

dr inż. Leszek Dulak*
dr inż. Rafał Żuchowski*

Miejski Budynek Jutra 2030 – próba podwyższenia komfortu akustycznego w budynku wielorodzinnym

*City Building Tomorrow 2030 – an attempt to increase
of acoustic comfort in apartment building*

Artykuł dotyczy projektu celowego „Miejski Budynek Jutra 2030”, numer 6 ZR6 2009 C/07319 realizowanego przez firmę Mostostal Warszawa S.A. oraz jednostki naukowej: Instytut Techniki Budowlanej i Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej. Celem projektu jest określenie rozwiązań konstrukcyjnych, materiałowych i instalacyjnych umożliwiających wznoszenie budynków wielorodzinnych charakteryzujących się dużą energooszczędnością, dbałością o środowisko, niewielkim użyciem surowców naturalnych, jak również zapewnianymi wysokim komfortem ich mieszkańcom. Planowanym finalnym efektem projektu jest wybudowanie budynku wielorodzinnego z wykorzystaniem wyników przeprowadzonych badań i analiz [14]. W artykule przedstawiono przyjęte w projekcie założenia, dotyczące ochrony akustycznej budynku wielorodzinnego. Ze względu na ograniczone ramy, tematykę artykułu zawężono do zagadnień związanych z bryłą budynku.

Ochrona przed hałasem zewnętrznym

Warunkiem skutecznej realizacji zadania powinno być wykorzystanie wiedzy zarówno z dziedziny akustyki budowlanej, jak i urbanistycznej; ograniczenie poziomu hałasu i drgań oddziałujących na budynek przez świadome kształtowanie rozwiązań urbanistycznych terenu, infrastruktury komunikacyjnej, budynków sąsiadujących. Obecnie najczęściej mamy jednak do czynienia z ograniczonymi możliwościami kształtowania krajobrazu urbanistycznego w skali globalnej. Zazwyczaj zadanie architekta polega na wkomponowaniu planowanej inwestycji w określony obszar o niewielkiej powierzchni. W przypadku terenów śród-

miejskich hałas jest nieodzownym czynnikiem towarzyszącym takiej lokalizacji. W przypadku tak rozumianego planowania inwestycji coraz istotniejszym czynnikiem staje się poznanie aktualnego i przyszłego klimatu akustycznego.

Określenie hałasu zewnętrznego.

W celu realizacji zadania polegającego na określeniu klimatu akustycznego w miejscu planowanej inwestycji, zaproponowano następujący schemat postępowania:

- określenie dopuszczalnych poziomów hałasu [4] w terenie, na którym realizowany będzie projektowany obiekt budowlany, podlegający ochronie przed hałasem na podstawie obowiązującego Miejscowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego lub w przypadku jego braku wystąpienie do stosownego urzędu o kwalifikację terenu zgodnie z art. 115 POŚ [3];

- wykonanie stosownych pomiarów hałasu w punktach referencyjnych określających właściwości źródła hałasu i dodatkowych punktach pomiarowych obrazujących klimat akustyczny w miejscu projektowania obiektu zlokalizowanych zgodnie z kryteriami określonymi w załączniku 2 do Rozporządzenia Ministra Środowiska [5], [6];

- przeprowadzenie badań natężenia i prędkości ruchu wraz z określeniem struktury kierunkowej i rodzajowej przejeżdżających pojazdów;

- określenie zasięgów oddziaływania hałasu pochodzącego z otaczających obiektów źródeł hałasu, z wykorzystaniem modelu terenu 3D przy uwzględnieniu zagospodarowania występującego na danym terenie;

- wykonanie obliczeń rozkładu klimatu akustycznego na poszczególnych fasadach projektowanego budynku pod kątem wykonania oceny minimalnej izolacyjności akustycznej przegrody zewnętrznej.

Wpływ bryły budynku na poziom hałasu. Wpływ zewnętrznego kształtu elewacji na poziom hałasu może być zarówno pozytywny, jak i negatywny (wzmocnienie fali akustycznej). Pozytywny wpływ spowodowany jest ekranowaniem lub częściowym ekranowaniem elewacji zewnętrznej przez balkony lub inne elementy), natomiast wzmocnienie hałasu występuje w wyniku dodatkowych odbić od elementów budynku.

Określenie wielkości tych efektów na podstawie danych geometrycznych jest w zadowalającym stopniu zgodne z wynikami pomiarów terenowych i na modelach [10]. Należy unikać kształtu bryły budynku, które mogą powodować wzmocnienie fali akustycznej przez odbicie jej od dodatkowych płaszczyzn elewacji budynku. Na rysunku 1 pokazano schematycznie kształt bryły budynku, które mogą powodować podwyższenie poziomu hałasu



Rys. 1. Kształt bryły budynku, który może powodować podwyższenie poziomu hałasu przy elewacji w stosunku do budynku zaprojektowanego na rzucie prostokąta [11]

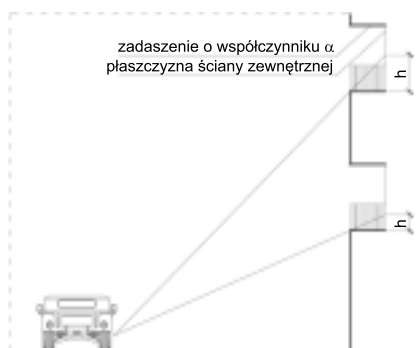
* Politechnika Śląska

su przy elewacji w stosunku do budynków zaprojektowanych na rzucie prostokąta. Wpływ kształtu elewacji na zmniejszenie poziomu hałasu ΔL_{fs} przedstawiono w tabeli 1. Objaśnienie parametrów elewacji mających wpływ na zmniejszenie poziomu hałasu przedstawiono na rysunku 2.

Tabela 1. Wpływ kształtu elewacji na zmniejszenie poziomu hałasu ΔL_{fs} (wartości ujemne oznaczają zwiększenie hałasu) [10]

ΔL_{fs} [dB]	[Diagram 1]			[Diagram 2]			[Diagram 3]			[Diagram 4]			[Diagram 5]			
	α_w	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$
$h < 1,5$ m	0	-1	-1	0	-1	-1	0	0	0	1	nie stosuje się					
$h = 1,5 + 2,5$ m	0	nie stosuje się			-1	0	2	0	1	3	nie stosuje się					
$h > 2,5$ m	0	nie stosuje się			1	1	2	2	2	3	3	4	6			

ΔL_{fs} [dB]	[Diagram 6]			[Diagram 7]			[Diagram 8]			[Diagram 9]			[Diagram 10]			
	α_w	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$
$h < 1,5$ m	-1	-1	0	0	0	1	1	1	2	1	1	1	3	3	3	
$h = 1,5 + 2,5$ m	-1	1	3	0	2	4	1	1	2	3	4	5	5	6	7	
$h > 2,5$ m	1	2	3	2	3	4	1	1	2	4	4	5	6	6	7	



Rys. 2. Objaśnienie parametrów mających wpływ na zmniejszenie poziomu hałasu: α_w – wskaźnik pochłaniania dźwięku przez zadaszenie, h – wysokość linii widzenia [11]

Wartość wskaźnika pochłaniania dźwięku α_w wybranych materiałów przedstawiono w tabeli 2 (podane wartości są przykładowe).

Izolacyjność akustyczna przegród zewnętrznych. Wymaganą izolacyjność akustyczną przegród zewnętrznych (w tym stropodachów) uzależnia się

od miarodajnego poziomu dźwięku A hałasu zewnętrznego występującego w odległości 2 m od przegrody zewnętrznej na poziomie rozpatrywanego fragmentu budynku [9]. Określenie wielkości poziomu dźwięku A jest więc pierwszym etapem na drodze do zaprojektowania

przy elewacjach bocznych hałasu o co najmniej 3 dB niższego niż na elewacji frontowej oraz na elewacji tylnej o co najmniej 10 dB niższego niż na elewacji frontowej.

Wnioski te są oczywiście znacznym uproszczeniem, dlatego też przyjęto je z uwzględnieniem pewnego zapasu „bezpieczeństwa”. Zaleca się oczywiście przeprowadzenie dokładnych obliczeń propagacji hałasu z uwzględnieniem zmian infrastruktury drogowej, związanych z projektowanym budynkiem mieszkalnym i wyznaczenie wartości miarodajnego poziomu dźwięku A hałasu przy każdej z elewacji. Propozycja, którą zaprezentujemy, dotyczy sytuacji, kiedy nie wykonano analizy akustycznej, a budynek jest tak usytuowany, że nie występują dodatkowe źródła dźwięku i powierzchnie odbijające dźwięk naprzeciw elewacji bocznych i tylnej. W tabeli 3 przedstawiono propozycję wymagań, dotyczących minimalnej wartości wskaźnika oceny przybliżonej wypadkowej izolacyjności akustycznej właściwej dla przegrody zewnętrznej w zależności od poziomu hałasu. Przyjęto cztery podstawowe rodzaje klimatu akustycznego, a klimat akustyczny nr 3 podzielono dodatkowo na 3 podgrupy. Zróżnicowanie klimatu akustycznego na zewnątrz budynku zaproponowano w dużej mierze wg normy [9]. Przyjęto maksymalną wartość w porze dnia jako 75 dB, natomiast w nocy 65 dB. W przypadku występowania hałasu o wyższym poziomie wymagania należy przyjmować indywidualnie. Rozwiązania materiałowe spełniające wymagania z tabeli 3 zapewnią założone wartości dopuszczalne hałasu w budynku.

Tabela 2. Przykładowe wartości wskaźnika pochłaniania dźwięku α_w wybranych materiałów

Materiał	Wartość wskaźnika pochłaniania dźwięku α_w
Beton, cegła otynkowana	0,05
Cegła nieotynkowana	0,05
Okna, szklane fasady	0,05
Keramzytobeton, trocino-beton, zrębkobeton	0,45 + 0,75
Wełna mineralna (zależnie od grubości i rodzaju)	0,15 + 1,0

właściwego rozwiązania. Na podstawie teoretycznej analizy poziomu hałasu przy elewacji przykładowego budynku, usytuowanego jedną z elewacji równoległe do liniowego źródła hałasu, określono różnice pomiędzy wartością miarodajnego poziomu dźwięku A na elewacji frontowej, elewacjach bocznych i tylnej. Analiza wskazuje na występowanie

przy elewacjach bocznych hałasu o co najmniej 3 dB niższego niż na elewacji frontowej oraz na elewacji tylnej o co najmniej 10 dB niższego niż na elewacji frontowej. Wnioski te są oczywiście znacznym uproszczeniem, dlatego też przyjęto je z uwzględnieniem pewnego zapasu „bezpieczeństwa”. Zaleca się oczywiście przeprowadzenie dokładnych obliczeń propagacji hałasu z uwzględnieniem zmian infrastruktury drogowej, związanych z projektowanym budynkiem mieszkalnym i wyznaczenie wartości miarodajnego poziomu dźwięku A hałasu przy każdej z elewacji. Propozycja, którą zaprezentujemy, dotyczy sytuacji, kiedy nie wykonano analizy akustycznej, a budynek jest tak usytuowany, że nie występują dodatkowe źródła dźwięku i powierzchnie odbijające dźwięk naprzeciw elewacji bocznych i tylnej. W tabeli 3 przedstawiono propozycję wymagań, dotyczących minimalnej wartości wskaźnika oceny przybliżonej wypadkowej izolacyjności akustycznej właściwej dla przegrody zewnętrznej w zależności od poziomu hałasu. Przyjęto cztery podstawowe rodzaje klimatu akustycznego, a klimat akustyczny nr 3 podzielono dodatkowo na 3 podgrupy. Zróżnicowanie klimatu akustycznego na zewnątrz budynku zaproponowano w dużej mierze wg normy [9]. Przyjęto maksymalną wartość w porze dnia jako 75 dB, natomiast w nocy 65 dB. W przypadku występowania hałasu o wyższym poziomie wymagania należy przyjmować indywidualnie. Rozwiązania materiałowe spełniające wymagania z tabeli 3 zapewnią założone wartości dopuszczalne hałasu w budynku.

Przyjęto, że w przypadku standardu podstawowego, poziom dźwięku A [dB], w budynku nie powinien przekraczać 40 dB w ciągu dnia i 30 dB w ciągu nocy. Jest to założenie zgodne z aktualnie obowiązującymi wymaganiami normy [8] dotyczącymi pokoiw mieszkalnych. W przypadku standardu podwyższonego przyjęto, że poziom dopuszczalny w ciągu dnia i nocy powinien wynosić odpowiednio 35 i 25 dB. Założenia te nie uwzględniają wpływu kształtu elewacji na wartość poziomu hałasu. W analizie przyjęto przykładowe pomieszczenie o wymiarach 5 x 3,5 x 2,6 m. Przyjęto również „bezpieczne” założenie, że czas pogłosu w pomieszczeniu wyniesie 1 s. Obliczenia wykonano zgodnie z modelem normowym [10]. Ze względu na obowiązujące wymagania dotyczące mini-

Tabela 3. Propozycja podwyższonych wymagań dotyczących izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych

Standard	Elewacje	Minimalna wartość wskaźnika oceny wypadkowej izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej R'_{A2} lub R'_{A1} w dB					
		klimat akustyczny					
		miarodajny poziom dźwięku A w dB w ciągu dnia/nocy					
	dzień noc	75 – 71 65 – 61	70 – 66 60 – 56	65 – 61 55 – 51	60 – 56 50 – 46	55 – 51 45 – 41	do 50 do 40
Podwyższony	frontowa	41	36	31	26	21, 23*	–, 20*
	boczna	38	33	28	23	–	–
	tylna	31	26	21	–	–	–
Podstawowy	frontowa	36, 38*	31, 33*	26, 28*	21, 23*	–, 23*	–, 20*
	boczna	33	28	23	–	–	–
	tylna	26	21	–	–	–	–

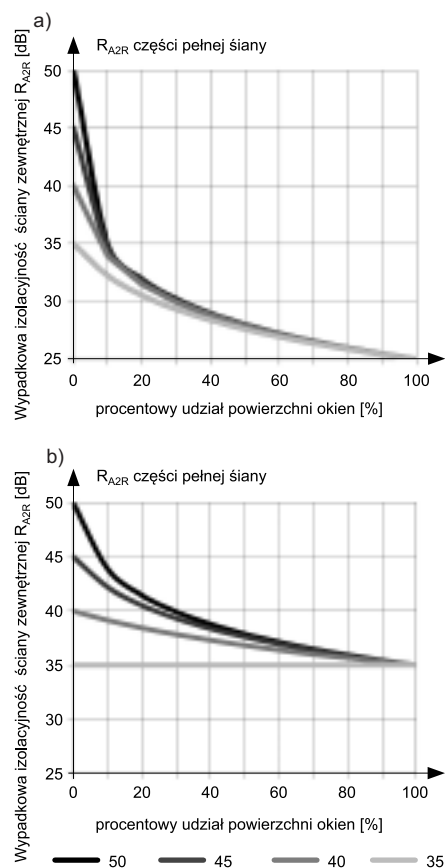
malnej izolacyjności akustycznej [9] konieczne jest zwrócenie uwagi na fakt, że w myśl wytycznych wspomnianej normy niektóre z proponowanych minimalnych wartości wskaźnika oceny wypadkowej izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej R'_{A2} lub R'_{A1} zawarte w tabeli 3 są niższe od krajowych wymagań. W związku z tym w tabeli 3, w przypadku elewacji frontowych, dodatkowo podano wymagania zaczerpnięte z PN-B-02151-3:1999 [6] i oznaczono je z gwiazdką „*„. W sytuacji, gdy wymagana minimalna izolacyjność akustyczna przegrody zewnętrznej (określona obliczeniowo) była niższa od 20 dB, w tabeli wstawiono symbol „–“, wychodząc z założenia, że warunek ten zostanie spełniony niezależnie od przyjętych rozwiązań pod warunkiem, że są poprawne z punktu widzenia sztuki budowlanej. Znając wymagania dotyczące minimalnej wartości wskaźnika oceny wypadkowej izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej R'_{A2} (lub R'_{A1}) dla przegrody zewnętrznej można przystąpić do sprawdzenia przyjętego rozwiązania lub do zaprojektowania nowego spełniającego wymagania ochrony akustycznej.

W przypadku podwyższonego standardu MBJ2030 budynku oraz trzech klimatów akustycznych zaproponowano uproszczony sposób doboru rozwiązań składających się na przegrodę zewnętrzną: części pełnej, okna i nawiewnika (tabela 4). Przeanalizowano ścianę o wymiarach w świetle od strony wnętrza 4,5 x 2,8 m z oknem o wymiarach 1,3 x 2,0 m oraz 2,2 x 2,0 m [13]. Przyjęto trzy rodzaje elewacji różniące się między sobą wielkością okien oraz innymi elementami. W przypadku elewacji nr 1 przyjęto dodatkową przegrodę strukturalną osłaniającą elewację właściwą, elewacji nr 2 – rozwią-

zanie z balkonem i zwiększonym cieniem akustycznym zrealizowanym przez wychylony front balkonu, natomiast elewacja nr 3 wyposażona została w element zaciemniający, wyłożony od strony spodniej materiałem dźwiękochłonnym [13].

Zastosowanie elementów przegrody zewnętrznej o parametrach akustycznych co najmniej takich jak określone w tabeli 4 pozwoli na spełnienie wymagań standardu podwyższonego elewacji frontowej. **Należy pamiętać, że w przypadku zastosowania izolacji cieplnej wg metody lekkiej mokrej (typ ETICS) należy liczyć się z obniżeniem izolacyjności akustycznej części pełnej przegrody. Efekt ten zależy od rodzaju materiału, z którego wykonana została warstwa konstrukcyjna ściany zewnętrznej oraz rodzaju izolacji termicznej [12].** Gwiazdka „*„ zaznaczono parametry bardzo trudne do osiągnięcia lub wręcz niedostępne na rynku budowlanym.

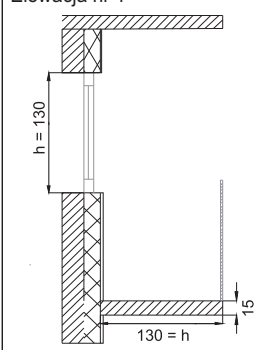
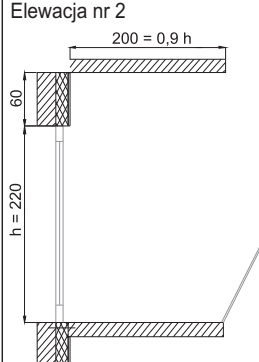
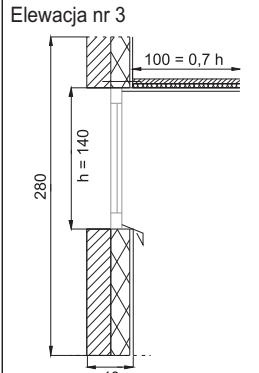
W przypadku przegrody zewnętrznej okno jest najczęściej „mostkiem akustycznym”. Oceniając jej izolacyjność akustyczną, uwzględniamy zarówno parametry części pełnej przegrody, jak i okna i wyliczamy izolacyjność wypadkową. Izolacyjność akustyczna okien jednoramowych określona wskaźnikiem R_{A2R} wynosi 25 ÷ 35 dB. Na rysunku 3 pokazano wypadkową izolacyjność akustyczną wyrażoną wskaźnikiem oceny R_{A2R} dla przegrody zewnętrznej w zależności od udziału procentowego okien. Izolacyjność części pełnej przegrody przyjęto w sposób następujący: $R_{A2R} = 35, 40, 45$ i 50 dB. Analiza dotyczyła okien o izolacyjności akustycznej $R_{A2R} = 25$ i 35 dB. Na podstawie rysunku 3a należy stwierdzić, że w przypadku okien o niskiej izolacyjności ($R_{A2R} = 25$ dB) nieuzasadnione jest wykonywanie pełnej części przegrody zewnętrznej z materiału o wysokiej izolacyjności aku-



Rys. 3. Wypadkowa izolacyjność akustyczna przegrody zewnętrznej, wyrażona wskaźnikiem oceny R_{A2R} w zależności od udziału procentowego okien i izolacyjności części pełnej przegrody. Przyjęto izolacyjność akustyczną okien: a) $R_{A2R} = 25$ dB; b) $R_{A2R} = 35$ dB

stycznej. Stwierdzenie to dotyczy elewacji o procentowym udziale okien już od ok. 20%. Wypadkowa izolacyjność akustyczna przegrody zewnętrznej, niezależnie od parametrów akustycznych części pełnej, nie przekracza wówczas 33 dB. Inaczej jest w przypadku zastosowania okien o wysokiej izolacyjności ($R_{A2R} = 35$ dB). Uzasadnione wydaje się wówczas stosowanie materiałów (na część pełną przegrody) o wyższej izolacyjności akustycznej (np. $R_{A2R} = 50$ dB). Wypadkowa izolacyjność akustyczna tak wykonanej elewacji może osiągnąć wartość wyrażoną wskaźnikiem R_{A2R} nawet powyżej 40 dB – pod warunkiem, że stopień przeszklenia elewacji nie przekroczy 30%. Dobierając materiały przeznaczone do wykonania przegrody zewnętrznej, należy pamiętać, że ich parametry mają bardzo istotny wpływ na przenoszenie boczne dźwięku między pomieszczeniami w budynku, a co za tym idzie mogą w znaczący sposób wpłynąć na obniżenie izolacyjności akustycznej między pomieszczeniami.

Tabela 4. Przykładowe rozwiązania elewacji frontowej w budynku mieszkalnym, spełniającym wymagania podwyższonego standardu akustycznego

Rodzaj elewacji	Klimat akustyczny:		
	nr 1	nr 2	nr 3
<p>Elewacja nr 1</p> 	<p>ściana 24 cm, beton kom. 600 kg/m³: R_{A2} = 45 dB okno: R_{A2} = 35 dB nawiewnik: D_{n, e, A2} = 33 dB R_{A2, R, wyg} = 31 dB dodatkowo wpływ elewacji: ΔL_{Is} = + 10 dB</p>	<p>ściana 24 cm, beton kom. 400 kg/m³: R_{A2} = 40 dB okno: R_{A2} = 30 dB nawiewnik: D_{n, e, A2} = 31 dB R_{A2, R, wyg} = 28 dB dodatkowo wpływ elewacji: ΔL_{Is} = + 10 dB</p>	<p>ściana 24 cm, beton kom. 400 kg/m³: R_{A2} = 40 dB okno: R_{A2} = 28 dB nawiewnik: D_{n, e, A2} = 28 dB R_{A2, R, wyg} = 25 dB dodatkowo wpływ elewacji: ΔL_{Is} = + 10 dB</p>
<p>Elewacja nr 2</p> 	<p>ściana 24 cm, silikat: R_{A2} = 51 dB okno: R_{A2} = 44 dB* nawiewnik: D_{n, e, A2} = 42 dB* R_{A2, R, wyg} = 39 dB dodatkowo wpływ elewacji: ΔL_{Is} = + 2 dB</p>	<p>ściana 24 cm, silikat: R_{A2} = 51 dB okno: R_{A2} = 38 dB nawiewnik: D_{n, e, A2} = 36 dB R_{A2, R, wyg} = 34 dB dodatkowo wpływ elewacji: ΔL_{Is} = + 2 dB</p>	<p>ściana 24 cm, silikat: R_{A2} = 51 dB okno: R_{A2} = 34 dB nawiewnik: D_{n, e, A2} = 32 dB R_{A2, R, wyg} = 30 dB dodatkowo wpływ elewacji: ΔL_{Is} = + 2 dB</p>
<p>Elewacja nr 3</p> 	<p>ściana 20 cm, żelbet. 2400 kg/m³: R_{A2} = 55 dB okno: R_{A2} = 45 dB* nawiewnik: D_{n, e, A2} = 43 dB* R_{A2, R, wyg} = 41 dB dodatkowo wpływ elewacji: ΔL_{Is} = 0 dB</p>	<p>ściana 20 cm, żelbet. 2400 kg/m³: R_{A2} = 55 dB okno: R_{A2} = 38 dB nawiewnik: D_{n, e, A2} = 38 dB R_{A2, R, wyg} = 36 dB dodatkowo wpływ elewacji: ΔL_{Is} = 0 dB</p>	<p>ściana 20 cm, żelbet. 2400 kg/m³: R_{A2} = 55 dB okno: R_{A2} = 34 dB nawiewnik: D_{n, e, A2} = 33 dB R_{A2, R, wyg} = 31 dB dodatkowo wpływ elewacji: ΔL_{Is} = 0 dB</p>

Przedstawiona analiza nie uwzględnia przypadków zastosowania w przegrodzie zewnętrznej nawiewników powietrza, kiedy to izolacyjność wypadkowa ściany zewnętrznej w dużym stopniu uzależniona jest od jakości akustycznej nawiewników i ich liczby w danym pomieszczeniu.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono niektóre z zagadnień akustycznych, dotyczących kształtowania bryły budynku, podjętych w projekcie „Miejski Budynek Jutra 2030”. Celem projektu jest określenie rozwiązań umożliwiających wznoszenie budynków wielorodzinnych charakteryzujących się

wyższym komfortem akustycznym niż obecnie realizowane obiekty mieszkalne. Planowanym finalnym efektem projektu jest wybudowanie budynku wielorodzinnego, który posłuży do weryfikacji założeń określonych w projekcie.

Abstract

The article presents some of the acoustic issues, taken in the „Urban Tomorrow Building 2030”. The project in this area is to identify solutions for the construction of higher acoustic comfort residential buildings than realized currently. The final result of the planned project is to build a object, which will be used to verify the assumptions set out in the project.

Literatura

- [1] Rozporządzenie 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].
- [2] Ustawa Prawo Budowlane z 7 lipca 1994 r. wraz z późniejszymi zmianami [Dz.U. 1994 nr 89, poz. 414].
- [3] Ustawa z 27 kwietnia 2001 r. Prawo Ochrony Środowiska [Dz.U. nr 62, poz. 627 wraz z późniejszymi zmianami, tekst jednolity Dz.U. z 2008 r. nr 25, poz. 150].
- [4] Rozporządzenie Ministra Środowiska z 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku [Dz.U. nr 120, poz. 826] wraz z późniejszymi zmianami z 1 października 2012 r. zmieniającymi rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku [Dz.U./12 nr 0, poz. 1109].
- [5] Rozporządzenie Ministra Środowiska z 4 listopada 2008 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów w środowisku substancji lub energii przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem, portem [Dz.U. nr 206, poz. 1291].
- [6] Rozporządzenie Ministra Środowiska z 19 listopada 2008 r. w sprawie rodzajów wyników pomiarów prowadzonych w związku z eksploatacją instalacji lub urządzenia, przekazywanych właściwym organom ochrony środowiska oraz terminu i sposobów ich prezentacji [Dz.U. nr 215, poz. 1366].
- [7] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 marca 2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [Dz.U. 2009 nr 56 poz. 461].
- [8] PN-B-02151-2:1997 *Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach – Dopuszczalne poziomy dźwięku w pomieszczeniach*.
- [9] PN-B-02151-3:1999 *Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych – Wymagania*.
- [10] PN-EN 12354-3:2003 *Akustyka Budowlana – określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Izolacyjność od dźwięków powietrznych przenikających z zewnątrz*.
- [11] Dulak L., Nowoświat A., Żuchowski R.: Opis kroków projektowania budynków wielorodzinnych, w standardzie MBJ 2030 dla uzyskania odpowiedniej ochrony przed hałasem: powietrznym zewnętrznym, powietrznym przenikającym między pomieszczeniami, uderzeniowym oraz spowodowanym nadmiernym pogłosem. Politechnika Śląska. MBJ2030 Miejski Budynek Jutra – zadanie W7.1.2.
- [12] Dulak L.: Wpływ ocieplenia na izolacyjność akustyczną ściany zewnętrznej. Materiały Budowlane 8/2012 (nr 476), s. 10 – 12.
- [13] Podpora E., Sasin T., Szymańska-Rzeźnik K., Żach J.: Założenia projektowania bryły, elewacji i przegród zewnętrznych budynków w standardzie MBJ2030. Mostostal Warszawa S.A. MBJ2030 Miejski Budynek Jutra – zadanie W1.4.6.
- [14] <http://www.mbj2030.pl>.