40	25	28	30	31	32	32	33
	42	25	28	30	31	32	32	33
	44	25	28	30	31	32	33	33
45	30	27	28	29	29	29	29	29
	32	28	30	30	31	31	31	31
	34	29	31	31	32	32	33	33
	36	29	31	32	33	34	34	34
	38	30	32	33	34	35	35	35
	40	30	32	34	35	35	36	36
	42	30	33	34	35	36	37	37
	44	30	33	34	35	36	37	38
50	30	29	29	30	30	30	30	30
	32	30	31	31	31	32	32	32
	34	31	33	33	33	33	33	34
	36	32	34	34	35	35	35	35
	38	33	35	36	36	37	37	37
	40	34	36	37	37	38	38	38
	42	34	37	38	38	39	39	40
	44	34	37	38	39	40	40	41
55	30	30	30	30	30	30	30	30
	32	31	32	32	32	32	32	32
	34	33	33	34	34	34	34	34
	36	35	35	35	36	36	36	36
	38	36	37	37	37	37	38	38
	40	37	38	39	39	39	39	39
	42	38	39	40	41	41	41	41
	44	39	40	41	42	42	42	43

Przy doborze nawiewników celem powinno być zastosowanie na tyle dobrego akustycznie nawiewnika, aby wymagana izolacyjność akustyczna okna ($R_{A2,R,okno}$) była jak najbliższa wymaganiu dla zestawu okno + nawiewnik ($R_{A2,R,zestaw}$).

Podsumowanie

Wpływ poziomu hałasu w miejscu planowanej lokalizacji budynku mieszkalnego ma decydujący wpływ na wymagania akustyczne izolacyjności ścian zewnętrznych, a co za tym idzie na koszty stolarki okiennej. Możliwość wpływania na te wymagania również przez świadomy dobór układu funkcjonalnego pomieszczeń w budynku, w tym przez wielkość i układ okien, głębokość pomieszczenia czy liczbę ścian wewnętrznych z oknami narożnymi oznacza, że na jak najwcześniejszym etapie projektu należy wspólnie z doświadczonym akustykiem przeanalizować możliwości i ograniczenia danej lokalizacji. Współpraca z akustykiem już na etapie koncepcji pozwala uniknąć znacznych kosztów na późniejszych etapach realizacji inwestycji. Należy pamiętać, że izolacyjność aku-

styczna okien zależy głównie od grubości zestawu szklanego i ciężaru zastosowanych w nich szyb, w tym szyb laminowanych, co przy dużych wymaganiach akustycznych i dużych powierzchniach przeszkleń może wymagać, z uwagi na ciężar szyb, zastosowania stolarki aluminiowej. Należy również pamiętać, że zarówno nawiewniki, jak i okna mają ograniczenia dotyczące możliwości do uzyskania parametrów akustycznych, i w szczególnie głośnych lokalizacjach ($L_N > 70$ dB) nie będzie można stosować dużych przeszkleń czy okien narożnych, gdyż na rynku nie będą dostępne okna o tak wyśrubowanych parametrach akustycznych, nie mówiąc o ich cenie.

Literatura

- [1] PN-B 02151-3:2015-10 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych. Wymagania.
- [2] PN-B 02151-3:1999 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych. Wymagania.

Przyjęto do druku: 21.07.2022 r.