



AKUSTYKA W BUDOWNICTWIE VADEMECUM

ISSN 2353-5261



AKUSTYKA W BUDOWNICTWIE
VADEMECUM

Wydawnictwo Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa Sp. z o.o.

2014

WYDAWCA WYDAWNICTWO POLSKIEJ IZBY
INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA Sp. z o.o.
00-924 Warszawa
ul. Kopernika 36/40, lok. 110
tel. 22 551 56 00, faks 22 551 56 01
www.inzynierbudownictwa.pl
www.kataloginyzjera.pl
biuro@inzynierbudownictwa.pl

Prezes zarządu: Jaromir Kuśmider

REDAKCJA

Redaktor naczelna: Anna Dębińska

Redaktor prowadzący: Piotr Bień

Redaktorzy: Aneta Małek
Justyna Mioduszewska

Projekt graficzny: Jolanta Bigus-Kończak

Skład i łamanie: Jolanta Bigus-Kończak
Grzegorz Zazulak

BIURO REKLAMY

Koordynator projektu: Olga Kacprowicz

Łukasz Berko-Haas – tel. 22 551 56 06
lukasz@inzynierbudownictwa.pl
Dorota Błaszkwicz-Przedpeńska
– tel. 22 551 56 27
d.blaszkiewicz@inzynierbudownictwa.pl
Natalia Gólek – tel. 22 551 56 26
n.golek@inzynierbudownictwa.pl
Małgorzata Roszczyk-Hałuszczak
– tel. 22 551 56 11
m.haluszczak@inzynierbudownictwa.pl
Monika Zajko – tel. 22 551 56 20
m.zajko@inzynierbudownictwa.pl
Barbara Koczkodaj, Monika Zysiak

ZDJĘCIA NA OKŁADCE Fotolia.com: T.Tulik, Boggy, danr13, Di Studio, Ulrich Müller,
ChenPG, Oleksiy Mark

DRUK CGS Drukarnia sp. z o.o.
Print Management: printCARE

NAKŁAD 2500 egz.



Od redakcji

W kolejnym tomie z serii VADEMECUM zajęliśmy się tematem akustyki w budownictwie. W publikacji poruszamy zagadnienia związane ze zmniejszaniem poziomu dźwięku powstającego w pomieszczeniach lub przenikającego z zewnątrz, a także dotyczące hałasu, wytwarzanego przez urządzenia, maszyny lub instalacje. Zastosowanie odpowiednich materiałów i zabezpieczeń może poprawić nasz komfort życia, zarówno w pracy jak i w domu, dlatego coraz więcej uwagi poświęca się temu istotnemu zagadnieniu.

Jest wiele produktów i rozwiązań zmieniających warunki akustyczne w obiektach, które są opisywane w naszym VADEMECUM przez firmy zajmujące się produkcją, dystrybucją, a także projektowaniem i wykonawstwem.

W tej publikacji, podobnie jak i w pozostałych z serii VADEMECUM na początku zamieszczone jest kompendium wiedzy, zawierające artykuły przygotowane przez autorów z uczelni technicznych. Akustyka w budynkach mieszkalnych, obiektach użyteczności publicznej oraz wibroizolacja w konstrukcjach nawierzchni szynowych – to główne tematy w kompendium.

Miło mi poinformować, że publikacja została objęta patronatem Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa.

*Zapraszam również na naszą stronę internetową **www.vademecuminzyniera.pl**, gdzie oprócz zamieszczonych wszystkich artykułów i prezentacji firm można pobrać „VADEMECUM Akustyka w Budownictwie” w wersji e-wydania.*

Anna Dębińska

Redaktor naczelna – Redakcja Katalogów

Materiałów niezamówionych Redakcja nie zwraca. Wszystkie materiały objęte są prawem autorskim. Przedruk i wykorzystywanie opublikowanych materiałów w całości lub we fragmencie może odbywać się wyłącznie po wcześniejszym uzyskaniu pisemnej zgody od Wydawcy.

Artykuły zamieszczone w „VADEMECUM Akustyka w Budownictwie” w dziale Kompendium wiedzy prezentują stanowiska, opinie i poglądy ich Autorów.

Wszystkie reklamy oraz informacje zawarte w artykułach i prezentacjach zamieszczone w „VADEMECUM Akustyka w Budownictwie” w działach Firmy, Produkty, Technologie oraz Przegląd Produktów i Realizacji, a także w Indeksie firm pochodzą od firm i Wydawnictwo Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa Sp. z o.o. nie ponosi za nie odpowiedzialności.

www.kataloginzyniera.pl

- Porównywanie produktów
- Przegląd produktów i realizacji
- Prezentacje producentów i usługodawców
- Vademecum inżyniera



bogate kompendium
wiedzy budowlanej

katalog
inżyniera



Ochrona akustyczna w budynkach mieszkalnych,
dr inż. Leszek Dulak

Zastosowanie wibroizolacji w konstrukcji
nawierzchni szynowej,
prof. dr hab. inż. Krzysztof Stypuła

Akustyka w obiektach użyteczności publicznej,
dr inż. Piotr Z. Kozłowski,
mgr inż. Karolina Czajkowska-Kibler



KOMPENDIUM wiedzy



dr inż. Leszek Dulak
Politechnika Śląska
Katedra Budownictwa Ogólnego
i Fizyki Budowli

Wymagania

Ustawa Prawo budowlane z dnia 7 lipca 1994 r. wraz z późniejszymi zmianami (tekst jednolity Dz.U. z 2013 r. Nr 0, poz. 409 [1]) w artykule 5.1. stanowi: „...obiekt budowlany wraz ze związanymi z nim urządzeniami budowlanymi należy (...) projektować i budować w sposób określony w przepisach, w tym techniczno-budowlanych oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej zapewniając spełnienie wymagań podstawowych...”. Jednym z sześciu podstawowych wymagań jest konieczność zapewnienia ochrony przed hałasem i drganiami. Powyższe określenie zbliżone jest do sformułowania zawartego w Dyrektywie Rady 89/106/EEG z dnia 21 grudnia 1988 r. [7]. Wymaganie nr 5 stanowi: „...Obiekty budowlane muszą być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby hałas, na który narażeni są mieszkańcy lub ludzie znajdujący się w pobliżu obiektów, nie przekraczał poziomu stanowiącego zagrożenie dla ich zdrowia oraz pozwalał im spać, odpoczywać i pracować w zadowalających warunkach”.

Problem ochrony przed hałasem wynika często z powszechności stosowania nowoczesnych, lekkich technologii, których głównym zadaniem jest ograniczenie ciężaru własnego konstrukcji i strat ciepła. Podstawową wadą tych rozwiązań jest znacznie niższa izolacyjność akustyczna od materiałów „tradycyjnych” takich jak cegła pełna czy żelbet. Użycie tego samego materiału na ścianę międzylokalową nie zawsze będzie skutkowało osiągnięciem takiej samej izolacyjności. Ważne jest jeszcze z czego wykonana jest ściana zewnętrzna, przegrody działowe, strop, podłoga oraz jak te wszystkie elementy zostały połączone w węzeł.

OCHRONA AKUSTYCZNA W BUDYNKACH MIESZKALNYCH

Do wymienionych w ustawie przepisów, zalicza się także Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2002 r. Nr 75, poz. 690 [2]), wraz z rozporządzeniami zmieniającymi (w szczególności Dz.U. z 2009 r. Nr 56, poz. 461 [5]). W dziale IX §323 stwierdza się: „...budynki i urządzenia z nim związane powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby poziom hałasu, na który będą narażeni użytkownicy lub ludzie znajdujący się w ich sąsiedztwie, nie stanowił zagrożenia dla ich zdrowia, a także umożliwiał im pracę, odpoczynek i sen w zadowalających warunkach...”. Zgodnie z §323 pomieszczenia w budynkach mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego należy chronić przed hałasem:

- zewnętrznym przenikającym do pomieszczenia spoza budynku
- pochodzącym od instalacji i urządzeń stanowiących techniczne wyposażenie budynku
- powietrznym i uderzeniowym, wytwarzanym przez użytkowników innych miesz-

kań, lokali użytkowych lub pomieszczeń o różnych wymaganiach użytkowych

- pogłosowym, powstającym w wyniku odbić fal dźwiękowych od przegród ograniczających dane pomieszczenie.

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 10 grudnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2010 r. Nr 239, poz. 1597 [6]) zawiera wykaz polskich norm przywołanych w zakresie ochrony przed hałasem i drganiami. Zestaw tych norm i wymagania w nich zawarte należy uznać za obowiązkowe do stosowania:

- PN-B-02170:1985 – Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłogę na budynki [8]
- PN-B-02171:1988 – Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach [9]
- PN-B-02151-02:1987 – Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach – Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach [11]
- PN-B-02151-3:1999 – Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem

w budynkach – Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych. Wymagania [10].

Zgodnie z harmonogramem prac normalizacyjnych Komitetu Technicznego nr 253 PKN ds. Akustyki Architektonicznej na marzec 2015 r. planowane jest wprowadzenie normy dot. kształtowania warunków pogłosowych w pomieszczeniu (PN-B-02151-4P – Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach). Na ten sam okres zaplanowano publikację zmienionej wersji normy PN-B-02151-3:1999.

W dalszej części działu IX rozporządzenia [5] ustawodawca precyzuje jakie przegrody i elementy budynku podlegają weryfikacji:

- ściany zewnętrzne i wewnętrzne, stropodachy, okna i drzwi w przegrodach zewnętrznych oraz wewnętrznych – od dźwięków powietrznych
- stropy i podłogi – od dźwięków powietrznych i uderzeniowych
- podesty i biegi klatek schodowych w obrębie lokali mieszkalnych – od dźwięków uderzeniowych.

Brak jest niestety w aktualnych przepisach oraz projektach ich nowelizacji obowiązku kontroli jakości akustycznej budynków przed ich oddaniem do użytku, a poprawa stanu istniejącego okazuje się niejednokrotnie niemożliwa do realizacji. Tam, gdzie to jest możliwe zaleca się przeprowadzanie badań kontrolnych w trakcie realizacji obiektu, zwłaszcza nietypowych rozwiązań.

PN-B-02151-3:1999 jest podstawowym normatywem dla projektanta i zawiera wymagania zestawione w tablicach, dotyczące:

- izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych (ściany, stropy i drzwi)
- izolacyjności akustycznej ścian zewnętrznych i stropodachów.

Izolacyjność akustyczna przegród wewnętrznych

Przykładową tablicę z wymaganiami dla budynków mieszkalnych wielorodzinnych przedstawiono poniżej w tab. 1. Norma zawiera także tablice dla pozostałych rodzajów budynków: jednorodzinnych bliźniaczych i szeregowych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania przedstawione są w postaci jednolicebowych wskaźników:

- R'_{A1} – wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej (dB)
- D_{nTA1} – wskaźnik oceny wzorcowej różnicy poziomów (dB)
- $L'_{n,W}$ – wskaźnik ważony przybliżonego poziomu uderzeniowego znormalizowanego (dB).

Wskaźniki R'_{A1} i D_{nTA1} dotyczą dźwięków powietrznych (głośnie muzyka, rozmowy, włączone urządzenia RTV i AGD itp.) i przegród takich jak: ściany, stropy i drzwi. Wskaźnik D_{nTA1} stosujemy zamiast wskaźnika R'_{A1} wówczas, gdy przylegające pomieszczenia są w stosunku do siebie przesunięte tak, że wspólna część przegrody stanowi tylko fragment ściany lub stropu pomieszczenia lub jeżeli powierzchnia wspólnej części przegrody jest mniejsza od 10 m². W przypadkach, kiedy mamy do czynienia z niskoczęstotliwościowym źródłem hałasu (np. transformatorownię), wskaźnik R'_{A1} lub D_{nTA1} należy zastąpić wskaźnikiem R'_{A2} lub D_{nTA2} . Natomiast $L'_{n,W}$ określa izolacyjność od dźwięków uderzeniowych (odgłos kroków, uderzenia piłką o podłogę itp.) i dotyczy tylko stropów.

Osiągnięcie minimalnej wartości (dźwięki powietrzne) lub nieprzekroczenie maksymalnej (dźwięki uderzeniowe) jest równoznaczne ze spełnieniem wymagań izolacyjności akustycznej pomiędzy określonymi układami pomieszczeń.

▼ Tablica 1. Wymagana izolacyjność akustyczna przegród wewnętrznych w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych (wg PN-B-02151-3:1999)

Funkcje pomieszczeń rozdzielonych przegrodą		Wymagane wartości wskaźników (dB)			
		stropy		ściany bez drzwi	drzwi
		R'_{A1} lub D_{nTA1} min	$L'_{n,W}$ max	R'_{A1} lub D_{nTA1} min	R'_{A1} min
Wszystkie pomieszczenia mieszkalnia	wszystkie pomieszczenia przyległego mieszkania	51	58	50	określa się indywidualnie
	korytarz, klatka schodowa	określa się indywidualnie	53	50	25
	pomieszczenia techniczne wyposażenia instalacyjnego budynku	55	58	55	określa się indywidualnie
	sklepy, punkty usługowe o poziomie dźwięku A hałasu wewnętrznego $L_A < 70$ dB	55	53, 58	55	określa się indywidualnie
	punkty usługowe o poziomie dźwięku $L_A = 70-75$ dB	55-60	48-53, 58	55-60	określa się indywidualnie
	kawiarnie, jadalnie, restauracje (z wyłączeniem dyskotek), kluby	55-60	48-53, 58	57-67	określa się indywidualnie
Pokój	pomieszczenia sanitarne w tym samym mieszkaniu	określa się indywidualnie	określa się indywidualnie	35	brak
	wszystkie pomieszczenia w tym samym mieszkaniu poza pomieszczeniami sanitarnymi	45-51 ¹⁾	58 ²⁾	30-35	brak

¹⁾ Wymaganie dotyczy stropów w mieszkaniach dwupoziomowych, większa wartość zalecana.

²⁾ Wymaganie dotyczy stropów w mieszkaniach dwupoziomowych i odnosi się do przenikania dźwięków uderzeniowych do mieszkań przyległych; ze względu na rozprzestrzenianie się hałasu w obrębie mieszkania, maksymalna wartość wskaźnika $L'_{n,W} \leq 63$ dB.

Izolacyjność akustyczna ścian zewnętrznych i stropodachów

Wymaganą izolacyjność akustyczną ścian zewnętrznych i stropodachów uzależnia się od miarodajnego poziomu dźwięku A hałasu zewnętrznego, występującego w odległości 2 m od fasady budynku na poziomie rozpatrywanego fragmentu przegrody zewnętrznej. Wymagania przedstawiono w tabeli 2 i dotyczą one wypadkowej izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej dla ścian zewnętrznych z oknami.

Wymagana izolacyjność akustyczna ścian zewnętrznych i stropodachów określona jest wskaźnikiem R'_{A2} lub R'_{A1} . Użycie wskaźnika z indeksem „1” lub „2” uzależnione jest od rodzaju hałasu występującego na zewnątrz budynku. Dobór wskaźnika ilustruje tab. 3. Należy zaznaczyć, że dla zdecydowanej

większości przypadków przegród zewnętrznych konieczne jest użycie wskaźnika R'_{A2} . Dla ścian i stropodachów bez okien izolacyjność akustyczna właściwa wyrażona wskaźnikiem R'_{A2} lub R'_{A1} powinna być większa o 10 dB od wartości podanej w tabeli 2. Jeżeli w pomieszczeniu znajduje się więcej niż jedna przegroda zewnętrzna z oknami, to wymagania należy zwiększyć o wartość $10 \log n$ (n – liczba przegród zewnętrznych z oknami w danym pomieszczeniu) w stosunku do wymagań z tabeli 2. Jeżeli miarodajny poziom dźwięku A hałasu zewnętrznego jest wyznaczony wyłącznie na podstawie obliczeń, to wyniki obliczeń należy zwiększyć o 3 dB. Najlepszym sposobem uzyskania informacji na temat miarodajnego poziomu hałasu na zewnątrz budynku jest wykonanie pomiarów hałasu. Dla pory dziennej równoważny poziom

dźwięku A określamy dla 8 najniekorzystniejszych godzin między 6⁰⁰ a 22⁰⁰. Dla pory nocnej natomiast poziom wyznaczamy dla jednej najniekorzystniejszej godziny między 22⁰⁰ a 6⁰⁰. W przypadku projektowanych budynków, poziom hałasu może zmienić się w trakcie realizacji inwestycji na skutek zwiększenia się natężenia ruchu, czy też powstania nowych ciągów komunikacyjnych, często związanych z projektowanym obiektem. W takiej sytuacji konieczne jest wykonanie dodatkowo analizy akustycznej, w której będzie zawarta prognoza zwiększenia się poziomu hałasu w otoczeniu projektowanego budynku. Pomocny w tej kwestii powinien być aktualny miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego oraz odczytane dla niego wartości dopuszczalnych poziomów hałasu ([3], [4]). Niestety w wielu przypadkach wartości te są przekroczone

▼ Tablica 2. Wybrane przypadki wymaganej, wypadkowej izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej ścian zewnętrznych z oknami dla budynków mieszkalnych (wg PN-B-02151-3:1999)

Rodzaj budynku	Przegroda zewnętrzna w pomieszczeniu	Minimalny wskaźnik oceny wypadkowej izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej R'_{A1} lub R'_{A2} (dB) w zależności od miarodajnego poziomu dźwięku A (dB) w ciągu dnia i nocy na zewnątrz budynku						
		dzień	< 45	46-50	51-55	56-60	61-65	66-70
		noc	< 35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60
Budynki mieszkalne	pokoje ¹⁾	20	20	23	23	28	33	38
	kuchnie	20	20	20	20	23	28	33
	klatki schodowe i piwnice	nie stawia się wymagań						
Budynki hotelowe kategorii *** i wyższej, internaty	pokoje hotelowe ¹⁾	20	20	23	23	28	33	38
	pomieszczenia gospodarcze, klatki schodowe	nie stawia się wymagań						
Budynki hotelowe kategorii niższych niż podano wyżej	pokoje hotelowe ¹⁾	20	20	20	23	23	28	33
	pomieszczenia gospodarcze, klatki schodowe	nie stawia się wymagań						

¹⁾ Należy wyznaczyć minimalną wartość wskaźnika w zależności od miarodajnego poziomu dźwięku A odrębnie dla dnia i nocy i jako wymaganie należy przyjąć tę wartość wskaźnika, która jest większa.

▼ Tablica 3. Rodzaj widmowego wskaźnika adaptacyjnego i wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej dla różnych źródeł hałasu (wg PN-EN ISO 717-1:1999)

Rodzaj źródła hałasu	Odpowiedni widmowy wskaźnik adaptacyjny i przyporządkowany mu wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej
■ źródła hałasu bytowego (rozmowa, muzyka, radio, TV) ■ zabawa dzieci ■ ruch kolejowy ze średnią i dużą prędkością ■ ruch na drodze szybkiego ruchu > 80 km/h ■ samoloty odrzutowe w małej odległości ■ zakłady przemysłowe emitujące głównie hałas średnio- i wysokoczęstotliwościowy	C (widmo nr 1) R'_{A1}
■ ruch uliczny miejski ■ ruch kolejowy z małymi prędkościami ■ śmigłowce ■ samoloty odrzutowe, w dużej odległości ■ muzyka dyskotekowa ■ zakłady przemysłowe emitujące głównie hałas nisko- i średniczęstotliwościowy	C_{tr} (widmo nr 2) R'_{A2}

i w związku z powyższym, dobranie izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych na tej podstawie, często okazuje się niewystarczające.

Norma PN-B-02151-02:1987 [11] określa dopuszczalne poziomy dźwięku A hałasu przenikającego do pomieszczeń przeznaczonych do przebywania ludzi w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Służy głównie kontroli dopuszczalnych poziomów oraz może być także przydatna do ustalenia wymaganej izolacyjności przegrody w sytuacjach specyficznych. Norma różnicuje wymagania w zależności od źródła pochodzenia hałasu i rozróżnia dwa przypadki:

- hałasu przenikającego do pomieszczenia od wszystkich źródeł hałasu łącznie
- hałasu przenikającego do pomieszczenia od wyposażenia technicznego budynku oraz innych urządzeń w budynku i poza nim (np. centralnego ogrzewania, wentylacji, klimatyzacji, stacji transformatorowych, urządzeń dźwigowych itp.).

Określenie izolacyjności akustycznej w budynkach

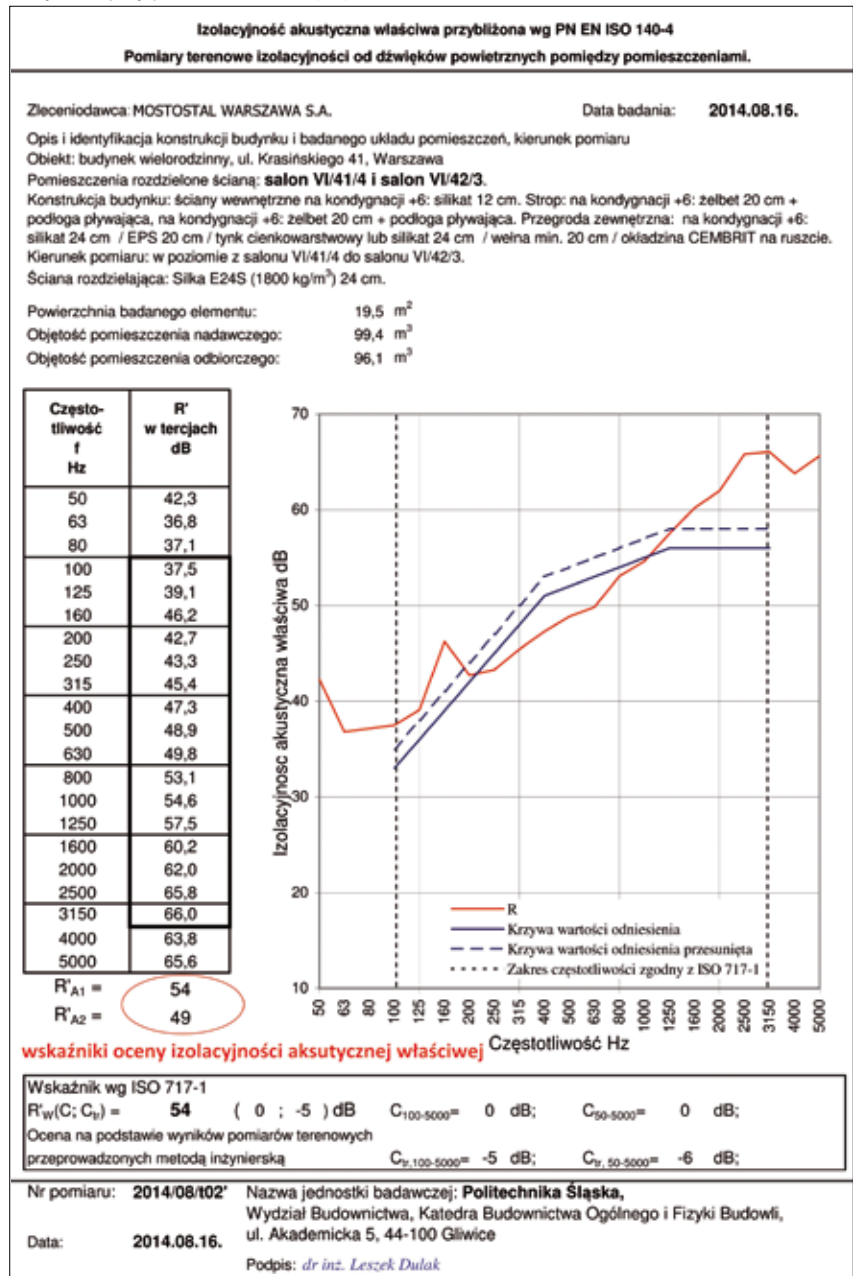
W celu sprawdzenia wymagań dotyczących izolacyjności akustycznej, należy porównać wartości wskaźników z normy PN-B-02151-3:1999 [10] z obliczonymi lub wyznaczonymi na drodze pomiarów terenowych wartościami wskaźników oceny izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej:

$$R'_{A1} \geq R'_{A1 \min} \text{ lub } R'_{A2} \geq R'_{A2 \min} \text{ (dB)} \quad (1)$$

$$L'_{nW} \leq L'_{nW \max} \text{ (dB)} \quad (2)$$

Badania terenowe dają jednoznaczną odpowiedź co do dźwiękoizolacyjności przegród w budynku. W wyniku ich przeprowadzenia otrzymuje się informację dotyczącą zarówno charakterystyki izolacyjności w funkcji częstotliwości oraz wartości wskaźników jednolicebowych, które w większości przypadków można bezpośrednio porównać z wymaganiami normowymi. Badania wykonuje się zgodnie z normami PN-EN ISO 140 - 4, 5 i 7. Oczywiście wadą tej drogi uzyskania informacji o jakości akustycznej przegród jest fakt, że badania można zrealizować dopiero po wykonaniu budynku. Na rys. 1 pokazano przykładowy raport z badań terenowych między mieszkaniami przez ścianę wykonaną z silikatu o zwiększonej gęstości (1800 kg/m³). Raport w tym przypadku potwierdził wysoką

▼ Rys. 1. Przykładowy raport z pomiarów terenowych izolacyjności od dźwięków powietrznych między pomieszczeniami [19]



skuteczność zaproponowanego w projekcie rozwiązania. Na rysunku zaznaczono wartości wskaźników oceny izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej.

Na etapie projektu jedynym sposobem na weryfikację proponowanych rozwiązań jest wykonanie obliczeń teoretycznych. Jako dane wejściowe do obliczeń wskaźników izolacyjności akustycznej przybliżonej, należy przyjmować dane uzyskane podczas badań w laboratorium. W przypadku bra-

ku danych pomiarowych dopuszcza się korzystanie z wzorów empirycznych „prawa masy”. Dobierając rodzaje przegród budowlanych na podstawie wskaźników uzyskanych w badaniach laboratoryjnych wzorów tych przegród, zaleca się, aby w projektach były przyjmowane wartości tych wskaźników skorygowane o 2 dB. Nazywane są one wartościami projektowanymi i oznaczane odpowiednim wskaźnikiem z literą R w indeksie dolnym.

$$R_{A1R} = R_{A1} - 2 \text{ lub } R_{A2R} = R_{A2} - 2 \text{ (dB)} \quad (3)$$

$$L_{nWR} = L_{nW} + 2 \text{ (dB)} \quad (4)$$

$$\Delta_{LWR} = \Delta_{LW} - 2 \text{ (dB)} \quad (5)$$

gdzie:

R_{A1R} , R_{A2R} , L_{nWR} , Δ_{LWR} – wartości projektowe wskaźników

R_{A1} , R_{A2} , L_{nW} , Δ_{LW} – wartości „laboratoryjne” wskaźników.

Wartości wskaźników oceny izolacyjności akustycznej właściwej uzyskuje się poprzez zsumowanie jednoliczbowego ważonego wskaźnika izolacyjności akustycznej właściwej R_w (wyznaczonego na podstawie charakterystyki izolacyjności w funkcji częstotliwości) i odpowiedniego widmowego wskaźnika adaptacyjnego C lub C_{tr} :

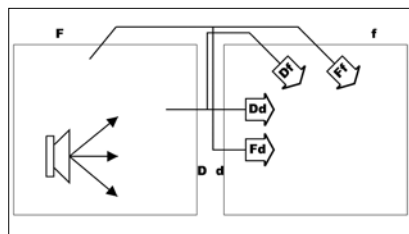
$$R_{A1} = R_w + C \text{ (dB)} \quad (6)$$

$$R_{A2} = R_w + C_{tr} \text{ (dB)} \quad (7)$$

Przegrody wewnętrzne

Oprócz przedstawionej wyżej korekty „wartości laboratoryjnej” elementy budowlane przeznaczone do wykonywania przegród wewnętrznych w budynku powinny charakteryzować się na tyle dużą izolacyjnością od dźwięków powietrznych i na tyle małą wartością znormalizowanego poziomu uderzeniowego, aby po uwzględnieniu wpływu bocznego przenoszenia dźwięku, przegrody wewnętrzne wykonane z tych elementów osiągnęły wymaganą izolacyjność akustyczną wyrażoną w postaci wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej (R'_{A1} lub $R'_{A2 \text{ min}}$) oraz w postaci ważonego wskaźnika znormalizowanego poziomu uderzeniowego przybliżonego ($L'_{nW \text{ max}}$) – „prim” oznacza uwzględnienie przenoszenia bocznego.

Pojęcie „przenoszenia bocznego” odnosi się do części energii akustycznej wypro-



▲ Rys. 2. Schemat przenoszenia dźwięków drogami materiałowymi (Dd – droga bezpośrednia) i Ff, Df, Fd – drogi boczne)

mienionej innymi drogami niż droga bezpośrednia.

Poniżej przedstawiono uproszczony model przenoszenia dźwięku drogami materiałowymi wg PN-EN 12354-1:2002 [13].

Wskaźnik izolacyjności akustycznej właściwej zapisany za pomocą równania wynikającego z tego modelu przedstawiono poniżej.

$$R'_w = -10 \log \left[10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{F=f \neq 1}^n 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{F=f \neq 1}^n 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=f \neq 1}^n 10^{-R_{Fd,w}/10} \right], \text{ dB}$$

gdzie:

$R_{Dd,w}$ – ważony wskaźnik izolacyjności akustycznej właściwej dla przenoszenia bezpośredniego (dB)

$R_{Ff,w}$, $R_{Df,w}$, $R_{Fd,w}$ – ważne wskaźniki bocznej izolacyjności akustycznej właściwej dla drogi przenoszenia odpowiednio: Ff, Df i Fd (dB).

Niniejszy model odnosi się do jednoliczbowego ważonego wskaźnika przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'_w , jednak w myśl normy może być również stosowany do wyznaczenia wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej R'_{A1} lub wskaźnika wzorcowej różnicy poziomów D_{nTA1} . Poszczególne drogi bocznego przenoszenia dźwięku Ff, Df i Fd pokazano na rys. 2.

Sufity podwieszone oraz podłogi podniesione

Należą do konstrukcji, dla których najczęściej dominującą drogą przenikania energii akustycznej jest droga Ff. Często w takich przypadkach izolacyjność pozostałych dróg bocznych ma niewielkie znaczenie, a końcowy efekt uzależniony jest od parametrów akustycznych tychże konstrukcji. Schemat przenoszenia dźwięku pomiędzy pomieszczeniami z sufitem podwieszonym i podłogą podniesioną pokazano na rys. 3. W celu wykorzystania uproszczonego modelu obliczeniowego dla celów inżynierskich Zakład Akustyki ITB opracował metodę szacunkową (instrukcja ITB nr 406/2005 [15]). Określa ona wskaźnik R'_{A1} wg wzoru:

$$R'_{A1} = R_{A1R} - K_a \text{ (dB)} \quad (9)$$

gdzie:

K_a – wpływ bocznego przenoszenia dźwięku na wartość wskaźnika oceny R'_{A1} przybliżonej izolacyjności akustycznej przegrody rozdzielającej dane pomieszczenia w budynku ($K_a \geq 0$).

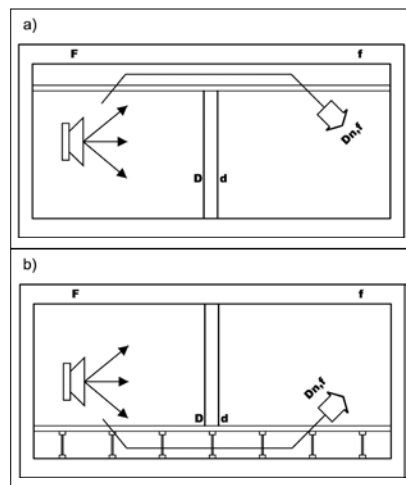
Wartość poprawki K_a odczytuje się z tablic zamieszczonych w instrukcji nr 406/2005 [15] na podstawie rodzaju przegrody rozdzielającej i przegród bocznych (materiału z jakiego są wykonane, grubości i długości).

Rozwiązania materiałowe ścian

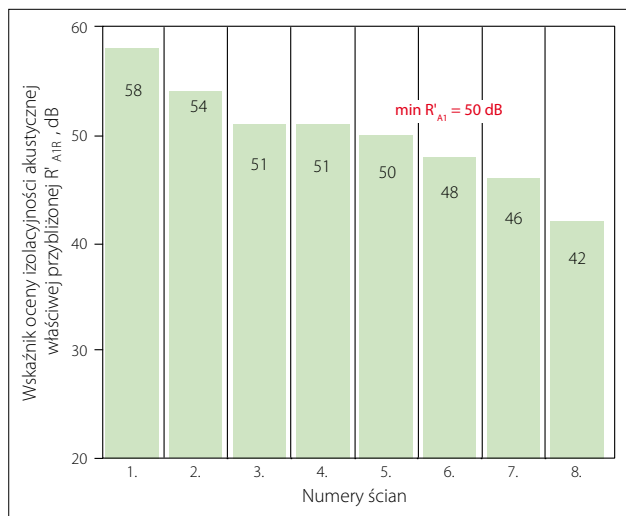
Na rys. 4 przedstawiono wartości wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej R'_{A1R} różnych rozwiązań materiałowych dla ścian gr. 25 cm (wyjątek stanowią ściany z betonu komórkowego i bloczków silikatowych, które miały gr. 24 cm), porównane z wymaganiami dotyczącymi ścian między mieszkaniami w budynku wielorodzinnym. Wszystkie ściany miały obustronny tynk cementowo-wapienny gr. 1,0 cm.

Wartości uzyskano na podstawie wyników badań laboratoryjnych wzorców tychże przegród, a następnie skorygowano wartość wskaźników o 2 dB do wartości projektowych (wzór (3)) oraz o kolejne 2 dB w celu uwzględnienia wpływu przenoszenia bocznego. Należy zwrócić uwagę, że powyższa korekta o kolejne 2 dB stanowi tylko i wyłącznie przykład. W rzeczywistym projekcie musi być obliczana indywidualnie dla każdej sytuacji na podstawie danych projektowych.

Największą wartość wskaźnika uzyskano dla ściany betonowej monolitycznej $R'_{A1} = 58$ dB. Wysoką wartość wskaźnika uzyskano również dla ściany silikatowej.



▲ Rys. 3. Schemat przenoszenia dźwięków dominującą drogą Ff w przypadku:
a) podwieszonego sufitu
b) podłogi podniesionej



◀ Rys. 4. Izolacyjność akustyczna przykładowych ścian na podstawie Instrukcji ITB nr 448/2009 [23]

Legenda:

1. Beton zwykły (600 kg/m³)
2. Silikat A (466 kg/m³)
3. Silikat NP 24 P+W (384 kg/m³)
4. Cegła pełna (450 kg/m³)
5. Pustak ceramiczny PROTHERM 25/30 AKU (339 kg/m³)
6. Pustak ceramiczny PROTHERM 25 P+W (230 kg/m³)
7. Beton komórkowy 700 kg/m³ (170 kg/m³)
8. Beton komórkowy 500 kg/m³ (120 kg/m³)

Spełnienie wymagań daje też zastosowanie materiału 3, 4 i 5. Najniższą izolacyjność uzyskały bloczki z betonu komórkowego (obecnie rzadko już popelniany jest błąd polegający na zastosowaniu tego materiału do wykonania ściany międzylokalowej). Wartość poprawki na „przenoszenie boczne” waha się, w zależności od rodzaju przegród, od 0 do kilkunastu dB (nawet 20 dB dla ścian działowych wykonanych jako szkieletowe z płyt g-k, opartych na podłodze pływającej). Wykonanie takie pokazano na rys. 5 i opisano jako nieprawidłowe.

Model obliczeniowy dla dźwięków uderzeniowych podaje norma PN-EN 12354-2:2002 [14]. Poniżej wskazano metodykę wyznaczenia ważonego wskaźnika poziomu uderzeniowego znormalizowanego. Skorzystano z obliczeniowego modelu uproszczonego [14]. Dla wspomnianej metody wskaźnik obliczamy z równania przedstawionego poniżej:

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_{wR} + K \text{ (dB)} \quad (10)$$

gdzie:

$L_{n,w,eq}$ – równoważny ważony wskaźnik poziomu uderzeniowego znormalizowanego dla stropu bez dodatkowych warstw (dB)
 ΔL_{wR} – ważony wskaźnik zmniejszenia poziomu uderzeniowego przez podłogę (dB)
 K – poprawka uwzględniająca przenoszenie dźwięków uderzeniowych przez jednorodne elementy boczne (dB), tab. 1 normy PN-EN 12354-2:2002.

Średnią masę powierzchniową przegród bocznych, od której zależy wartość poprawki K należy obliczać z wyrażenia:

$$m_{b,sr} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n S_{bi}} \sum_{i=1}^n (m_{bi} \cdot S_{bi}), \text{ kg/m}^2 \quad (11)$$

gdzie:

m_{bi} – masa powierzchniowa i-tej przegrody bocznej (kg/m²)

S_{bi} – powierzchnia i-tej przegrody bocznej (po odliczeniu powierzchni otworów drzwiowych lub okiennych w przegrodzie) (m²)

n – liczba uwzględnionych przegród bocznych.

Przegrody zewnętrzne

Przy wyznaczaniu wymaganej izolacyjności akustycznej elementów budowlanych przeznaczonych do wykonywania przegród zewnętrznych (PN-B-02151-3:1999 [10]), dopuszcza się pominięcie wpływu bocznego przenoszenia dźwięku. Oznacza to, że wynik oceny izolacyjności akustycznej R_{A2} lub R_{A1} elementów przeznaczonych do wykonania przegrody zewnętrznej, powinien być liczbowo co najmniej równy odpowiedniemu wskaźnikowi R'_{A2} lub R'_{A1} .

W przypadku przegród z oknami lub drzwiami, dopuszcza się obliczanie wypadkowej izolacyjności akustycznej wyrażonej za pomocą wskaźnika R_{A1} lub R_{A2} według uproszczonej zależności podanej poniżej. Wzór można odnieść także do wskaźników $R_{A2,wyp}$, $R'_{A1,wyp}$, $R'_{A2,wyp}$:

$$R_{A1,wyp} = -10 \log \left[\frac{1}{\sum_{i=1}^n S_i} \sum_{i=1}^n S_i \cdot 10^{-R_{A1i}/10} \right], \text{ dB} \quad (12)$$

gdzie:

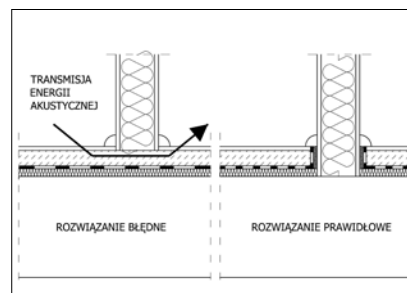
R_{A1i} – wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej poszczególnych części ściany lub dachu (dB)

S_i – powierzchnia poszczególnych części ściany lub dachu (m²)

n – liczba poszczególnych części przegrody uwzględnionych w obliczeniu odpowiednich wskaźników wypadkowej izolacyjności akustycznej przegrody zewnętrznej.

System ETICS

W przypadku ścian zewnętrznych z izolacją cieplną wykonaną w systemie ETICS należy wziąć pod uwagę niekorzystny efekt obniżenia izolacyjności takiej ściany w stosunku do przegrody bazowej (bez ocieplenia). Na podstawie wyników badań przedstawionych w tablicy 4 należy stwierdzić, że obniżenie wartości wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej R_{A2} może wynieść 4 dB i więcej dla przegród masywnych. Spadek izolacyjności obserwuje się zarówno dla ścian z izolacją cieplną na bazie styropianu jak i wełny mineralnej.



▲ Rys. 5. Przykład błędnego i prawidłowego oparcia ścianki działowej na stropie

▼ Tablica 4. Rodzaj widmowego wskaźnika adaptacyjnego i wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej dla różnych źródeł hałasu (na podstawie badań Zakładu Akustyki ITB [24] oraz Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej [25])

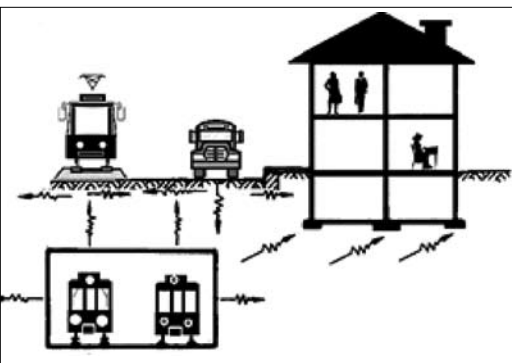
Ścian bazowa (bez ocieplenia) R_w (C, C_v) (dB)	System ETICS	Wskaźniki izolacyjności akustycznej dla ściany ocieplonej (dB)			
		R_w (C, C_v)	ΔR_w	ΔR_{A1}	ΔR_{A2}
Beton komórkowy (500 kg/m ³) gr. 25 cm 48 (-2, -5) [24]	welna mineralna lamelowa 90 kg/m ³ , gr. 80 mm + tynk 3 mm	44 (-1, -3)	-4	-3	-2
	styropian EPS 15 kg/m ³ , gr. 100 mm + tynk 3 mm	44 (-1, -3)	-4	-3	-2
Ceramika drażona gr. 18,8 cm 46 (-1, -3) [24]	welna mineralna lamelowa 90 kg/m ³ , gr. 150 mm + tynk 3 mm	44 (-1, -4)	-2	-2	-3
Błoczki wapienno-piaskowe NP 24 gr. 24 cm 52 (0, -5) [25]	styropian EPS 040, gr. 150 mm + tynk 2 mm	47 (0, -4)	-5	-5	-4
Pustaki ceramiczne drażone MEGA-MAX 240 P+W gr. 24 cm 45(0, -3) [25]	styropian EPS 040, gr. 150 mm + tynk 2 mm	43 (0, -3)	-2	-2	-2

Podsumowanie

Przedstawiony w artykule zakres stanowi jedynie szkic zagadnienia. Szereg problemów akustycznych wynika nie tyle z błędów popełnionych na etapie projektu, co wręcz z pominięcia tego zagadnienia. Na etapie projektu konieczne jest nie tylko uwzględnienie zagadnień związanych z izolacyjnością ścian, stropów, podłóg, okien czy nawiewników, ale także sposobu oparcia biegów schodowych, podestów, rozwiązań związanych z izolacyjnością wzdłużną podłóg podniesionych lub sufitów podwieszonych, pogłosowością pomieszczeń, kończąc na określeniu poziomów hałasu od urządzeń wyposażenia technicznego. W sytuacjach bardziej skomplikowanych konieczna jest ścisła współpraca akustyka z architektem, zarówno na etapie projektu jak i wykonawstwa.

Literatura

1. Ustawa z 7.07.1994 r. Prawo budowlane [Dz.U. Nr 49, poz. 414] wraz z późniejszymi zmianami.
2. Rozporządzenie MI z 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [Dz.U. Nr 75, poz. 690] wraz z późniejszymi zmianami.
3. Rozporządzenie MŚ z 14.06.2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku [Dz.U. Nr 120, poz. 826].
4. Rozporządzenie MŚ z 1.10.2012 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku [Dz.U. Nr 0, poz. 1109].
5. Dz.U. 2009 Nr 56, poz. 461 Rozporządzenie MI z 12.03.2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
6. Dz.U. z 2010 r. Nr 239, poz. 1597 Rozporządzenie MI z 12.03.2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
7. Dyrektywa Rady 89/106/EWG z 21.12.1988 r. w sprawie zbliżenia przepisów prawnych i administracyjnych państw członkowskich dotyczących wyrobów budowlanych.
8. PN-B-02170:1985 Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki
9. PN-B-02171:1988 Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach.
10. PN-B-02151-3:1999 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach – Izolacyjność akustyczna elementów budowlanych. Wymagania.
11. PN-B-02151-02:1987 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach – Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach.
12. PN-EN 12354-3:2003 Akustyka budowlana. Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Izolacyjność od dźwięków powietrznych przenikających z zewnątrz.
13. PN-EN 12354-1:2002 Akustyka budowlana. Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Izolacyjność od dźwięków powietrznych pomiędzy pomieszczeniami.
14. PN-EN 12354-2:2002 Akustyka budowlana. Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych między pomieszczeniami.
15. B. Szudrowicz, *Metody obliczania izolacyjności akustycznej między pomieszczeniami w budynku wg PN-EN 12354-1:2002 i PN-EN 12354-2:2002*, Instrukcje, wytyczne, poradniki, nr 406, Warszawa 2005.
16. B. Szudrowicz, P. Tomczyk, *Właściwości dźwiękoizolacyjne ścian, dachów, okien i drzwi oraz nawiewników powietrza zewnętrznego*, Instrukcje, wytyczne, poradniki, nr 448, Warszawa 2009.
17. B. Szudrowicz, *Akustyka budowlana. Budownictwo ogólne, Tom 2, Fizyka budowlana*, Praca zbiorowa pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. P. Klemma, Arkady, Warszawa 2005.
18. I. Żuchowicz-Wodnikowska, *Zasady doboru podłóg z uwagi na izolacyjność od dźwięków uderzeniowych stropów maszynowych*, Instrukcje, wytyczne, poradniki, nr 394, Warszawa 2004.
19. R. Żuchowski, L. Dulak, A. Nowosiwiat, *Ocena właściwości akustycznych mieszkań*, MBJ2030 Miejski Budynek Jutra - zadanie W10.1.1. Projektu Celowego „Miejski Budynek Jutra 2030”, numer 6 ZR6 2009 C/07319 współfinansowanym przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. ■



▲ Rys. 1. Źródła drgań transportowych

Prof. dr hab. inż. Krzysztof Stypuła
Politechnika Krakowska
Instytut Mechaniki Budowli

Jednym z istotnych zanieczyszczeń środowiska, emitowanych przez transport szynowy i drogowy, są drgania mechaniczne zwane też wibracjami.

ZASTOSOWANIE WIBROIZOLACJI W KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI SZYNOWEJ

Wibracje różnią się od drgań akustycznych:

- zakresem częstotliwości (wibracje rozważa się w paśmie częstotliwości od 1 do 100 Hz, a drgania akustyczne od 16 do 16000 Hz)
- ośrodkiem, w którym się rozprzestrzeniają (drgania akustyczne w powietrzu, a wibracje w ciałach stałych: nawierzchnia drogowa lub szynowa, grunt, konstrukcja budynku itp.)
- sposobami pomiaru i analizy oraz kryteriami oceny diagnostycznej.

Drgania (wibracje) generowane przez środki transportu, nazywane drganiami komunikacyjnymi lub transportowymi, przenoszą się na budynki przez podłoże (rys. 1).

Z uwagi na odmienną specyfikę odbioru drgań przez budynki, źródła drgań transportowych można podzielić na dwie grupy:

- transport naziemny: ruch pojazdów samochodowych, szczególnie autobusów i samochodów ciężarowych (wpływ drgań od przejazdów samochodów osobowych i dostawczych jest zwykle niewielki), przejazdy pojazdów szynowych (kolej, metro, tramwaj)
 - transport podziemny: ruch pojazdów w tunelach drogowych, kolejowych, metra oraz szybkiego tramwaju.
- W ocenie oddziaływania drgań na środowisko, bierze się pod uwagę ich wpływ na konstrukcję budynków i ludzi przebywających wewnątrz obiektów.

Podstawy prawne

Podstawowe akty prawne dotyczące uwzględnienia wpływu drgań na środowisko:

- ustawy:
 - z dn. 27.04.2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. z 2001 r. Nr 62, poz. 627)
 - z dn. 7.07.1994 r. Prawo budowlane (Dz.U. z 1974 r. Nr 89, poz. 414)
 - z dn. 3.10.2008 r. „o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko” (Dz.U. z 2008 r. Nr 199, poz. 1227)
 - z dn. 13.04.2007 r. „o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie” (Dz.U. z 2007 r. Nr 75, poz. 493)
- Rozporządzenie MI z dn. 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2002 r. Nr 75, poz. 690)
- grupa norm ISO-14000 – Zarządzanie środowiskiem
- dyrektywy Unii Europejskiej:
 - Dyrektywa Rady 85/337/EWG z dn. 27.06.1985 r., w sprawie oceny skutków niektórych publicznych i prywatnych przedsięwzięć dla środowiska
 - Dyrektywa Rady 97/11/WE z dn. 3.03.1997 r., zmieniająca dyrektywę 85/337/EWG w sprawie oceny wpływu wywiera-

nego przez niektóre publiczne i prywatne przedsięwzięcia na środowisko

- Dyrektywa 2001/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dn. 27.06.2001 r., w sprawie oceny wpływu niektórych planów i programów na środowisko
- Dyrektywa 2003/35/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dn. 26.05.2003 r., przewidująca udział społeczeństwa w odniesieniu do sporządzania niektórych planów i programów w zakresie środowiska oraz zmieniająca w odniesieniu do udziału społeczeństwa i dostępu do wymiaru sprawiedliwości Dyrektywę Rady 85/337/EWG i 96/61/WE
- Dyrektywa Rady 96/48/WE z dn. 23.07.1996 r. w sprawie interoperacyjności transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości.
- normy polskie:
 - PN-85/B-02170 Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki
 - PN-88/B-02171 Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach.

Diagnostyka wpływu drgań na budynki

Zasady i kryteria oceny wpływu drgań przekazywanych przez podłoże (także drgań transportowych) na konstrukcję budynków

zawarte są w normie PN-85/B-02170. Przewiduje ona dwie metody oceny wpływu drgań na konstrukcję budynków: ocenę pełną (którą można stosować do wszystkich budynków) oraz ocenę przybliżoną, odnoszącą się tylko do dwóch wybranych typów budynków.

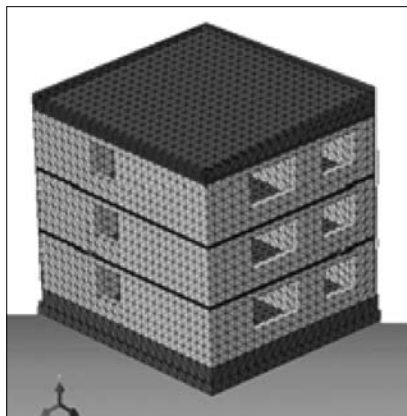
Pełna ocena polega na:

- sporządzeniu modelu budynku do obliczeń dynamicznych (modele z masami dyskretnymi, modele MES – rys. 2)
- obliczeniu sił dynamicznych obciążających konstrukcję budynku po uwzględnieniu wymuszenia kinematycznego (w postaci drgań zagłębionej w gruncie części budynku lub spektrum odpowiedzi)
- sprawdzeniu nośności elementów konstrukcji budynku zgodnie z normami budowlanymi z zakresu projektowania konstrukcji.

W wykonaniu oceny powinien bezwzględnie uczestniczyć inżynier budowlany, ze względu na konieczność znajomości norm i przepisów budowlanych oraz zasad statyki i dynamiki budowli.

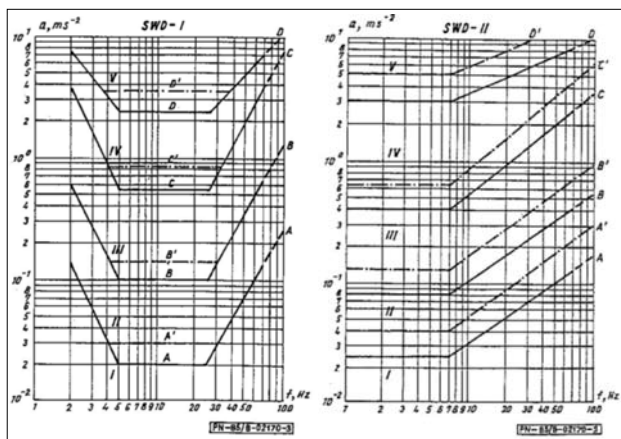
Przybliżona ocena wpływu drgań

Przybliżony sposób oceny ogranicza się do określenia wpływu poziomych składowych drgań na budynek (pomierzonych w sztywnym węźle konstrukcji, od strony źródła drgań, w poziomie fundamentu lub terenu) za pomocą tzw. skal wpływów dynamicznych SWD-I i SWD-II. Skale SWD można stosować do budynków wykonanych z elementów murowych (przeznaczonych do ręcznego układania jak cegła, pustaki itp.) oraz w przypadku budynków z wielkich bloków.

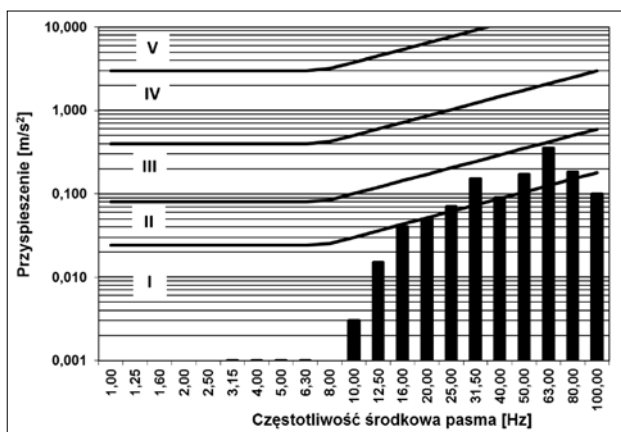


▲ Rys. 2. Przykładowy model budynku do obliczeń dynamicznych z podziałem na elementy metody elementów skończonych (MES)

Rys. 3. ►
Skale SWD-I i SWD-II w układzie przyspieszenie (a) – częstotliwość (f) wg PN-85/B-02171



Rys. 4. ►
Analiza i ocena wg skali SWD-II wpływu na konstrukcję budynku drgań wywołanych przejazdem tramwaju



Skala SWD-I odnosi się do budynków o kształcie zwartym o małych wymiarach zewnętrznych rzutu poziomego (maksymalnie 15 m), jedno- lub dwukondygnacyjnych i o wysokości nie przekraczającej żadnego z wymiarów rzutu poziomego.

Skala SWD-II odnosi się do budynków maksymalnie pięciokondygnacyjnych (nadziemnych), których wysokość jest mniejsza od podwójnej najmniejszej szerokości budynku w rzucie poziomym oraz do budynków niskich (do dwóch kondygnacji), lecz nie spełniających warunków podanych w skali SWD-I.

W normie obie skale podano w układzie przemieszczenie-częstotliwość lub przyspieszenie-częstotliwość (rys. 3).

Szczytowe (maksymalne) wartości przemieszczenia d lub przyspieszenia a drgań poziomych oraz odpowiadające im częstotliwości f należy wyznaczać z pomiaru, analizując je w poszczególnych tercjach (1/3 oktaowych) pasmach częstotliwości. Na rys. 4 przedstawiono przykładowe wyniki analizy (w tercjach

pasmach częstotliwości) wpływu na budynek pomierzonych przyspieszeń drgań od przejazdu tramwaju.

Diagnostyka wpływu drgań na ludzi w budynkach

Ocena wpływu drgań na ludzi wykonywana jest w Polsce na podstawie normy PN-88/B-02171. Określa ona dopuszczalne wartości skuteczne (RMS – root mean square) przyspieszeń lub prędkości drgań mechanicznych w celu zapewnienia wymaganego komfortu przebywania ludzi w pomieszczeniach. Podstawą oceny są wyniki analizy częstotliwościowej drgań zarejestrowanych na posadzce w miejscu odbioru ich przez człowieka. Oceny tej dokonuje się odrębnie dla kierunków poziomych x i y (kierunki prostopadłe do osi kręgosłupa człowieka) i pionowego z , rozumianego jako kierunek wzdłuż osi kręgosłupa. Ocena przeprowadzana na podstawie wartości skutecznej (RMS) przyspieszenia lub prędkości drgań w pasmach 1/3 oktaowych

polega na porównaniu zmierzonych wartości RMS przyspieszenia drgań (a) lub prędkości drgań (v) w pasmach 1/3 okta-
wowych dla analizowanego kierunku drgań z odpowiednimi wartościami dopuszczalnymi (a_{dop} lub v_{dop}):

$$a < a_{\text{dop}} \text{ lub } v < v_{\text{dop}} \quad (1)$$

Wartości dopuszczalne przyspieszenia lub prędkości drgań w pasmach 1/3 okta-
wowych wyznacza się wg wzoru:

$$a_{\text{dop}} = a_i \times n \text{ lub } v_{\text{dop}} = v_i \times n \quad (2)$$

gdzie:

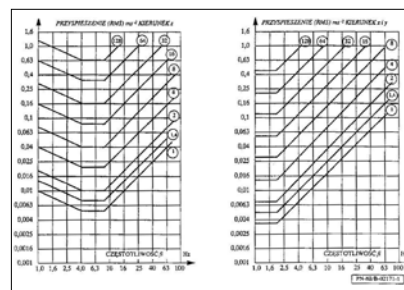
a_{dop} (v_{dop}) – dopuszczalna wartość przy-
śpieszenia (prędkości) w kierunku odbioru

drgań dla pasma tercjowego o częstotliwości
środkowej f_i

a_i (v_i) – wartość przyspieszenia (prędkości)
odpowiadająca progowi odczuwalności
drgań przez człowieka dla pasma tercjowe-
go o częstotliwości środkowej f_i (tabela 1)

n – współczynnik przyjmowany w zależno-
ści od przeznaczenia pomieszczenia, pory
występowania oraz charakteru drgań i ich
powtarzalności (tabela 2).

Progi komfortu przy różnych wartościach
współczynnika n przedstawiono dla przy-
śpieszeń i prędkości drgań odpowiednio
na rys. 5 i 6. Przyjmowany do analizy w pa-
smach tercjowych czas trwania drgań jest
to czas, w którym wartości amplitud są



▲ Rys. 5. Granice komfortu wpływu drgań na ludzi w skali przyspieszeń drgań (wg PN-88/B-02171)

większe niż 0,2 wartości amplitudy maksy-
malnej (rys. 7), czyli w tak ustalonym czasie
powinny być określone wartości RMS.

Wpływ drgań na środowisko – procedury

Ocena wpływu drgań na środowisko powin-
na obejmować:

- określenie zasięgu strefy wpływu drgań na środowisko – w przeciętnych warunkach (zależnie m.in. od warunków gruntowych i konstrukcji budynków) zasięg ten można przyjąć orientacyjnie: w przypadku drgań kolejowych do ok. 50 m, drgań drogowych i tramwajowych do ok. 25 m, drgań wywołanych przejazdami metra do ok. 40 m
- zidentyfikowanie budynków znajdujących się w tej strefie
- wytypowanie budynków do pomiarów drgań (należy wybrać obiekty reprezentatywne dla istniejącej zabudowy)
- wykonanie przedrealizacyjnych pomiarów drgań (tzw. pomiarów tła dynamicznego) w celu określenia dotychczasowego, a następnie prognozowanego po modernizacji

▼ Tabela 1. Przyspieszenia i prędkości odpowiadające progowi odczuwalności drgań przez człowieka (wg PN-88/B-02171)

Częstotliwość środkowa pasma f_i [Hz]	Wartość przyspieszenia a_i [ms^{-2}] przy odbiorze drgań przez człowieka z kierunku		Wartość prędkości v_i [ms^{-1}] przy odbiorze drgań przez człowieka z kierunku	
	z	x i y	z	x i y
1,0	0,0100	0,0036	0,00159	0,00057
1,25	0,0089	0,0036	0,00113	0,00046
1,6	0,0080	0,0036	0,00079	0,00036
2,0	0,0070	0,0036	0,00056	0,00029
2,5	0,0063	0,0045	0,00040	0,00029
3,16	0,0057	0,0057	0,00029	0,00029
4,0	0,0050	0,0072	0,00020	0,00029
5,0	0,0050	0,0090	0,00016	0,00029
6,3	0,0050	0,0114	0,00013	0,00029
8,0	0,0050	0,0144	0,00010	0,00029
10,0	0,0062	0,0180	0,00010	0,00029
12,5	0,0078	0,0225	0,00010	0,00029
16,0	0,0100	0,0289	0,00010	0,00029
20,0	0,0125	0,0361	0,00010	0,00029
25,0	0,0156	0,0451	0,00010	0,00029
31,6	0,0197	0,0568	0,00010	0,00029
40,0	0,0250	0,0721	0,00010	0,00029
50,0	0,0313	0,0902	0,00010	0,00029
63,0	0,0394	0,1140	0,00010	0,00029
80,0	0,0500	0,1440	0,00010	0,00029

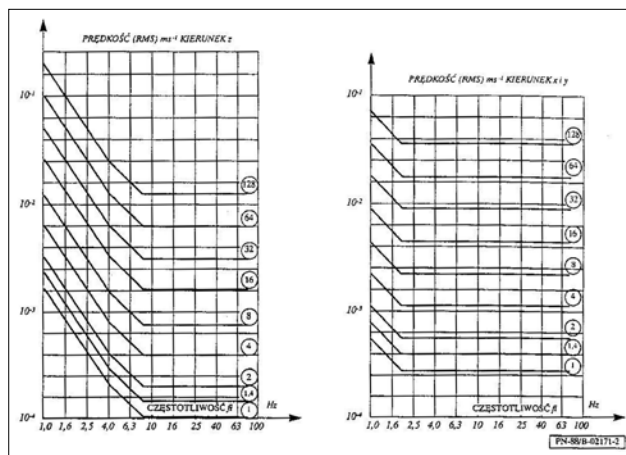
▼ Tabela 2. Wartości współczynnika n (wg PN-88/B-02171)

Przeznaczenie pomieszczenia w budynku	Pora występowania drgań	Wartość n w zależności od charakteru drgań i ich powtarzalności	
		Drgania występujące stale oraz sporadyczne o krotności większej niż 10 na dobę	Drgania sporadyczne o krotności nieprzekraczającej 10 na dobę
Sale operacyjne w szpitalach, precyzyjne labora- toria i pomieszczenia podobnego przeznaczenia ¹⁾	dzień, noc	1,0	1,0
Szpitale, sale chorych i pomieszczenia podobnego przeznaczenia	dzień	2,0	8,0
	noc	1,0	4,0
Mieszkania, internaty i pomieszczenia podobnego przeznaczenia	dzień	4,0	32,0 ²⁾
	noc	1,4	4,0
Biura, urzędy, szkoły i pomieszczenia podobnego przeznaczenia	dzień, noc	4,0	64,0 ²⁾
Warsztaty pracy i pomieszczenia podobnego przeznaczenia	dzień, noc	8,0 ³⁾	128,0

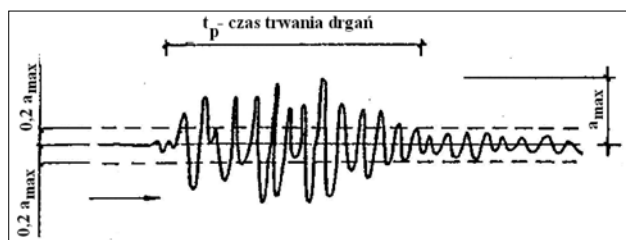
1) Wartość współczynnika n dotyczy czasu, w którym w salach operacyjnych odbywają się operacje lub w laboratoriach – bardzo precyzyjne czynności.

2) Wartość współczynnika n może być podwojona, jeżeli dotyczy drgań sporadycznych uprzednio zapowiedzianych, np. sygnałami ostrzegawczymi, komunikatami.

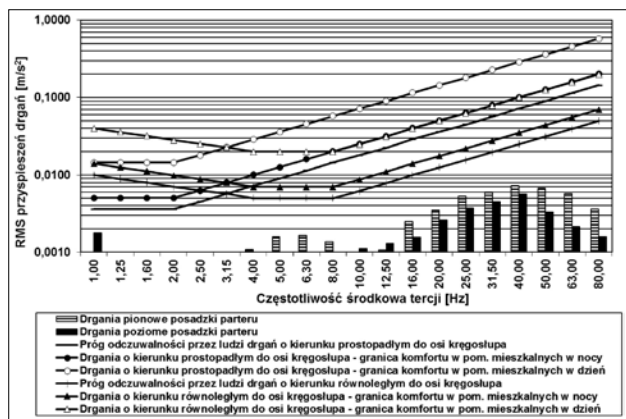
3) Wartość współczynnika n może być podwojona, jeżeli dotyczy warsztatów pracy przemysłu ciężkiego, np. mechanicznych, odlewniczych.



◀ Rys. 6. Granice komfortu wpływu drgań na ludzi w skali prędkości drgań (wg PN-88/B-02171)



◀ Rys. 7. Ustalanie czasu trwania drgań zgodnie z normami PN-85/B-02170 oraz PN-88/B-02171



◀ Rys. 8. Przykładowe wyniki analizy wpływu na ludzi przebiegów drgań generowanych przez jazdę tramwaju

wpływu drgań na konstrukcję budynków i na ludzi w nich przebywających

■ określenie na tej podstawie czy i gdzie potrzebne są zabezpieczenia wibroizacyjne.

Jeżeli ocena wykaże konieczność zastosowania zabezpieczeń wibroizacyjnych, to na etapie wykonywania projektu budowlanego lub najpóźniej wykonawczego, powinny zostać przeprowadzone obliczenia symulacyjne celem zaprojektowania takich zabezpieczeń i określenia prognozowanej ich skuteczności w wybranych budynkach.

Zagadnienie analizy symulacyjnej w prognozowaniu wpływów dynamicznych i projektowaniu wibroizacji w skrócie polega na zbudowaniu modelu obliczeniowego obiektu oraz jego otoczenia, założeniu odpowiednich więzów, obciążeniu obiektu ruchem podłoża (ściślej czasowymi przebiegami drgań) oraz przeprowadzeniu obliczeń i analizie otrzymanych wyników.

Najczęściej obliczenia przeprowadza się dwuetapowo. Najpierw buduje się model propagacji drgań od źródła do budynku, otrzymując prognozowane przebiegi czasowe drgań fundamentów analizowanego

budynku (trzeba przy tym uwzględnić interakcję dynamiczną grunt-budynek, a ściślej redukcję drgań na styku grunt-budynek), które stanowią tzw. wymuszenie kinematyczne budynku. Dane wyjściowe do tych obliczeń uzyskuje się z pomiarów drgań in situ wykonanych na potrzeby analizowanej sytuacji lub z bazy danych pomiarowych (uwzględniając podobieństwo sytuacji, w której otrzymano wyniki pomiarów). Następnie sporządzany jest model całego budynku i wykonywane są obliczenia dynamiczne drgań budynku wywołanych prognozowanym wymuszeniem kinematycznym, które przykłada się w modelu na styku budynku z gruntem. W efekcie tych obliczeń otrzymuje się siły bezwładności obciążające dodatkowo konstrukcję budynku oraz przebiegi czasowe drgań w poszczególnych punktach konstrukcji (w węzłach siatki MES). Analizując otrzymane z obliczeń symulacyjnych przebiegi czasowe drgań stropów budynku, dokonuje się oceny prognozowanego wpływu drgań na ludzi w danym budynku.

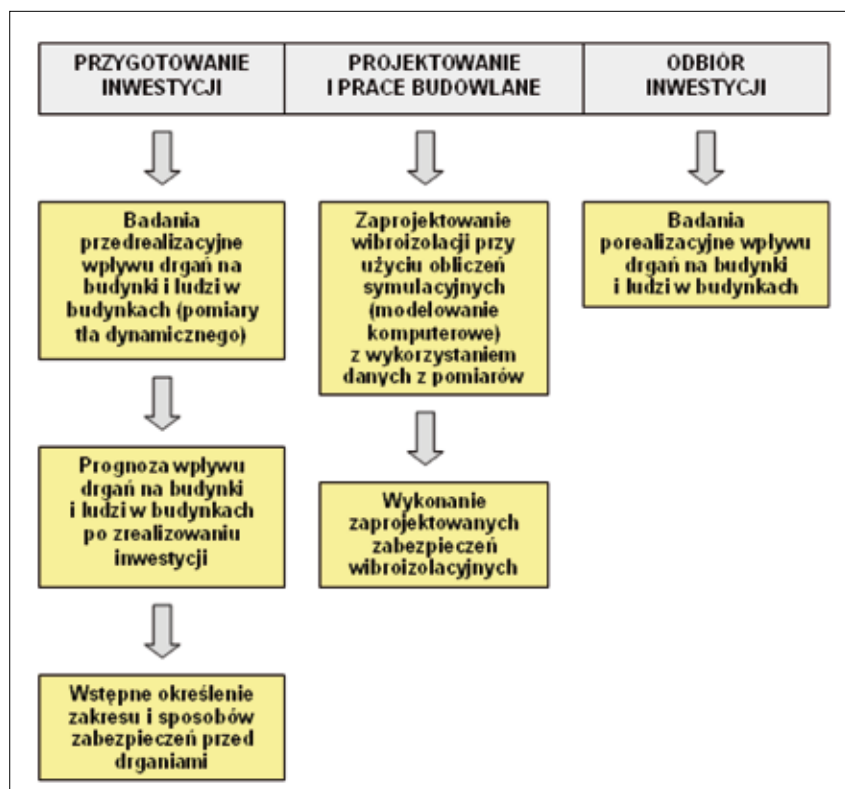
Po zakończeniu inwestycji (po upływie ok. 3-6 miesięcy w celu „ulożenia się” toru) powinny zostać wykonane pomiary porealizacyjne (z reguły w tych samych obiektach i punktach pomiarowych, co pomiary przedrealizacyjne).

Schemat wszystkich działań przedstawiono na rys. 9.

Rozwiązania techniczne – wibroizolacja

Najlepszym sposobem ochrony przed drganiami jest ograniczenie ich emisji w samym źródle drgań.

W przypadku pojazdów szynowych poziom generowanych drgań jest uzależniony od typu pojazdu np. od typu tramwaju: inną dynamiczność (spektrum drgań) mają tramwaje typu 105N, a inną NGT6. Ogromną rolę odgrywa stan kół wagonów oraz stan torów. Wzrastające w czasie eksploatacji taboru deformacje kół (bicie promieniowe, owalizacja, spłaszczenia itd.) oraz szyn (falistość, złuszczenia, ugięcia itp.) mogą powodować nawet kilkunastokrotny wzrost poziomu drgań generowanych przez pojazdy szynowe. W metrze warszawskim zużyte zestawy kołowe wagonów są eliminowane w wyniku wskazań opracowanego w Politechnice Krakowskiej systemu monitoringu wpływu



▲ Rys. 9. Schemat uwzględnienia wpływu drgań na środowisko w wypadku modernizacji nawierzchni szynowej

drgań na ludzi w budynkach sąsiadujących z I linią metra.

Oprócz dbałości o stan kół i szyn głównym sposobem ograniczenia emisji drgań jest stosowanie wibroizolacji w konstrukcji nawierzchni szynowej.

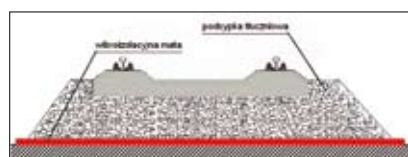
W stosowanych od lat nawierzchniach podsypkowych wykorzystywano przede

wszystkim właściwości tłumiące warstwy tłuczni, a także podkładów drewnianych. Obecnie właściwości tłumiące nawierzchni podsypkowych polepsza się wprowadzając elementy wibroizolacji: przekładki wibroizolujące w węzłach mocujących oraz maty wibroizolacyjne pod podkładami (rys. 10) lub maty podtłuczniowe (rys. 11).

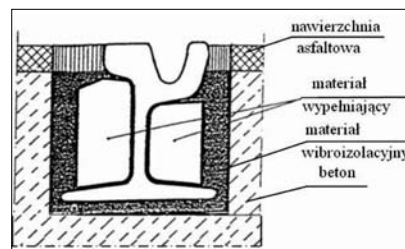
Wraz z rozwojem konstrukcji nawierzchni bezpodsynekowych, wibroizolacja stała się ich istotnym elementem, bowiem znacznie sztywniejsza od tradycyjnej konstrukcji nawierzchni bezpodsynekowej bez wprowadzenia sprężystych elementów tłumiących drgania, powodowałaby znacząco wyższy poziom generowanych przejazdami pociągów drgań w porównaniu z tradycyjną nawierzchnią podsypkową. Różne firmy oferują całą gamę rozwiązań: z jedną warstwą sprężystą albo z dwiema lub więcej, z lekką lub ciężką warstwą pośrednią między warstwami sprężystymi. Są to konstrukcje zróżnicowane także pod względem sposobu mocowania szyny (mocowanie ciągłe lub punktowe), sposobu podparcia szyny (niezależne



▲ Rys. 10. Schemat zastosowania maty wibroizolacyjnej pod podkładami w podsypkowej konstrukcji nawierzchni torowej



▲ Rys. 11. Schemat zastosowania maty wibroizolacyjnej podtłuczniowej w podsypkowej konstrukcji nawierzchni torowej na szlaku



▲ Rys. 12. Schemat konstrukcji szyny w otulinie (ERS)

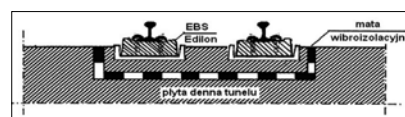
bezpośrednie podparcie szyny, szyna ułożona na podkładach lub na płytach prefabrykowanych), sposobu połączenia podkładów z konstrukcją podtorza, sposobu budowania (od dołu do góry lub odwrotnie) itd. Do najczęściej stosowanych rozwiązań zaliczyć można:

■ wibroizolację w miejscu mocowania szyny np. szyna w otulinie tzw. system ERS (embedded rail system, obniża zarówno poziom drgań jak i hałasu emitowanego na szycie szyny – rys. 12), bloki w otulinie tzw. system EBS (embedded block system – rys. 13) itp.

■ maty wibroizolacyjne pod płytą torową (rys. 13).

Najlepszą skuteczność wibroizolacyjną uzyskuje się stosując dwustopniową wibroizolację, tj. łącząc wspomniane wyżej systemy z zastosowaniem mat wibroizolacyjnych pod płytą torową. Tego typu wibroizolacje zostały zaprojektowane pod kierunkiem autora m.in. w kolejowym tunelu średnicowym w Warszawie oraz na białym odcinku I linii metra w Warszawie (rys. 13).

Zastosowanie takich rozwiązań powinno być poprzedzone wykonaniem obliczeń symulacyjnych w celu takiego dobrania parametrów wibroizolacji, aby osiągnąć zakładany efekt. Najczęściej zakłada się obniżenie poziomu drgań poniżej progu ich odczuwalności przez ludzi w budynkach. Niewielkie obniżenie poziomu drgań generowanych przez pojazdy szynowe można uzyskać niekiedy (nie zawsze) poprzez ograniczenie prędkości ich poruszania się.



▲ Rys. 13. Schemat dwustopniowej wibroizolacji, tj. maty wibroizolacyjnej pod płytą torową i systemu EBS



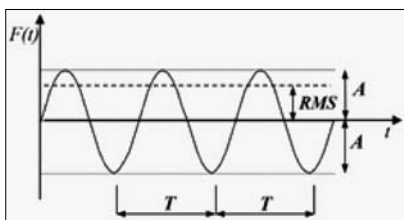
▲ Rys. 14. Schemat przegrody wibroizolacyjnej w gruncie

W przypadku konieczności ochrony pojedynczych istniejących budynków, można zastosować przegrodę wibroizolacyjną w gruncie (rys. 14), przy czym powinna być ona starannie zaprojektowana (usytuowanie, wymiary, materiał wypełniający itp.) tzn. należy sprawdzić jej skuteczność przeprowadzając obliczenia symulacyjne. Żle dobrana przegroda może być całkowicie nieskuteczna.

W przypadku budynków projektowanych w strefie wpływu drgań transportowych należy wykonać analizę (prognozę) wpływu drgań na projektowany obiekt. Analiza ta powinna określić siły dynamiczne obciążające dodatkowo konstrukcję budynku oraz prognozowany wpływ drgań na ludzi w tym budynku. W razie potrzeby należy wprowadzić zmiany zwiększające odporność projektowanej konstrukcji na drgania lub zastosować wibroizolację oddzielającą tę konstrukcję od drgań przekazywanych z podłoża (np. mata wibroizolacyjna pod płytą fundamentową i na styku ścian z gruntem).

Najczęstsze błędy

Pierwsze błędy mogą pojawić się na etapie przygotowania inwestycji transportowych. Problematyka drgań transportowych jest niekiedy pomijana lub niewłaściwie przedstawiana w dokumentach, dotyczących



▲ Rys. 15. Wartości szczytowe (A) i wartości skuteczne (RMS) drgań

ochrony środowiska (raportach, ocenach oddziaływania, decyzjach środowiskowych). Pominięcie powoduje w następstwie brak w warunkach przetargowych wyszczególnienia prac dotyczących projektowania i wykonania zabezpieczeń przed drganiami. Dalej, wykonawca nie uwzględnia ich w kosztorysie, co następnie praktycznie uniemożliwia wykonanie tych prac.

Drugi rodzaj błędów polega na myleniu wibracji z hałasem lub posługiwaniu się błędnie wykonanymi ocenami wpływu drgań na środowisko.

Do podstawowych błędów, najczęściej popełnianych przy ocenach wpływu drgań na środowisko należą:

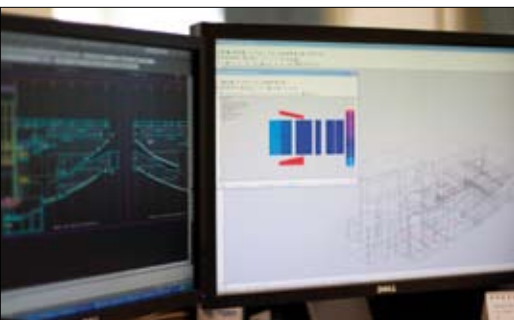
- stosowanie do pomiaru drgań aparatury przystosowanej do pomiarów akustycznych
- przy ocenie wpływu drgań na konstrukcję, stosowanie skal SWD do budynków, które nie podlegają ocenie przybliżonej:
 - do budynków o konstrukcji innej niż murowa np. szkieletowych, słupowo-płytowych, monolitycznych, stalowych itp.
 - do budynków murowanych o nietypowej konstrukcji, jak kościoły, hale przemysłowe itp.
 - do budynków murowanych o większej liczbie kondygnacji nadziemnych niż 5
- stosowanie skal SWD do oceny wpływu drgań pionowych
- stosowanie w ocenie (skale SWD) wartości skutecznych (RMS) przemieszczeń lub przyspieszeń drgań zamiast wartości szczytowych (rys. 15)
- pomiar drgań do oceny skalami SWD w niewłaściwych punktach konstrukcji
- przy ocenie wpływu drgań na ludzi niewłaściwe określenie czasu trwania drgań (rys. 7), który jest czasem uśredniania w obliczeniach wartości skutecznej (RMS) przyspieszeń lub prędkości drgań.

Stąd istotne jest przestrzeganie art. 147a ustawy „Prawo ochrony środowiska”, który mówi m.in., że prowadzący instalację oraz użytkownik urządzenia są obowiązani zapewnić wykonanie pomiarów wielkości emisji lub innych warunków korzystania ze środowiska przez akredytowane laboratorium. Ponieważ w świetle tej ustawy do instalacji zalicza się drogi i linie transportu szynowego, a do emisji – hałas i wibracje, stąd to zobowiązanie do wykonywania pomiarów hałasu i drgań budynków oraz ludzi w budynkach przez akredytowane w tym zakresie laboratorium.

Zasadniczym błędem na etapie projektowania jest przyjmowanie wibroizolacji bez wykonania prognozy, jaki będzie wpływ drgań na budynki i na ludzi w budynkach po jej zastosowaniu, czyli bez sprawdzenia skuteczności przyjętego rozwiązania w konkretnych warunkach wymuszenia i konstrukcji chronionych budynków. Przykładowo ten sam typ wibroizolacji w postaci mat pod płytą torową może być bardziej lub mniej skuteczny (czasem nieskuteczny lub wręcz zwiększający poziom drgań) w zależności od parametrów zastosowanych mat (ich sztywności dynamicznej, grubości, właściwości tłumiących), które powinny być dobrane do warunków w jakich mają pracować.

Literatura

1. R. Ciesielski, E. Maciąg, *Drgania drogowo i ich wpływ na budynki*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa, 1990.
2. R. Ciesielski, J. Kawecki, E. Maciąg, *Ocena wpływu wibracji na budynki i ludzi w budynkach (diagnostyka dynamiczna)*, ITB, Warszawa 1993.
3. Z. Engel, *Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1993.
4. J. Kawecki, K. Stypuła, *Zapewnienie komfortu wibracyjnego ludziom w budynkach narażonych na oddziaływanie komunikacyjne*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2013.
5. K. Koziół, K. Stypuła, *Obliczenia symulacyjne w projektowaniu wibroizolacji nawierzchni szynowych. Wybrane przykłady zastosowań*, DROGI Lądowe - Powietrzne - Wodne, str. 95-109, nr 10/2010 (29).
6. K. Stypuła, *Drgania generowane w podłożu przez transport szynowy i ich wpływ na budynki i ludzi w budynkach*, Mat. XXIV Ogólnopolskiej Konferencji Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji „Naprawy i wzmocnienia konstrukcji budowlanych”, t. II, str. 395-420, Wisła 2009.
7. K. Stypuła, *Nowoczesne wibroizolacje*, Builder, str. 66-70, 10/2009.
8. PN-85/B-02170 Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki.
9. PN-88/B-02171 Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach. ■



▲ Model i wyniki symulacji akustycznej na potrzeby prac projektowych dla Opery na Zamku w Szczecinie – fot. P. Z. Kozłowski

dr inż. Piotr Z. Kozłowski
Politechnika Wrocławska
współautor:

mgr inż. Karolina Czajkowska-Kibler

Interdyscyplinarna dziedzina nauki, jaką jest akustyka, nierozwalnie wiąże się z budownictwem. Na etapie powstawania budynku akustykę należy traktować jako branżę projektową, która dzieli się na kilka głównych zagadnień: ochronę budynku i jego pomieszczeń przed hałasem i drganiami, kontrolę emisji hałasu i drgań z budynku do otoczenia, akustykę wewnątrz i elektroakustykę.

AKUSTYKA W OBIEKTACH UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ

Obowiązek uwzględniania w procesie budowlanym zagadnień akustycznych wynika w polskim prawie z:

- ustawy z dn. 27.04.2001 r. – Prawo ochrony środowiska (Dz.U. z 2013 r. poz. 1232, z późn. zm.)
- ustawy z dn. 7.07.1994 r. – Prawo budowlane (Dz.U. z 2010 r. Nr 243, poz. 1623, z późn. zm.)
- rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dn. 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2002 r. Nr 75, poz. 690, z późn. zm.)
- rozporządzenia Ministra Środowiska z dn. 14.06.2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. z 2014 r., poz. 112).

Dokumenty te mają w większości charakter wymogów ogólnych skupiających się na ochronie budynków i środowiska przed hałasem i drganiami.

Szczegółowe wymagania i wytyczne do projektowania w szerszym zakresie branży akustycznej zawierają normy. Dopóki nie zostaną przywołane w ustawie lub rozporządzeniu, ich stosowanie jest jednakże dobrowolne.

Do najistotniejszych norm obligatoryjnych, z punktu widzenia projektowania akustycznego budynków, zaliczają się:

- PN-B-02151-3:1999 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach –

Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych. Wymagania

- PN-B-02151-2:1987 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach – Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach
- PN-B-02170:1985 Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki
- PN-B-02171:1988 Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach.

Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie wskazuje, że budynki

użyteczności publicznej i ich pomieszczenia należy chronić przed drganiami i hałasem zewnętrznym (spoza budynku), drganiami i hałasem pochodzącymi od instalacji urządzeń stanowiących wyposażenie techniczne budynku, hałasem powietrznym i uderzeniowym bytowym (z innych pomieszczeń budynku) oraz hałasem pogłosowym. Przepisy prawne w zakresie akustyki skupiają się na bezpieczeństwie – ochronie przed hałasem i drganiami – ze względu na ich ewidentnie szkodliwy wpływ na zdrowie i samopoczucie ludzi oraz na konstrukcję budynków.

Długotrwała ekspozycja organizmu na nadmierny hałas skutkuje nie tylko osłabieniem



▲ Wielka Sala Koncertowa NOSPR w Katowicach - zdjęcie z pomiarów akustycznych – fot. P. Z. Kozłowski

sluchu. Wskutek narażenia na hałas o poziomie uznanym za bezpieczny dla narządu sluchu, może wystąpić wiele negatywnych skutków fizjologicznych, umysłowych i psychicznych, m.in.:

- reakcja stresowa organizmu
- pobudzenie układu nerwowego (a poprzez niego oddziaływanie na inne narządy i ogólny stan zdrowia, np. podwyższenie ciśnienia krwi)
- osłabienie motywacji
- dyskomfort i rozdrażnienie
- wpływ na zachowania społeczne i zdrowie psychiczne.

Przy połączonym oddziaływaniu hałasu i wibracji (którego źródłem może być ruch pojazdów ciężkich) następuje nawarstwienie niekorzystnych efektów. Wówczas nawet poziom równoważny dźwięku A wynoszący 70 dB może, wskutek długotrwałej ekspozycji, wywołać niewielkie upośledzenie sluchu.

Z braku wymogów prawnych, projektowanie budynków w zakresie akustyki wnętrz i systemów elektroakustycznych opiera się aktualnie na zasadach wiedzy technicznej (z wyjątkiem dźwiękowych systemów ostrzegawczych, których wymóg stosowania w określonych kategoriach budynków jako elementu ochrony przeciwpożarowej został zawarty w rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dn. 7.06.2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów, Dz.U. z 2010 r. Nr 109 poz. 719).

Jednakże właściwości akustyczne wnętrz oraz parametry akustyczne systemów elektroakustycznych także oddziałują na samopoczucie i stan zdrowia użytkowników budynków. Zła zrozumiałość mowy w pomieszczeniach do pracy i nauki, brak przystosowania sal kinowych do odtwarzania mowy i muzyki czy niezapewnienie choćby podstawowego komfortu akustycznego w obiektach sportowych i handlowych, znacząco obniżają jakość użytkowania pomieszczeń.

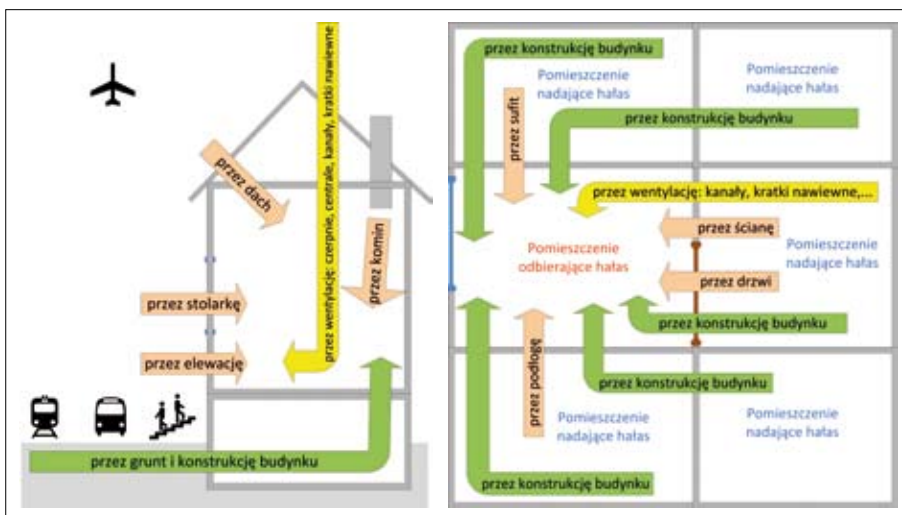
W ostatnich latach można zaobserwować wzrost świadomości inwestorów, użytkowników, projektantów i wykonawców obiektów budowlanych oraz ustawodawców – przejawiający się choćby umieszczeniem w rozporządzeniu w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku zapisu dotyczącego konieczności ochrony pomieszczeń przed hałasem pogłosowym (powstającym w wyniku odbić fal dźwiękowych od przegród ograniczających pomieszczenie). Zapis ten stanowi istotny krok ku określeniu wymagań dla parametrów akustycznych wnętrz, które wcześniej nie podlegały w Polsce żadnym regulacjom prawnym. W przyszłości wyżej wymienione rozporządzenie prawdopodobnie przywoła do obligatoryjnego stosowania normy PN-B-02151-4 (Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Wymagania dotyczące czasu pogłosu), która zostanie wkrótce opublikowana.

Ochrona przed hałasem i drganiami

Projektowanie ochrony przeciwdźwiękowej budynków jest zasadniczym powodem do pojawienia się w zespole projektowym specjalisty ds. akustyki. Punktem wyjścia jest identyfikacja potencjalnych źródeł i dróg propagacji hałasu i drgań.

Możliwe drogi propagacji hałasu zewnętrznego do budynku oraz hałasu wewnętrznego pomiędzy pomieszczeniami przedstawia rysunek nr 1.

Zasadniczy mechanizm izolowania przeciwdźwiękowego poszczególnych pomieszczeń wynika z prawa masy, które wskazuje, że izolacyjność akustyczna przegrody budowlanej rośnie wraz z jej masą. Stąd biorą się standardowe problemy z hałasem przechodzącym między pomieszczeniami, które rozdzielone są przegrodami z materiałów lekkich. Niejednokrotnie jednak z uwagi na uwarunkowania konstrukcyjne nie możemy sobie pozwolić na bardzo masywne przegrody. W takich sytuacjach korzysta się z lekkich przegród warstwowych wykorzystujących nieco inne mechanizmy wpływające na wypadkową izolacyjność przegrody. Izolacyjność akustyczna takich przegród wynika m.in. z wielowarstwowości, zachowania odpowiednich proporcji pomiędzy grubościami warstw płyt i pustek powietrznych wypełnionych materiałem pochłaniającym oraz odpowiedniego dobrania konstrukcji nośnych poszczególnych warstw.



◀ Rys. 1. Drogi przedostawania się hałasu zewnętrznego do pomieszczenia w budynku i hałasu wewnętrznego pomiędzy pomieszczeniami budynku

Izolacyjność samej przegrody oddzielającej dwa pomieszczenia ma ograniczony wpływ na całkowitą izolacyjność akustyczną pomiędzy tymi pomieszczeniami. Dzieje się tak głównie z uwagi na zjawisko przenikania bocznego, które powoduje, że hałas generowany w jednym pomieszczeniu jest transmitowany do sąsiadujących z nim pomieszczeń poprzez wszystkie przegrody stykające się z przegrodami ograniczającymi to pomieszczenie. Przekazywanie energii pomiędzy powiązаныmi stropami i ścianami jest na tyle skuteczne, że transmisja hałasu odbywa się nie tylko w przypadku pomieszczeń bezpośrednio ze sobą sąsiadujących.

Zagadnienia ochrony przeciwdźwiękowej wpływają na projektowanie i realizację instalacji budynku. Często zapomnianym elementem jest pośrednia transmisja hałasu pomiędzy pomieszczeniami. Efektem standardowego błędu projektowego jest transmitowanie hałasu pomiędzy dobrze odizolowanymi konstrukcyjnie pomieszczeniami poprzez kanały wentylacyjne. Również niedostateczna izolacyjność akustyczna drzwi prowadzących z poszczególnych pomieszczeń na wspólny korytarz może spowodować, że dźwięki pomiędzy pomieszczeniami będą przedostawać się za pośrednictwem takiego korytarza.

Istotną drogą przechodzenia hałasu pomiędzy pomieszczeniami są wszelkie nieszczelności przegród – niedostatecznie uszczelnione otwory do prowadzenia instalacji czy szczeliny pod drzwiami.

W ramach projektowania ochrony przed hałasem i drganiami wykonuje się szereg różnorodnych pomiarów akustycznych.

Pomiary wstępne pozwalają określić założenia projektowe, np. rozwiązania konstrukcyjne budynku w zależności od poziomu drgań gruntu w lokalizacji posadowienia budynku lub poziomu hałasu w otoczeniu budynku. Takie pomiary są też istotne dla skalibrowania akustycznego modelu obliczeniowego, wykorzystywanego do prognozowania narażenia elewacji projektowanego budynku na hałas.

Pomiary kontrolne jeszcze w czasie trwania budowy dają szansę na wprowadzenie ewentualnych zmian do zastosowanych rozwiązań lub poprawienie wykonania elementów budowlanych. Takim pomiarom mogą również zostać poddane poszczególne



▲ Orlen Arena w Płocku - zdjęcie z pomiarów akustycznych – fot. P. Z. Kozłowski

gólne elementy budowlane – np. stolarka okienna w celu weryfikacji zgodności parametrów akustycznych z projektem.

Pomiary powykonawcze pozwalają stwierdzić osiągnięcie zamierzonych parametrów (parametrów izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych i uderzeniowych czy poziomu dźwięku w pomieszczeniach) i zgodność wykonania z projektem.

Kontrola emisji hałasu do otoczenia

W przypadku obiektów użyteczności publicznej głównym źródłem hałasu emitowanego do otoczenia są systemy wentylacyjne i klimatyzacyjne.

Objęcie projektowaniem akustycznym kontroli emisji hałasu może potencjalnie przynieść duże oszczędności finansowe względem konieczności ograniczenia nadmiernej emisji hałasu w już istniejącym budynku.

W ramach projektowania w tym zakresie tworzy się model przestrzeni urbanistycznej, umieszcza w nim modele źródeł akustycznych projektowanego budynku i symuluje sytuację docelową. W przypadku przekroczenia dopuszczalnych poziomów hałasu pochodzącego z projektowanego budynku optymalizuje się lokalizację istotnych źródeł akustycznych i dobiera zabezpieczenia przeciwhałasowe, np. obudowy akustyczne.

Akustyka wnętrz

Docelowe parametry akustyczne wnętrza są wypadkową prac na wszystkich etapach

procesu projektowego i budowlanego. Projektowanie w tym zakresie rozpoczyna się na etapie koncepcyjnym od określenia kubatur pomieszczeń i ukształtowania ich geometrii. Precyzyjne kształtowanie właściwości akustycznych wnętrza realizuje się na kolejnych etapach projektowania poprzez rozplanowanie przestrzenne obszarów funkcjonalnych pomieszczenia, dobór struktury przegród otaczających pomieszczenie i ich wykończenia, dobór i rozmieszczenie adaptacji akustycznej oraz elementów wyposażenia.

Z punktu widzenia akustyki operujemy zasadniczo trzema rodzajami materiałów, zapewniającymi pochłanianie, odbijanie lub rozpraszanie fali akustycznej. Nie ma tu jednak sztywnego podziału – ten sam materiał może odbijać fale akustyczne w pewnym zakresie częstotliwości, podczas gdy w innym zakresie ma właściwości pochłaniające. Z uwagi na dużą rozpiętość długości fal akustycznych nie istnieją uniwersalne materiały działające jednakowo dla pełnego pasma akustycznego. Obok wyboru materiału, na właściwości akustyczne danej okładziny ma wpływ sposób jej obróbki i montażu – odpowiednie perforowanie powierzchni czy tworzenie pustych przestrzeni za okładziną.

Choć w kształtowaniu parametrów akustycznych wnętrz, szczególnie tych o podwyższonych wymaganiach akustycznych jak sale teatralne, widowiskowe czy audytoria, stosuje się często rozwiązania dedykowane danemu pomieszczeniu (projektowane

indywidualnie specjalistyczne ustroje akustyczne), podkreślić należy, że adaptacja akustyczna to nie tylko używanie materiałów mających w swojej nazwie słowo „akustyczny”. Akustykę wnętrza kształtują wszystkie materiały znajdujące się w pomieszczeniu, a kreuje się ją przede wszystkim stosując klasyczne materiały budowlane i wykończeniowe.

Docelowe parametry akustyczne pomieszczenia ustala się w zależności od jego przeznaczenia – należy ustalić, czy pomieszczenie jest przeznaczone do pracy i nauki, odbioru mowy czy muzyki, czy przewidziano w nim zastosowanie systemu elektroakustycznego.

Spektrum parametrów akustycznych, których wartości określa się w projekcie i których osiągnięcie można weryfikować pomiarowo i/lub obliczeniowo, jest szerokie. Jednym z najważniejszych parametrów określającym warunki akustyczne panujące w pomieszczeniu jest czas pogłosu (czy też w funkcji częstotliwości – charakterystyka czasu pogłosu). Tym parametrem posługują się nawet najprostsze projekty akustyki wnętrz opracowywane dla pomieszczeń, w których satysfakcjonujące jest osiągnięcie zaledwie elementarnego komfortu akustycznego.

Inne parametry, którymi posługuje się projektant akustyki w projektowaniu i ocenie właściwości pomieszczenia, to m.in.: wskaźnik transmisji mowy (STI, STIPA, RA-STI), wartość zrozumiałości według CIS, czas wczesnego zaniku EDT, ITDG (opóźnienie pierwszego odbicia), siła dźwięku G, wskaźnik udziału energii bocznej LEF, wskaźniki przejrzystości C_{80} lub C_{50} i wyrazistości D_{50} .

Wiele parametrów akustycznych pomieszczenia (w tym czas pogłosu) można określić na podstawie pomiarów odpowiedzi impulsowej pomieszczenia.

Na potrzeby kreowania akustyki wnętrz badania akustyczne wykonuje się nie tylko w celu weryfikacji parametrów wnętrza w ramach prowadzenia nadzoru akustycznego. Realizuje się je również na innych etapach procesu projektowo-budowlanego, np. przed rozpoczęciem prac projektowych dotyczących modernizacji istniejącego obiektu lub na zaawansowanym etapie wykończenia pomieszczenia – w celu prze-



▲ Hala Widowiskowo-Sportowa w Kątach Wrocławskich - zdjęcie z pomiarów akustycznych – fot. P. Z. Kozłowski

prowadzenia strojenia akustyki wnętrza, czyli doboru ostatecznej konfiguracji adaptacji akustycznej.

Systemy elektroakustyczne

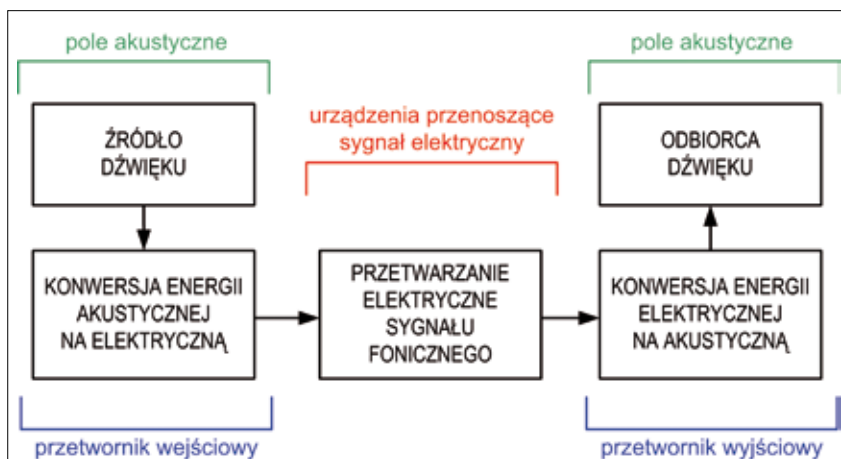
Dziedzina akustyki obejmuje również systemy elektroakustyczne. W obiektach użyteczności publicznej realizuje się przede wszystkim systemy:

- nagłośnieniowe – we wszelkiego rodzaju pomieszczeniach widowiskowych, audytoryjnych, konferencyjnych, kinowych, w których planuje się elektroakustyczne odtwarzanie muzyki, mowy czy chociażby efektów dźwiękowych towarzyszących mowie/muzyce naturalnej
- telekomunikacyjne – w tym interkomowe
- rozgłoszeniowe – w tym DSO (dźwiękowe systemy ostrzegawcze).



▲ Filharmonia Szczecińska - zdjęcie z pomiarów akustycznych z publicznością – fot. P. Z. Kozłowski

Rys. 2. ►
Model pojęciowy systemu elektroakustycznego



Rysunek nr 2 przedstawia model pojęciowy systemu elektroakustycznego.

Coraz więcej obiektów jest na stałe wyposażanych w pomieszczenia studyjne oraz systemy umożliwiające rejestrację wielośladową imprez.

Systemy elektroakustyczne często funkcjonują w połączeniu z systemami prezentacji obrazu, łącznie stanowiąc systemy audiowizualne lub multimedialne.



Podczas gdy projekt akustyki budowlanej jest często częścią projektów architektury, konstrukcji i instalacji, projekt systemu elektroakustycznego stanowi samodzielny dokument branżowy.

Projekt systemu elektroakustycznego obejmuje następujące elementy:

- określenie wymagań funkcjonalnych, jakościowych i strukturalnych systemu
- dobór i rozmieszczenie zestawów i urządzeń głośnikowych – często w oparciu o symulacje komputerowe z wykorzystaniem trójwymiarowego modelu akustycznego
- opracowanie schematów blokowych obrazujących wszystkie połączenia pomiędzy przyłączami sygnałowymi, szafami sprzętowymi i urządzeniami
- rozmieszczenia urządzeń, tras kablowych, przyłączy sygnałowych, szaf sprzętowych pokazane na rzutach i przekrojach architektonicznych
- wytyczne do zasilania elektrycznego systemów lub pełny projekt zasilania elektrycznego
- szczegółowy opis projektowy zawierający zasadę działania systemu, wykaz urządzeń, linii kablowych itp.

Na jakość sygnału akustycznego pochodzącego z systemu elektroakustycznego w danym pomieszczeniu mają wpływ parametry akustyki wnętrza. Te dwa zagadnienia projektowe wiążą się ze sobą ściśle. Na przykład duża pogłosowość pomieszczenia może znacząco pogarszać zrozumiałość mowy nadawanej z systemu elektroakustycznego, mimo że

sam system został dobrze zaprojektowany. W przypadku kompleksowych, z punktu widzenia akustyki, projektów do symulacji komputerowych nagłośnienia można wykorzystać te same modele akustyczne, które powstają w ramach projektu akustyki wnętrza.

Osiągnięcie założonych parametrów systemu elektroakustycznego weryfikuje się na podstawie pomiarów akustycznych, które można podzielić na pomiary nagłośnienia (poziomu dźwięku, poziomego ciśnienia akustycznego, widma, równomierności pokrycia, zrozumiałości mowy) oraz pomiary samej instalacji elektroakustycznej (symetrii połączeń, tłumienności, skuteczności izolacji).

Pomiary są wykorzystywane także w procesie strojenia systemów nagłośnienia, czyli optymalizowania ustawień parametrów procesorów głośnikowych, wzmacniaczy, zestawów głośnikowych pod kątem danego wnętrza lub przestrzeni.

Projektowanie akustyczne obejmuje nie tylko specjalistyczne, drogie rozwiązania dedykowane obiektom widowiskowym, ale głównie proste do zastosowania wytyczne w zakresie architektury, konstrukcji i instalacji niegenerujące znaczących kosztów, będące niuansami na wczesnym etapie projektowym, natomiast niemożliwe lub drogie przy próbie zastosowania w już istniejących budynkach. ■



Sufity akustyczne Armstrong

Błoczek akustyczny SILIKAT A^{PLUS}

Sklejka PAGED DOOR

Modułowe płyty sufitowe NIDA AKU

System wibroizolacji torowisk FST

Węzeł Walichnowy na drodze S8

Filharmonia Podkarpacka im. A. Malawskiego

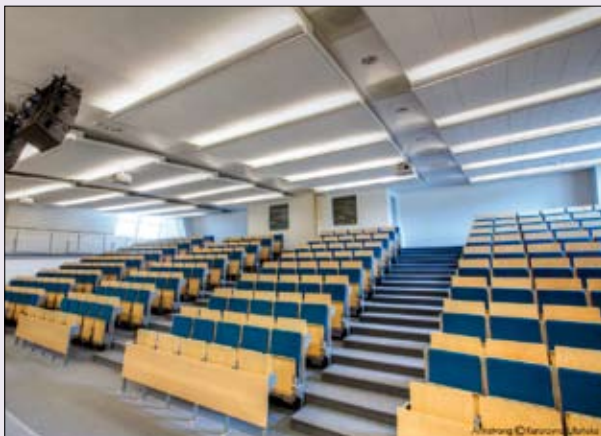
Osiedle Nowe Orłowo

Szkoła muzyczna we Wrocławiu

Izolacja stropu w budynku mieszkalno-usługowym
w Knurowie (woj. śląskie)

PRZEGLĄD
PRODUKTÓW
I REALIZACJI

Produkt



Sufity akustyczne Armstrong

Producent: Armstrong Building Products B.V.

Zastosowanie: zapewnienie komfortu akustycznego w pomieszczeniu

Sufity podwieszane Armstrong pozwalają stworzyć komfortowe środowisko akustyczne zarówno w nowych, jak i poddawanych renowacji budynkach. Akustyczna optymalizacja wnętrza polega na dostosowaniu go do potrzeb użytkownika w zakresie rozumienia mowy, koncentracji i poufności. Duży wpływ mają na nią parametry akustyczne użytych materiałów, wymiary pomieszczenia oraz poziom tła akustycznego. W wielu przypadkach skutecznym rozwiązaniem okazuje się zastosowanie sufitów wyspowych Canopy lub paneli pionowych Baffle.

Armstrong oferuje płyty o różnych gęstościach, umożliwiając osiągnięcie wysokiego pochłaniania dźwięku, wysokiej dźwiękoizolacyjności oraz odpowiedniego poziomu równowagi pomiędzy tymi parametrami, a przez to spełnienie zróżnicowanych wymagań każdego wnętrza. Wśród płyt mineralnych znajdują się produkty: izolujące i pochłaniające dźwięk równocześnie (grupa produktów Standard), izolujące (grupa produktów dB) oraz pochłaniające (grupa produktów OP).

Błoczek akustyczny SILIKAT A^{PLUS}

Producent: Grupa SILIKATY Sp. z o.o.

Wymiary: 250x180x220 mm

Silikaty to wyroby wapienno-piaskowe, które w budownictwie zyskują coraz większą popularność. Z powodzeniem wykorzystywane są do wznoszenia ścian konstrukcyjnych, elewacyjnych, działowych oraz ścian piwnic.

Błoczek SILIKAT A^{PLUS} został stworzony z myślą o ścianach o podwyższonej izolacyjności akustycznej. Innowacyjna technologia produkcji oraz brak drążeń pozwala na uzyskanie wysokiej klasy gęstości 2,0 i 2,2. Gładkie powierzchnie czołowe (brak profilowań) wymuszają wykonanie spoin pionowych. Dzięki temu unika się nieszczelności, a tym samym poprawia izolacyjność akustyczną muru. Dokładność T2 pozwala na murowanie SILIKATU A^{PLUS} na cienką i grubą spoinę. Jest to bezkonkurencyjny materiał do wznoszenia ścian międzymieszkaniowych grubości 18 lub 25 cm (wystarczy go obrócić).

Produkt



Produkt



Sklejka PAGED DOOR

Producent: SKLEJKA-PISZ PAGED S.A.

Zastosowanie: do produkcji ścianek działowych jako płycina oraz do produkcji drzwi i dachów jako warstwa izolacyjna

Sztywna pianka polistyrenowa obustronnie oklejona wodoodporną sklejką liściastą lub iglastą o grubości do 6 mm (istnieje możliwość produkcji z folią aluminiową grubości 0,05 mm lub blachą aluminiową grubości 0,3 mm). Klejona klejem na bazie żywic melaminowych, do użytkowania w warunkach wilgotnych (wg PN-EN 636, klasa techniczna EN 636-2) lub klejem na bazie żywicy fenolowo-formaldehydowej, do użytkowania w warunkach zewnętrznych (wg PN-EN 636, klasa techniczna EN 636-3). Piankę izolacyjną cechuje zamknięta struktura komórkowa i niska nasiąkliwość wody co powoduje, że jest ona odporna na niesprzyjające warunki użytkowania. Pianka ma właściwości samogasnące oraz bardzo dobrą izolacyjność: 0,027 W/(mK), nasiąkliwość wody po 28 dniach: 0,2-2,0% objętości, w zależności od typu.

Produkt



Modułowe płyty sufitowe NIDA AKU

Producent płyt: SINIAT Sp. z o.o.

Nowe gipsowe modułowe płyty sufitowe NIDA AKU i NIDA AKU DECOR pomagają architektom aranżować estetycznie przestrzeń publiczną oraz zgodnie ze współczesnymi wymaganiami akustyki. Dobrze pochłaniają dźwięk o niskich i wysokich częstotliwościach, co czyni je doskonałym materiałem dźwiękochłonnym. Współczynnik pochłaniania dźwięku α_w wynosi w zależności od perforacji od 0,5 (przy 9,8% powierzchni perforacji płyty) do 0,6 (przy 16,4% powierzchni perforacji płyty). Płyty NIDA AKU i NIDA AKU DECOR mają wymiary 60x60 cm oraz gr. 12,5 mm. Perforacja dostępna jest w kilku wzorach: okrągła, kwadratowa i podłużna o różnym rozmieszczeniu. Montowane są na konstrukcji typu modułowego, będąc alternatywą dla standardowych, mineralnych płyt sufitowych o takich samych wymiarach. NIDA AKU są białe, a NIDA AKU DECOR są wykończone laminatem imitującym drewno (brzoza, dąb i kasztan) lub stal.

System wibroizolacji torowisk FST

Dystrybutor: WIBRO-AKUSTYKA

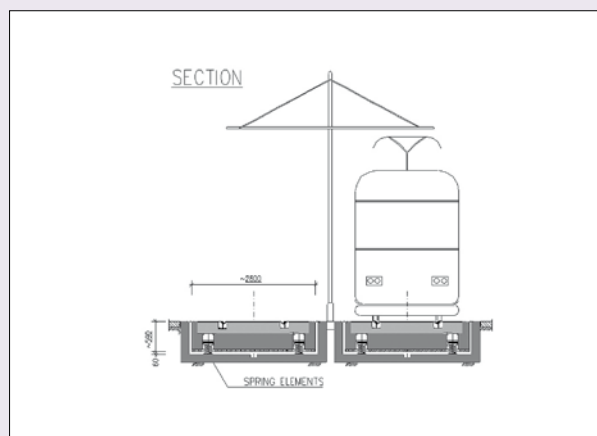
Producent: GERB Schwingungsisolierungen GmbH & Co. KG

Zastosowanie: wibroizolacja torowisk tramwajowych

Płyta wraz z torowiskiem jest wsparta na zintegrowanych jednosprężynowych elementach GSI na wybetonowanym podłożu. Położenie jej może być regulowane w zależności od ustawienia sprężyn w obudowie. Ugięcie sprężyn przy przejeździe pojazdu szynowego zazwyczaj nie przekracza 3 mm. Tego typu konstrukcja torowiska charakteryzuje się nie tylko wysokim tłumieniem drgań przenoszonych do podłoża, ale również zmniejszeniem hałasu pochodzącego od przejazdu tramwajów, co jest bardzo istotne zwłaszcza w dużych miastach.

System FST charakteryzuje się wysoką trwałością, łatwym i ekonomicznym montażem, wysoką skutecznością w zakresie niskich częstotliwości oraz możliwością regulacji np. w przypadku osiadania gruntu. Skuteczność wibroizolacji tego typu wynosi zazwyczaj 80-95%. Dzięki integracji elementów sprężynowych z płytą torowiska nie jest wymagana zmiana jego wysokości.

Produkt



Realizacja



Węzeł Walichnowy na drodze S8

Dostawca podwalin: BET-EXIM S.A.

Wykonawca ekranów akustycznych: PZS Konstrukcje Sp. z o.o.

Realizacja: 2012 r.

Projekt obejmuje budowę drogi ekspresowej S8 na odcinku od węzła Wieluń (wcześniejsza nazwa węzeł Walichnowy) do węzła Łódź Południe na autostradzie A1 (poprzednia nazwa węzeł Wrocław). W ramach inwestycji Bet-exim dostarczył dla firmy PZS Konstrukcje Sp. z o.o. 150 sztuk podwalin pod ekrany akustyczne. Elementy o wymiarach 3,96x0,50x0,12 m wykonane były z betonu klasy C 25/30.

Realizacja



Filharmonia Podkarpacka im. A. Malawskiego

Dostawca płyt gipsowo-włóknowych: FERMACELL Systemy suchej zabudowy

Zastosowane rozwiązanie akustyczne: panele ATOS

Generalny wykonawca: Budimex Dromex S.A.

Wykonawca suchej zabudowy: Al-Mar Sp. z o.o.

Generalny remont filharmonii, zbudowanej na początku lat 70. ubiegłego wieku, to przedsięwzięcie, które wymagało od projektantów i wykonawców zachowania jego oryginalnego stylu oraz niepowtarzalnej akustyki. Z tego powodu wszystkie sufity podwieszane, przegrody nowej sali koncertowej oraz ściany sali kameralnej zostały wykończone panelami akustycznymi firmy ATOS BH z Krakowa. Produkowane są one na bazie płyt gipsowo-włóknowych Fermacell oklejanych fornirem. Panele ATOS łączą w sobie walory akustyczne, przeciwpożarowe oraz estetyczne. Do realizacji inwestycji łącznie wykorzystano 2000 m² płyt gipsowo-włóknowych Fermacell. Pozwoliło to zachować dobrą akustykę obiektu oraz spełnić wszystkie wymagania przeciwpożarowe.

Osiedle Nowe Orłowo

Producent bloczków silikatowych: Grupa SILIKATY Sp. z o.o.

Wykonawca: Invest Komfort S.A. Sp.k.

Lokalizacja: Gdynia, Orłowo

Realizacja: 2013-2014 r.

Kameralne osiedle Nowe Orłowo jest przykładem inwestycji, w której wykorzystano możliwości, jakie dają silikaty. Do zbudowania ścian zewnętrznych oraz konstrukcyjnych elementów wewnętrznych użyto bloczków SILIKAT N18 oraz SILIKAT N24 produkowanych przez Grupę SILIKATY. Charakteryzują się one dużą wytrzymałością na ściskanie, dzięki czemu pozwalają na budowanie cieńszych ścian i dużych gabarytowo pomieszczeń, a tym samym tworzenie przestronniejszych wnętrz. Za wykorzystaniem produktów Grupy SILIKATY do wykonania ścian elewacyjnych przemawiała także ich niska nasiąkliwość, wahająca się od 10 do 16%. Dzięki temu wznoszone budynki można było pozostawić na dłuższy czas nieotynkowane, bez obaw o naruszenie trwałości konstrukcji. Umożliwiło to płynną realizację poszczególnych etapów i prowadzenie jednoczesnej budowy kilku obiektów.

Realizacja



Realizacja



Szkoła muzyczna we Wrocławiu

Montaż materiałów akustycznych: HMT-Group Sp. z o.o.

Producent materiałów akustycznych: Ecophon, Saint-Gobain Construction Products Polska Sp. z o.o.

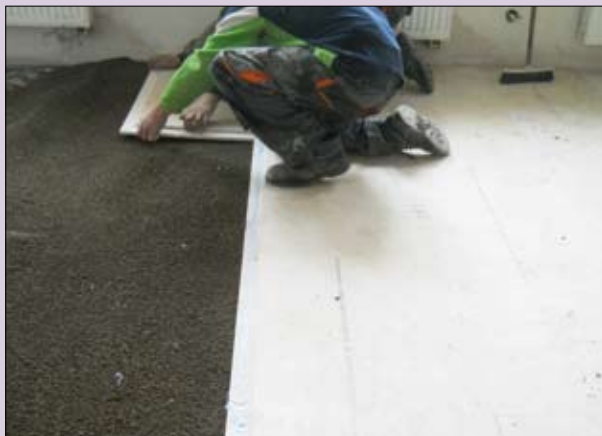
Inwestor: Ogólnokształcąca Szkoła Muzyczna I i II stopnia im. Karola Szymanowskiego we Wrocławiu

Lokalizacja: Wrocław, ul. Marszałka J. Piłsudskiego 25

Realizacja: 2013-2014 r.

Nowa szkoła muzyczna we Wrocławiu to obiekt wyposażony w najnowsze systemy akustyczne. Znajdują się w niej m.in. sale koncertowe i pomieszczenia do edukacji muzycznej. Pomieszczenia te zostały wykończone z uwzględnieniem wysokich wymagań akustycznych. Na suficie w salach lekcyjnych i korytarzach zostały zamontowane w formie wysp panele dźwiękochłonne Ecophon Focus™ Lp, które dobrze komponują się z oświetleniem i instalacją wentylacji. W znajdującym się na parterze przedszkolu zastosowano panele Ecophon Solo™ Circle. Produkty te są nie tylko interesującym elementem aranżacji wnętrza, ale także zapewniają komfort akustyczny.

Realizacja

**Izolacja stropu w budynku mieszkalno-usługowym w Knurowie (woj. śląskie)**

Producent keramzytu: Saint-Gobain Construction
Products Polska sp. z o.o., marka Weber Leca®

W remontowanym stropie drewnianym o powierzchni ok. 290 m² wymieniono polepę oraz podłogę z desek na: wełnę mineralną, keramzyt i płyty suchego jastrychu. Dzięki temu została wypoziomowana płaszczyzna stropu, podwyższona jego izolacyjność akustyczna oraz znacznie zmniejszony ciężar własny. Pozwoliło to na zwiększenie obciążeń użytkowych bez wprowadzania dodatkowych elementów konstrukcyjnych.

W opisywanym obiekcie zastosowano Leca® KERAMZYT izolacyjny M oraz Leca® KERAMZYT podsypkowy o łącznej ilości 45 m³.

AKUSTIX sp. z o.o.

Armstrong Building Products B.V. sp. z o.o.
Oddział w Polsce

BET-EXIM S.A.

BSW Berleburger Schaumstoffwerk GmbH

ECOPHON, SAINT-GOBAIN CONSTRUCTION
PRODUCTS POLSKA Sp. z o.o.

EC Test Systems Sp. z o.o.

FERMACELL Systemy suchej zabudowy

Getzner Werkstoffe GmbH

Grupa SILIKATY Sp. z o.o.

HMT-Group Sp. z o.o.

ROCKFON Biuro Handlowe

SAINT-GOBAIN CONSTRUCTION
PRODUCTS POLSKA sp. z o.o.
MARKA WEBER LECA®

SINIAT Sp. z o.o.

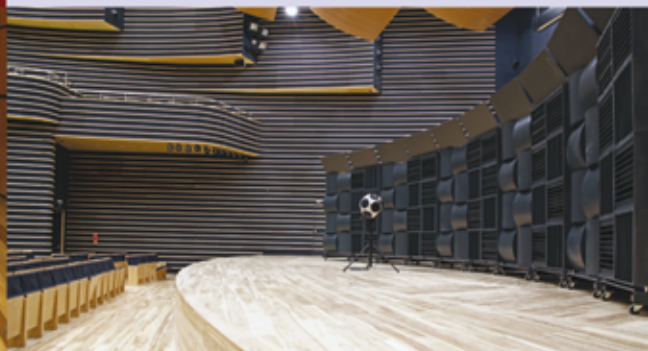
SKLEJKA-PISZ PAGED S.A.

WIBRO-AKUSTYKA



A grayscale photograph of a modern office interior. The scene shows several desks with black office chairs, large windows with horizontal blinds, and a long white reception counter in the foreground. The ceiling has recessed square lights and a long linear light fixture. The overall atmosphere is clean and professional.

FIRMY
PRODUKTY
TECHNOLOGIE



AkustiX sp. z o.o. wykonuje zaawansowane badania i projekty akustyczne w ramach Pracowni Konsultingowo-Projektowej oraz Akredytowanego Laboratorium Badawczego. Działamy na rynku infrastruktury (np. porty lotnicze, drogi i linie kolejowe), lokalnym (np. budynki użyteczności publicznej, obiekty kultury), współpracujemy z przemysłem (analizy akustyczne, projekty)

Pracownia Konsultingowo - Projektowa

Zapraszamy do skorzystania z naszej oferty konsultingowej i projektowej w zakresie:

- projektów i analiz akustycznych (ekrany akustyczne, rozwiązania ograniczające hałas, tłumiki, obudowy dźwiękoizolacyjne, raporty o oddziaływaniu na środowisko, przeglądy środowiskowe, analizy porealizacyjne, mapy akustyczne, programy ochrony przed hałasem itp)
- projektów akustycznych sal koncertowych, konferencyjnych i widowiskowych oraz wszelkich obiektów użyteczności publicznej wraz z nagłośnieniem, audytów akustycznych
- wykonywania systemów ciągłego monitoringu hałasu w środowisku oraz projektowania i wykonawstwa specjalistycznej aparatury pomiarowej (specjalistyczne źródła dźwięku, stukacze, dedykowane systemy pomiarowe itp)

Wybrane realizacje:

- Ciągły akredytowany monitoring hałasu lotniczego wokół lotnisk: Poznań – Ławica, Wrocław – Strachowice, Kraków - Balice
- Pomiary hałasu i analizy akustyczne m.in. dla lotnisk i lądowisk w Krzesinach, Powidzu, Malborku, Pruszczu Gdańskim, Cewicach, Ustce, Świdwinie, Gdańsku, Balicach, Maziarni
- Mapy akustyczne Poznania (2007 i 2012) oraz Łodzi, Mapy akustyczne dróg krajowych na terenie 10 województw i dróg wojewódzkich w wielkopolsce
- Programy ochrony przed hałasem dla Poznania (2007 i 2012) i Warszawy, dla dróg krajowych i magistrali kolejowych w woj. pomorskim oraz dla dróg krajowych w woj. lubuskim
- Monitoring hałasu komunikacyjnego m.in. w Warszawie, Poznaniu, Łodzi, Warszawie, Płocku, Koninie, na A2 i innych drogach krajowych i wojewódzkich
- Monitoring hałasu odwiertów gazu łupkowego, oraz turbin wiatrowych
- Pomiar izolacyjności akustycznej w kompleksie studiów telewizyjnych ATM Grupa S.A. we Wrocławiu
- Pomiary izolacyjności akustycznej i dźwiękochłonności ekranów przeciwhałasowych metodą in-situ na autostradzie A2 i A4 oraz w Kielcach
- Projekty akustyczne filharmonii Kaliskiej, Warmińsko-Mazurskiej, Koszalińskiej
- Oceny skuteczności i projekty akustyczne ekranów przeciwhałasowych, m.in. autostrada A2, linia kolejowa Węglińiec – Legnica, linia kolejowa w m. Legionowo,
- Dokumentacje na potrzeby Obszaru Ograniczonego Użytkowania wokół lotniska Poznań-Ławica oraz lotniska w Malborku

Nasi klienci to między innymi:

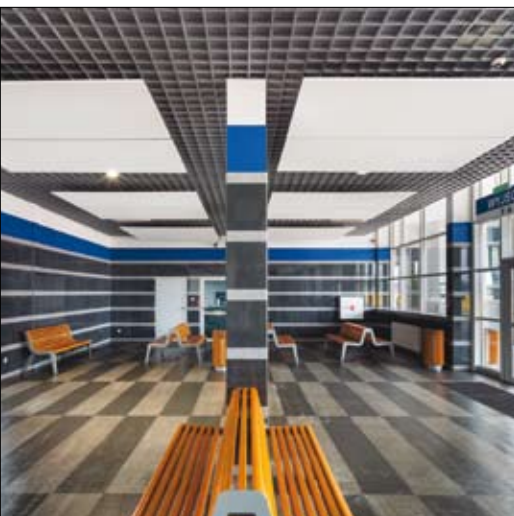
- **Zarządzający drogami:** m.in. GDDKiA, ZDM w Poznaniu, ZTM w Poznaniu, WZDW w Poznaniu, MPK w Poznaniu, Polskie Linie Kolejowe
- **Urzędy Marszałkowskie województw** m.in.: pomorskiego, lubuskiego, mazowieckiego
- **Urzędy Miast,** m.in.: Warszawa, Poznań, Łódź, Luboń, Konin, Bydgoszcz, Toruń, Porty Lotnicze m.in.: Poznań – Ławica, Wrocław – Strachowice, Kraków - Balice, Gdańsk - Rębiechewo
- **Wojskowe zarządy infrastruktury,** m.in.: RZL w Gdyni, WZL w Poznaniu, RZL w Szczecinie
- **Biura projektowe** m.in.: Jacobs, URS, Transprojekt Gdański, ADS, Assman, Pracownia Architektoniczna 1997, Litoborski+Marciniak, ELD
- **Przemysł i wykonawcy** m.in.: Kompania Piwowarska, Unicom-Bols, Modertrans, Poz-bruk, Betafence, Autostrada Wielkopolska, Strabag, Skanska, Colas, Hochtief Polska, Eiffage, Budownictwo Mitex, Torpol, Xella Polska, Elektrobudowa, Trigranit, Echo Investment
- **Instytucje kultury** m.in. Filharmonia im. Stanisława Moniuszki w Koszalinie, CK Zamek w Poznaniu

Laboratorium badawcze

Laboratorium Badawcze AkustiX posiada akredytację Polskiego Centrum Akredytacji o numerze AB 1162, która obejmuje:

- monitoring hałasu komunikacyjnego (drogowy, tramwajowy i kolejowy)
- monitoring hałasu lotniczego (okresowy i ciągły)
- monitoring hałasu przemysłowego, oraz hałasu linii elektroenergetycznych
- określanie wpływu nawierzchni drogowych na hałas
- wyznaczanie skuteczności ekranów akustycznych
- określanie izolacyjności i dźwiękochłonności ekranów akustycznych metodą in-situ (w terenie)
- wyznaczanie poziomu mocy akustycznej urządzeń i obiektów oraz określanie hałasu urządzeń stosowanych w informatyce i telekomunikacji
- pomiary czasu pogłosu pomieszczeń
- określanie izolacyjności akustycznej przegród budowlanych i elewacji
- określanie izolacyjności akustycznej stropów od dźwięków uderzeniowych
- określanie poziomu dźwięku w pomieszczeniach
- pomiary drgań oddziałujących na budynki i ludzi w budynkach

Inne specjalistyczne badania akustyczne dostosowane do indywidualnych potrzeb naszych klientów.



▲ Sufity wyspowe Optima Canopy
– Dworzec PKP w Terespolu

Odpowiednie środowisko akustyczne ma podstawowe znaczenie we wnętrzach, w których przebywają, pracują lub uczą się ludzie. W kształtowaniu optymalnego otoczenia akustycznego przestrzeni użytkowej kluczową rolę odgrywają sufity podwieszane.

JAK KSZTAŁTOWAĆ ŚRODOWISKO AKUSTYCZNE WNĘTRZ?

Z punktu widzenia akustyki pomieszczeń, oprócz właściwego określenia funkcji danej przestrzeni, najważniejsze są trzy aspekty, na których należy koncentrować działania podczas projektowania i tworzenia rozwiązań, poprawiających komfort akustyczny. Są to: dyskrekcja rozmów, koncentracja oraz rozumienie mowy.

Dyskrekcja rozmów – rodzina sufitów dB

Dyskrekcja rozmów jest miarą określającą stopień, w jakim nie można usłyszeć ani zrozumieć treści rozmowy. Dla zapewnienia maksymalnej poufności, indywidualne biura czy gabinety wymagają bardziej skutecznej izolacji dźwiękowej od innych pomieszczeń. Sufity podwieszane z rodziny dB, czyli płyty mineralne o zwiększonej gęstości, m.in. Ultima+ dB, Perla dB, Sahara dB, minimalizują przenikanie dźwięku pomiędzy pomieszczeniami, a także ograniczają hałas przenikający od urządzeń ponad sufitem podwieszanym. Dzięki temu wszelkie rozmowy mogą zachować prywatny charakter.

Koncentracja – rodzina sufitów OP

Koncentracja może być zaburzona przez różnego rodzaju dźwięki. W dużych pomieszczeniach (np. biura typu open space, call center) rozmowy, dźwięki telefonów, urządzeń biurowych i serwisowych generują nadmierny hałas. W takich wnętrzach celem staje się jego maksymalne ograniczenie. Sufity z rodziny OP (open plan) o obniżonej gęstości, m.in. Ultima+ OP i Perla OP, regulując odbicia dźwięków, zapewniają ich pochłanianie na najwyższym poziomie.

Rozumienie mowy – rodzina sufitów Standard

Rozumienie mowy odnosi się do konieczności rozumienia komunikacji werbalnej, zarówno w postaci mowy bezpośredniej jak też emitowanej przez systemy głośników w danej przestrzeni. Czynnikiem decydującym o poprawie rozumienia mowy jest kontrola pochłaniania i izolowanie dźwięku oraz zachowanie równowagi pomiędzy tymi pa-

rametrami. We wnętrzach, w których ważne jest zachowanie dobrego rozumienia mowy (np. klasy szkolne, sale konferencyjne) najlepiej swoją funkcję spełniają sufity podwieszane z rodziny produktów standardowych, takie jak: Ultima+, Perla, Sahara Max – płyty o średniej gęstości. Zapewniają one znakomitą równowagę pomiędzy izolowaniem od niepożądanego hałasu dobiegającego z zewnątrz, a poprawą jakości dźwięku wewnątrz pomieszczeń.

Nowości

Ultima+ to najnowsza grupa laminowanych płyt mineralnych o śnieżnobiałej, gładkiej powierzchni, estetycznym i trwałym wykończeniu oraz doskonałych parametrach technicznych. Mają brązowy certyfikat cradle to cradle®. Są idealne do zastosowania w wymagających wnętrzach – zapewniają komfort wizualny (wysoki poziom odbicia światła), akustyczny (pełna oferta gęstości płyt) oraz zdrowe otoczenie (emisja cząstek stałych – klasa ISO 5 oraz emisja VOC – klasa A+).

Armstrong Building Products B.V. sp. z o.o. Oddział w Polsce

► ul. Domaniewska 37 ► 02-672 Warszawa ► tel. 22 337 86 10 ► faks 22 337 86 12
► www.armstrong.pl/sufity ► service-ce@armstrong.com



Inżynier budownictwa



prawo
normy
technologie
ciekawe realizacje



www.inzynierbudownictwa.pl

Wydawnictwo Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa Sp. z o.o.
ul. Kopernika 36/40 lok. 110, 00-924 Warszawa

BET-EXIM S.A.



O firmie

Firma Bet-exim ma wieloletnie doświadczenie w produkcji prefabrykatów betonowych dla budownictwa i drogownictwa, stale poszerza swoją ofertę i podnosi jakość dostępnych produktów. Przedsiębiorstwo kontynuuje produkcję prefabrykatów na terenie dawnego oddziału poznańskiego przedsiębiorstwa Prefabet w Mosinie.

Powstanie zakładowego laboratorium do badania elementów betonowych i jego praca pod nadzorem Branderburskiego Uniwersytetu Technicznego (BTU Cottbus) zaowocowało otrzymaniem certyfikatu na produkcję prefabrykatów żelbetonowych na rynek Polski oraz Unii Europejskiej.

Wieloletnia współpraca z niemieckim partnerem w ramach budowy uniwersalnych form do wykonania biegów schodowych (prostych i zabiegowych) pozwoliła na produkcję i eksport tych prefabrykatów.

Firma specjalizuje się także w produkcji wielu typów podwalin, wykorzystywanych między innymi przy wykonywaniu ekranów akustycznych i hal, które dostarcza na teren całego kraju.



Oferuje szeroki zakres produktów, od prostych elementów drogowych, poprzez elementy odwodnień do elementów wysoce zaawansowanych technologicznie takich jak:

- podwaliny
- elementy klatek schodowych, podesty i balkony
- elementy konstrukcyjne hal
- elementy nawierzchni.



Podwaliny pod ekrany akustyczne

Bet-exim wykonuje podwaliny pod ekrany akustyczne wykorzystywane przy budowie dróg i autostrad jak również na potrzeby modernizacji linii kolejowych. Firma produkuje zarówno standardowe elementy z betonu klasy C 25/30 jak i C 35/45, długości od 50 cm do 5 m, wysokość do 1 mb oraz grubości 12 lub 12,5 cm.

Dodatkowo firma oferuje prefabrykację nietypowych podwalin na podstawie dokumentacji dostarczonej przez zamawiającego.

BET - EXIM

BET-EXIM S.A.

ul. Pożegowska 1

62-050 Mosina

tel. 61 813 27 51, 61 819 74 18

faks 61 819 14 51

www.bet-exim.pl

info@bet-exim.pl

Wszystkie prefabrykaty wykonane są z wysokiej jakości materiałów, co gwarantuje dobre wyniki dla parametrów takich jak nasiąkliwość czy mrozoodporność.

Podwaliny produkowane są w formach baterijnych – w pionie. Dzięki temu obie strony elementu są gładkie i można dowolnie go obracać. W prefabrykatkach możliwe jest wykonanie podcięć pod słupy lub przygotowanie ich (uzbrojenie) do wycięcia na budowie.

Firma dostarczyła podwaliny pod ekrany akustyczne do następujących realizacji:

- budowa autostrady A2 na odcinku Stryków-Warszawa
- modernizacja linii kolejowej E30 Legnica-Węgliń
- budowa drogi ekspresowej S8 Rawa Mazowiecka-Tomaszów Mazowiecki
- przebudowa linii kolejowej E65 Legionowo-Nowy Dwór Mazowiecki
- budowa drogi ekspresowej S5 na całym istniejącym odcinku Kleszczewo-Gniezno
- modernizacja linii kolejowej E59 od Wrocławia do granicy z województwem wielkopolskim
- budowa drogi ekspresowej S1 Skoczów-Cieszyn
- budowa autostrady A1 na odcinku Węzeł Piątek-Stryków, Węzeł Kowal-Sójki oraz Kotłiska-Piątek
- budowa obwodnicy Pszczyny. ■



BSW Berleburger Schaumstoffwerk GmbH



▲ Regupol® sound 47

O firmie

BSW jest jednym z czołowych dostawców wyrobów z łączonego poliuretanem granulatu gumowego. Z tworzywa Regupol® powstają liczne produkty elastyczne, ochronne i tłumiące do różnorodnych zastosowań. Opierając się na najważniejszych tworzywach – granulatach łączonych poliuretanem, włóknach gumowych oraz spienionym poliuretanem, firma tworzy stale nowe rozwiązania dla najróżniejszych dziedzin przemysłu i usług. W wielu grupach asortymentowych BSW należy do światowej czołówki. Podstawowym założeniem firmy jest dążenie, by nowe produkty otwierały kolejne rynki zbytu, a ulepszając je zwiększać przewagę jakościową.

BSW jest właścicielem szeregu patentów dotyczących materiałów i procesów technologicznych. Pionierska działalność firmy w rozwoju produktów z poliuretano-kauzczuku pozwoliła na powstanie na świecie nowej dziedziny przemysłu, która opiera się na materiałach i gotowych produktach z tych surowców.

BSW sprzedaje wyroby za pośrednictwem światowej sieci ponad 80 handlowców, własnych biur i spółek-córek. W wielu krajach firma ma kilku przedstawicieli, z których każdy ma w swojej ofercie różne grupy wyrobów lub odpowiada za dany region.

Ochrona przed dźwiękami uderzeniowymi

Wiele konstrukcji podłogowych narażonych jest na bardzo wysokie obciążenia i jednocześnie musi zapewniać skuteczną ochronę przed hałasem. Odpowiedzią na te zróżnicowane wymagania są zaprojektowane przez firmę BSW materiały Regupol® sound oraz Regufoam® sound.

Regupol® sound to materiał będący połączeniem włókien gumowych z poliuretanowym środkiem wiążącym. Występuje on w trzech wariantach (Regupol® sound 47, Regupol® sound 17, Regupol® sound 12) i przeznac-

zony jest do tłumienia dźwięków uderzeniowych pod posadzkami jaskrychowymi.

Regufoam® sound to różnokomórkowa pianka poliuretanowa. Materiał został opracowany przez BSW również w formie podjaskrychowej maty tłumiącej dźwięki uderzeniowe. Gwarantuje on najlepsze tłumienie dźwięków uderzeniowych spośród wszystkich mat oferowanych przez firmę. Izolacje jaskrychowe Regupol® i Regufoam® znajdują zastosowanie jako pełnopo-wierzchniowe wytłumienie posadzek jaskrychowych w przypadku dużych obciążeń, np. w obiektach takich jak:

- szpitale
- hale magazynowe
- kuchnie przemysłowe/łaźnie
- supermarkety
- hotele
- biblioteki
- uczelnie
- szkoły
- hale produkcyjne
- warsztaty
- laboratoria badawcze.



▲ Przekrój posadzki pływającej tłumionej matami serii Sound
1 – płytki lub inna okładzina; 2 – klej; 3 – jaskrych; 4 – folia PE; 5 – materiał izolacyjny Regupol® lub Regufoam®; 6 – strop surowy; 7 – boczne pasy izolacyjne z Regupol®, Regufoam® lub innego materiału



BSW

Berleburger Schaumstoffwerk GmbH

Am Hilgenacker 24

57319 Bad Berleburg, Niemcy

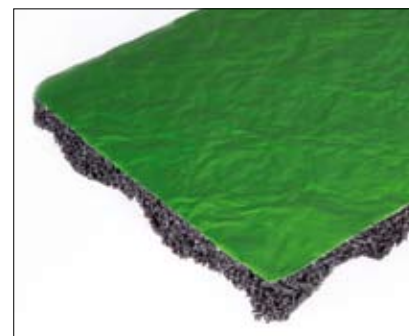
Kontakt w Polsce:

Przemysław Macioszek

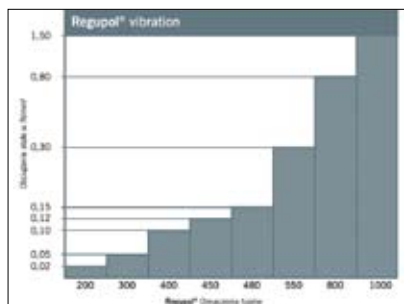
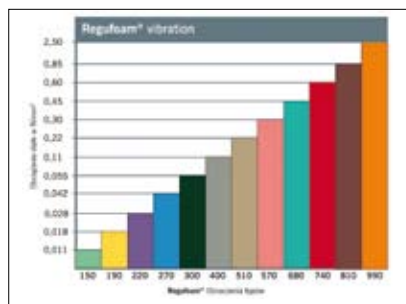
tel. 660 506 696

www.bsw-wibroakustyka.pl

biuro@regupol.pl



▲ Regupol® sound 17



Izolacja od drgań fundamentów maszyn

W większości urządzeń technicznych występują niepożądane drgania i wstrząsy. Elastyczne posadowienie maszyn z wykorzystaniem materiałów takich jak Regupol® vibration oraz Regufoam® vibration skutecznie zapobiega rozprzestrzenianiu się sił powodujących drgania.

Firma BSW już od ponad 20 lat produkuje, wykonuje obliczenia i dostarcza materiały służące do izolacji od drgań fundamentów maszyn. Materiał Regupol® vibration składa się z włókien gumowych, granulatów gumowych (SBR, NBR) oraz poliuretanów, natomiast Regufoam® vibration jest różnokomórkową pianką poliuretanową. Najważniejszym działaniem mającym na celu zmniejszenie przenoszenia drgań maszyn do otoczenia lub struktury budynku jest elastyczne odizolowanie fundamentów maszyn.

Regupol® i Regufoam® są oferowane odpowiednio w 8 i 12 stopniach izolacyjności dobieranych w zależności od stopnia obciążenia, dzięki czemu zapewniony jest szeroki zakres zastosowań związanych z ochroną przed drganiami. Szywności materiałów izolacyjnych zostały wybrane w taki sposób, że ich poszczególne typy zapewniają w przybliżeniu jednakowe właściwości pod względem osiadania.

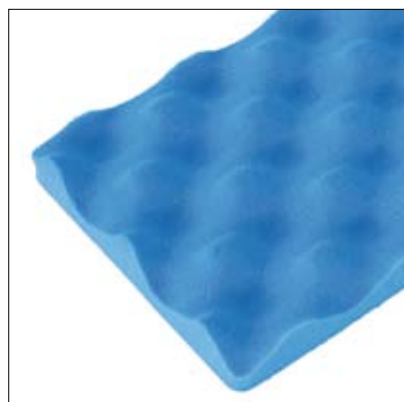
Specjaliści zajmujący się planowaniem rozwiązań związanych z ochroną przed drganiami mają zatem do dyspozycji dwie grupy wyrobów, dzięki którym możliwe jest wypracowanie rozwiązań optymalnych zarówno pod względem ekonomicznym, jak i technicznym.

Tłumienie drgań fundamentów budynków

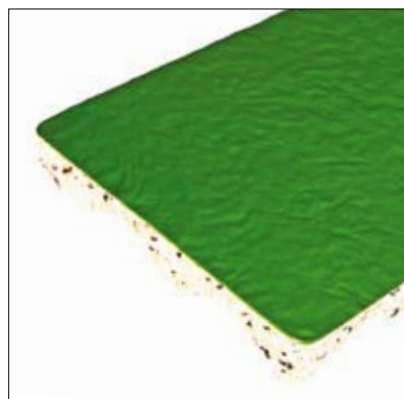
Budynki z różnych przyczyn mogą być narażone na wstrząsy, które są przenoszone w obrębie struktury budynku i odczuwane przez mieszkańców jako drgania lub wtórne fale akustyczne. W obszarach o gęstej infrastrukturze są to najczęściej emisje drgań pochodzących z linii kolejowych i instalacji przemysłowych usytuowanych nad lub pod ziemią.

Wysokie ceny działek w obrębie aglomeracji sprawiają, że atrakcyjne stają się te zlokalizowane poza miastem, również obok torów kolejowych. Warunkiem koniecznym do normalnego funkcjonowania użytkowników jest odpowiednie zabezpieczenie budynku przed występującymi tam drganiami.

Korzyści wynikające z pozyskania tak usytuowanych działek są w znacznym stopniu wyższe niż nakład finansowy ponoszony na elastyczne posadowienie budynku. Stworzone przez BSW materiały do izolacji drgań Regupol® i Regufoam® należą do najbardziej korzystnych pod względem kosztów rozwiązań.



▲ Regufoam® sound 10



▲ Regupol® sound 12

Materiały Regupol® vibration i Regufoam® vibration stosowane są jako izolacja:

- posadowień pełnopowierzchniowych budynków
- posadowień liniowych budynków – na pasach z materiału izolacyjnego
- posadowień punktowych budynków
- pionowa – boczna izolacja od drgań.

Wykorzystywane również do wytłumienia drgań w poszczególnych częściach budynku, również poniżej stropu piwnicy. Znajdują także zastosowanie w konstrukcjach typu „pomieszczenie w pomieszczeniu” oraz w ściankach szczelinowych w obszarze przenoszenia drgań między źródłem ich powstania a budynkiem. ■

▼ Tab. 1. Podstawowe parametry mat Regupol® sound i Regufoam® sound

	Regupol® sound 47	Regupol® sound 17	Regupol® sound 12	Regufoam® sound 10
Materiał	włókna gumowe połączone poliuretanowym środkiem wiążącym		kompozyt poliuretanowo-elastomerowy	różnokomórkowa pianka poliuretanowa
Współczynnik tłumienia dźwięków	$\Delta L_w \geq 22$ dB	$\Delta L_w \geq 26$ dB	$\Delta L_w \geq 33$ dB	$\Delta L_w \geq 34$ dB
Maksymalne obciążenie stałe	3000 kg/m ²	5000 kg/m ²	3000 kg/m ²	2500 kg/m ²
Szywność dynamiczna	$s' \approx 47$ MN/m ³	$s' \approx 17$ MN/m ³	$s' \approx 12$ MN/m ³	$s' \approx 10$ MN/m ³



Przemysław Macioszek
BSW Berleburger
Schaumstoffwerk GmbH

W 2003 roku, z okazji rocznicy stulecia istnienia, niemiecki klub samochodowy ADAC podjął decyzję o wybudowaniu nowej siedziby w stolicy Bawarii. W nowo wybudowanym budynku mają zostać zgromadzeni pracownicy z siedmiu biur zlokalizowanych na terenie Monachium.

CIEKAWA REALIZACJA W MONACHIUM – SIEDZIBA ADAC

Pierwsze prace fundamentowe zostały wykonane w kwietniu 2007 roku, rozpoczynając tym samym realizację projektu berlińskich architektów Sauerbruch Hutton.

W pięciopiętrowym budynku podstawowym, z dominującą ponad nim osiemnastopiętrową wieżą, znajdują się ok. 2400 stanowiska pracy, sale przeznaczone na szkolenia, konferencje oraz przyjęcia, kawiarnię, centrum informatyczne, drukarnię oraz inne powierzchnie logistyczne, a także 1000 miejsc parkingowych.

Wieża o wysokości 90 metrów jest widoczna z daleka i odznacza się przede wszystkim mozaiką złożoną z 1100 elementów elewacyjnych w 22 różnych odcieniach koloru żółtego i pomarańczowego, pokrywającą ok. 30 000 m² szklanej elewacji.

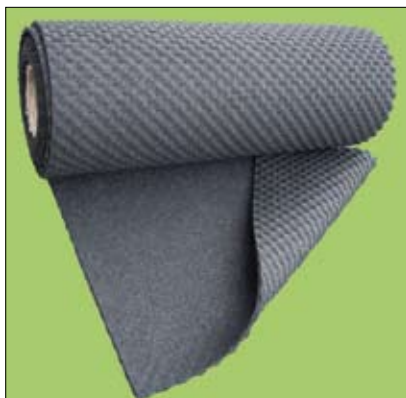
Nowa siedziba ADAC w Monachium oferuje nie tylko ciekawą architekturę, ale zapewnia również wysoką jakość środowiskową. System centralnego ogrzewania jest podłączony do około 1500 m² paneli fotowoltaicznych, zamontowanych na płaskim dachu budynku podstawowego.

Ponadto, gruntowy wymiennik ciepła zaspokaja około 20% zapotrzebowania budynku na energię, dzięki 349 palom energetycznym sięgającym do 37 m głębokości warstwy wodonośnej. Do tego, podwójnie przeszklona fasada z żaluzjami od wewnątrz

chroni budynek przed słońcem i zapobiega gromadzeniu się ciepła. Wszystkie te elementy przyczyniają się do znaczącego zmniejszenia emisji CO₂.

W budynku podjęto również specyficzne starania w celu zmniejszenia hałasu oraz wibracji wytwarzanych przez drukarnię. Mieści się ona na parterze i drukuje mapy

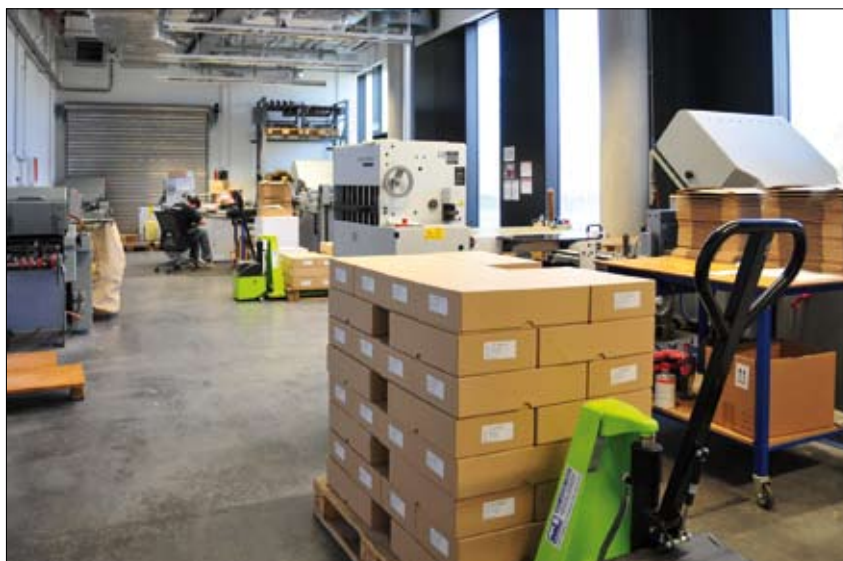




drogowe, ulotki i wszelkiego rodzaju oferty handlowe. W tym celu wyposażono ją w różnych rozmiarów maszyny drukarskie i krawalnice.

Konieczne było więc uwzględnienie izolacji minimalizującej drgania powietrza i struktury. Hałas wytwarzany przez maszyny drukarskie może się roznosić wzdłuż konstrukcji budynku i negatywnie wpływać na warunki pracy w biurach znajdujących się nad drukarnią. Ponadto, kumuluje się on z hałasem wywołanym przez przejeżdżające wózki podnośnikowe, używane do przewożenia bardzo ciężkich ładunków papieru. Wszystko to miało wpływ na zaostrożenie wymagań w zakresie zaprojektowania podłoża i nie można było poprzestać na zwykłym oddzieleniu podstawy maszyn drukarskich za pomocą izolacji akustycznej.

Tak więc, aby wyizolować hałas struktury powodowany ruchem wózków podnośnikowych, wykorzystano rozwiązanie polegające na wylaniu warstwy izolującej nie bezpośrednio na podłoże z betonu, ale na taśmy warstwy izolującej Regupol® BA. Taśmy te, wiązane poliuretanem włókien gumowych, grubości jedynie 17 mm charakteryzują się współczynnikiem tłumienia hałasu 26 dB i dopuszczalnym obciążeniem 5000 kg/m². Tym samym stanowiły one idealne rozwiązanie dla drukarni ADAC. Kolejną ich zaletą jest bardzo niska ściśliwość oraz wysoka zdolność odzyskiwania pierwotnego kształtu.



Taśmy Regupolu® BA zostały ułożone jedna obok drugiej i połączone za pomocą taśmy klejącej, a następnie pokryte warstwą polietyleny grubości 0,2 mm, która nie pozwala, aby mający porowatą strukturę Regupol® BA wchłaniał beton warstwy izolującej. W tym przypadku widoczne są dwa podstawowe zastosowania produktów Regupol®. Pierwszym jest izolacja całych powierzchni podłogowych, a kolejnym aktywna izolacja wibracyjna podstawy maszyn drukarskich.

Podstawowe właściwości taśm Regupol® BA:

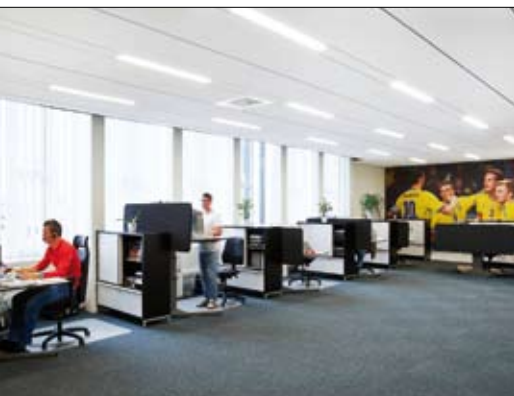
- postać handlowa: rolka
- materiał: włókna gumowe wiązane poliuretanem
- wymiary: 10 000x1250x17 mm
- zakres temperatury: od +20°C do +80°C
- poziom redukcji hałasu: 26 dB
- ściśliwość: 2,0 mm
- dopuszczalne obciążenie: 5000 kg/m²
- klasyfikacja ogniowa: B 2, klasa E. ■

BSW Berleburger Schaumstoffwerk GmbH ► Am Hilgenacker 24

► 57319 Bad Berleburg, Niemcy ► Kontakt w Polsce: Przemysław Macioszek

► tel. 660 506 696 ► www.bsw-wibroakustyka.pl ► biuro@regupol.pl





▲ W biurach typu open space warto zwrócić uwagę na tłumienie dźwięków mowy i zastosować sufit akustyczny Ecophon Focus™ Lp ($\alpha_w = 0,90$; wskaźnik prywatności wynosi AC = 180).

Magda Szubert
Ecophon

Istotnym elementem decydującym o funkcjonalności biura jest akustyka. Wymagania stawiane poszczególnym pomieszczeniom biurowym są różne, tak jak czynności, które są tam wykonywane. Kolejną kwestią jest pogodzenie rozwiązań technicznych, zapewniających dobrą akustykę z nowymi technologiami, takimi jak systemy chłodząco-grzewcze TABS (Thermally Activated Building System).

AKUSTYKA BIUR – PROJEKTOWANIE Z MYŚLĄ O FUNKCJI

Biura wielkoprzestrzenne – poziom natężenia i zasięg dźwięku

Istotnym elementem biur typu open space jest akustyka, która może przesądzić o tym, czy przestrzeń będzie funkcjonalna i akceptowana przez pracowników oraz jak będzie wpływać na ich samopoczucie i efektywność. Uciążliwość związaną z hałasem w tego typu miejscach najłatwiej wyeliminować na etapie projektowania.

Materiały dźwiękochłonne na suficie i ścianach

Pomieszczenia wykończone twardymi materiałami typu beton, szkło itp. charakteryzują się niską chłonnością akustyczną i wielokrotnym odbiciem fal dźwiękowych od tych powierzchni, powodując wzmocnienie dźwięku oraz jego większy zasięg. Według badań laboratoryjnych pomieszczenie wykończone twardymi materiałami może wzmocnić dźwięk o 10 dB. W subiektywnym odbiorze oznacza to, że pomieszczenie jest dwa razy głośniejsze.

Według badań prowadzonych w 2013 roku wśród użytkowników biur*, to właśnie hałas jest najczęściej wskazywanym problemem. Najbardziej przeszkadzają odgłosy rozmów osób pracujących w tym samym miejscu. Jeśli pomieszczenie wzmocnia dźwięk, powstaje wysoki poziom tła akustycznego i pracownicy mimowolnie mówią głośniejsze. W konsekwencji większej liczbie osób przeszkadza to w pracy.

Zastosowanie sufitu akustycznego o wysokich parametrach pochłaniania dźwięku ($\alpha_w > 0,9$) pozwala ograniczyć propagację dźwięku i zapewnić prywatność przy większych odległościach (> 8-9 m), gwarantując jednocześnie dobrą komunikację pracownikom siedzącym blisko siebie. Ważnym parametrem materiału jest wskaźnik prywatności (AC, skrót od angielskiej nazwy Articulation Class), który wskazuje w jakim stopniu sufit zapewnia tłumienie dźwięków mowy między stanowiskami pracy. Jest on badany w pomieszczeniu o nierozproszonej akustyce, a więc takim, jaki rzeczywistość występuje w biurach.

Do biur typu open space rekomendowany jest materiał dźwiękochłonny o wskaźniku prywatności AC ≥ 180 .

Aby uzyskać wystarczającą chłonność akustyczną pomieszczenia, należy całą powierzchnię sufitu pokryć materiałem silnie dźwiękochłonnym. Jest to kluczowe zwłaszcza w biurach typu call center.

W przypadku, gdy dwie przeciwległe ściany wykończone są twardym materiałem, na jednej z nich należy zastosować panele ściennie w formie pojedynczych ekranów lub pasów. Panele te eliminują poziome odbicia dźwięku, które nie mogą być wychwycone przez sufit podwieszany. Ponadto, bardziej równomierne rozłożenie materiałów dźwiękochłonnych na suficie i części ścian, daje w praktyce najlepsze efekty.

Ekran międzystanowiskowe

Celem ekranów jest ograniczenie zasięgu dźwięku i zapewnienie prywatności rozmów między poszczególnymi stanowiskami lub ich grupami. Aby ich działanie było skuteczne, powinny być pokryte materiałem silnie dźwiękochłonnym do wysokości

* S. Altomonte, S. Schiavon, *Occupant satisfaction in LEED and non-LEED certified buildings*, 2013; Proceedings: Indoor Air 2005, K.L. Jensen, E. Arens, L. Zagreus, *Acoustical quality in office workstations, as assessed by occupant surveys*

min. 120 cm, czyli do poziomu ust osoby siedzącej. Wysokość całkowita ekranów powinna wynosić powyżej 140 cm. Ekran międzystanowiskowy Ecophon Akusto Screen, to pierwsze tego typu rozwiązanie na rynku, zaprojektowane z punktu widzenia akustyki i przebadane zgodnie z ISO. Zapewniają one spadek poziomu dźwięku na stanowisku odbiorcy o 10 dB ($h = 140$ cm) i 12 dB ($h = 180$ cm). Należy jednak pamiętać, że każdy ekran międzystanowiskowy będzie nieskuteczny, jeśli sufit zostanie wykończony materiałem niedostatecznie pochłaniającym dźwięk. Fala dźwiękowa w takim przypadku odbija się od sufitu i omija ekran, docierając do osób siedzących po drugiej stronie.

Rozmieszczenie stanowisk pracy i aranżacja pokoi cichej pracy

Stanowiska pracy osób najczęściej ze sobą współpracujących należy rozmieścić w niewielkiej odległości (< 3 m), tak aby między członkami zespołów zapewniona była dobra zrozumiałość mowy bez konieczności podnoszenia głosu. Zespoły nie powinny też przeszkadzać sobie nawzajem, dlatego poszczególne grupy stanowisk powinny

Panelle ścienne eliminują poziome odbicie dźwięku, poprawiając komfort mowy: Ecophon Akusto Wall Muralis ($\alpha_w = 0,95$), sufit Ecophon Focus Dg ($\alpha_w = 0,90$).

znajdować się w większej odległości od siebie i być oddzielone wysokimi (ok. 180 cm) ekranami o właściwościach dźwiękochłonnych lub szafami z otwartymi półkami. Istotne jest także wydzielenie pokoi cichej pracy, które mogą również służyć do indywidualnych telekonferencji.

Pokoje spotkań – zrozumiałość mowy

Największą bolączką sal konferencyjnych są poziome odbicia dźwięku od przeciwnych ścian lub okien i ściany. Fale dźwiękowe krążą między nimi, znacznie obniżając zrozumiałość mowy. W celu wyeliminowania ich negatywnego wpływu należy stosować na ścianie tylnej i jednej z podłużnych dźwiękochłonne panele ścienne. Mogą one zajmować całą wysokość ściany, bądź też tworzyć na niej ekrany rozmieszczone na wysokości osób mówiących. Aby podwyższyć chłonność akustyczną pomieszczenia i zmniejszyć pogłos należy zastosować sufit dźwiękochłonny ($\alpha_w > 0,9$). W większych salach konferencyjnych, o powierzchni powyżej 50 m², nad stanowiskiem prowadzącego prezentację montuje się pas płyt odbijających dźwięk w zakresie średnich i wysokich częstotliwości. Pozwala to na wzmocnienie głosu prelegenta tak, aby był



styszalny w tylnej strefie sali bez konieczności stosowania nagłośnienia.

Stropy chłodząco-grzewcze a akustyka biur

Wykorzystanie masy termicznej w żelbetonowych stropach do kontroli temperatury lub wprowadzenie w nich instalacji chłodząco-grzewczych (TABS), uniemożliwia zastosowanie pełnych sufitów akustycznych, a odkryty strop odbija dźwięk. W takich przypadkach zaleca się stosowanie wolnowiszących wysp akustycznych lub baffli, które mają niewielki wpływ na efekt chłodzenia/grzania. Przy pokryciu 50% powierzchni stropu różnica w temperaturze wynosi 0,3°C. W celu uzyskania dalszej poprawy akustyki, warto zastosować także panele ścienne.

Korzyści

Optymalną akustykę pomieszczeń biurowych można osiągnąć na wiele sposobów. Najczęściej nie jest to kwestia budżetu, ale inicjatywy i wiedzy. Zastosowanie odpowiednich rozwiązań technicznych zwiększa funkcjonalność przestrzeni i podnosi komfort, co przekłada się na efektywność i lepsze samopoczucie użytkowników. ■



▲ W budynkach ze stropami TABS pokrycie 50% powierzchni sufitu absorberami Ecophon Solo Baffle znacząco poprawia akustykę wnętrza, bez zakłócania działania systemu chłodząco-grzewczego.

ECOPHON, SAINT-GOBAIN CONSTRUCTION PRODUCTS POLSKA Sp. z o.o.

► ul. Cybernetyki 9 ► 02-677 Warszawa ► tel. 22 567 14 83 ► faks 22 567 15 28
► www.ecophon.com ► info.ecophon@saint-gobain.com

Ecophon[®]
SAINT-GOBAIN
A SOUND EFFECT ON PEOPLE



Mikołaj Jarosz
Ecophon

Szkoły są niewątpliwie najgłośniejszymi budynkami użyteczności publicznej. Hałas panujący na korytarzach i stołówkach jest porównywalny z poziomem natężenia dźwięku w przemyśle czy lotnictwie. Na podstawie ankiet przeprowadzanych wśród nauczycieli szkół podstawowych wynika, że hałas jest najczęściej wskazywaną fizyczną uciążliwością w ich pracy.

KOMFORT AKUSTYCZNY W SZKOŁACH

Hałas w szkołach

Źródłem największej dokuczliwości w szkołach nie jest hałas przenikający do pomieszczeń z zewnątrz (np. hałas komunikacyjny) lecz ten, który jest związany z aktywnością uczniów. Jest on szczególnie wysoki w czasie rekreacji, zajęć ruchowych, czy też pracy w grupach. Uczniowie wówczas korzystają w pełni z możliwości nieskrępowanej, czasami bardzo ekspresywnej wypowiedzi. Na korytarzach w szkołach podstawowych, w czasie przerw, równoważny poziom dźwięku (średni energetycznie poziom dla

całej przerwy) zwykle osiąga 85 dB(A), chociaż zdarzają się szkoły, gdzie znacznie przekracza 90 dB(A). Niewiele ciszej jest w świetlicach czy stołówkach szkolnych, gdzie w czasie wydawania posiłków równoważny poziom dźwięku oscyluje wokół 80 dB(A). Podobne poziomy występują w czasie zajęć wychowania fizycznego prowadzonych w salach sportowych (w szczególności w czasie gier zespołowych). Również sale lekcyjne potrafią być głośne. Mierzony w nich poziom dźwięku zależy od wieku uczniów, liczności klas i charakteru zajęć. Podczas prac klaso-

wych jest to 55 dB(A), w czasie wykładu 60-65 dB(A) (poziom tła akustycznego, bez uwzględnienia głosu nauczyciela), a w przypadku pracy w grupach, kiedy uczniowie mogą ze sobą swobodnie dyskutować poziom hałasu rośnie do ponad 75 dB(A). Wprowadzie hałas jest tutaj nieporównanie niższy niż w przypadku opisywanych powyżej pomieszczeń, jednak specyfika prowadzonych zajęć (wymagających skupienia, dobrego rozumienia i zapamiętywania przekazu słownego itp.) sprawia, że nawet poziom 65 dB(A) jest uciążliwy.

Sala lekcyjna. ►

Dźwiękochłonny sufit podwieszany Master Rigid ($\alpha_w = 0,95$) na całej powierzchni sali oraz panele dźwiękochłonne Akusto Wall Texona ($\alpha_w = 0,95$) na tylnej ścianie. Panele ściennie zwiększają chłonność akustyczną pomieszczenia oraz ograniczają poziome odbicia dźwięku. Ma to istotne znaczenie dla osłabienia pogłosu i ograniczenia zjawiska tzw. trzepoczącego echa.





◀ Sala przedszkolna.

Sufit dźwiękochłonny Ecophon Focus™ Lp zamontowany na całej powierzchni pomieszczenia. Elementy wyposażenia i umeblowania zapewniają dodatkową chłonność akustyczną oraz rozproszenie dźwięku.



▲ Sala do gimnastyki korekcyjnej.

Na suficie zamontowano wolnowiszące panele dźwiękochłonne Ecophon Solo, a na ścianach – panele ściennie o zwiększonej odporności na uderzenia Akusto Wall SuperG ($\alpha_w = 0,95$). Montaż paneli ściennych jest szczególnie pożądany w przypadku wysokich pomieszczeń.

Rozwiązania techniczne

Chociaż dominującym źródłem hałasu w szkołach są oczywiście uczniowie, to swój udział mają też same pomieszczenia i ich umeblowanie. Twarde wykończenie wnętrza (tynk, twarde zmywalne podłogi, szyby) powoduje, że wytwarzany w nich dźwięk ulega wielokrotnym odbiciom i tym samym wzmocnieniu.

Wprowadzając do sal materiały dźwiękochłonne zwiększamy ich chłonność akustyczną, a tym samym znacząco redukujemy

odbicia fal dźwiękowych. Na przykład: powierzchnia pokryta zwykłym tynkiem cementowo-wapiennym lub wykładziną PVC odbija ponad 95% energii padającej na nią fali akustycznej, a dźwiękochłonne panele ściennie czy sufity podwieszane Ecophon tylko około 5% (współczynnik pochłaniania dźwięku $\alpha_w = 0,95$). Redukcja odbić pociąga za sobą obniżenie hałasu, a to z kolei sprawia, że uczniowie odruchowo i nieświadomie, zaczynają się ciszej zachowywać. Odpowiednia adaptacja akustyczna pozwala na obniżenie poziomu hałasu (w pomieszczeniach, gdzie jego głównym źródłem są ludzie) nawet o kilkanaście decybeli. Odczuwalna różnica może być ogromna, ponieważ zwykle zmniejszenie poziomu dźwięku o 8-10 dB odbierane jest subiektywnie jako dwukrotne zmniejszenie głośności. Zwiększenie chłonności akustycznej prowadzi także do znacznego ograniczenia pogłosu, co z kolei przekłada się na lepszą zrozumiałość mowy (naturalnej i wzmocnionej elektroakustycznie).

Właściwe wykończenie wnętrza w szkołach pozwala nie tylko na ograniczenie hałasu, ale także ograniczenie jego zasięgu oraz poprawienie zrozumiałości mowy. Poprawna akustyka wnętrza w obiektach szkolnych, to sprawa nie tylko komfortu użytkowników, ale przede wszystkim funkcjonalności tych pomieszczeń.



▲ Hol szkolny.

Na całej powierzchni sufit znajdują się panele Master Matrix ($\alpha_w = 0,95$). Na ścianach nietynkowane cegły i wiszące szafki – elementy te rozpraszają dźwięk, pozwalając lepiej wykorzystać własności dźwiękochłonne sufitu.

Wkrótce przydatnym dla inwestorów i użytkowników budynków oświatowych dokumentem odniesienia będzie norma PN-B-02151-4 (planowana publikacja w listopadzie 2014 r.), formułująca wymagania odnośnie akustyki wnętrza, m.in. w budynkach szkół i przedszkoli. ■

ECOPHON, SAINT-GOBAIN CONSTRUCTION PRODUCTS POLSKA Sp. z o.o.

► ul. Cybernetyki 9 ► 02-677 Warszawa ► tel. 22 567 14 83 ► faks 22 567 15 28
► www.ecophon.com ► info.ecophon@saint-gobain.com

Ecophon®
SAINT-GOBAIN
A SOUND EFFECT ON PEOPLE

EC Test Systems Sp. z o.o.

ul. Lublańska 34, 31-476 Kraków
tel. +48 12 627 77 77, fax +48 12 627 77 70
e-mail: biuro@ects.pl

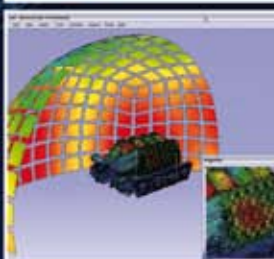
www.ects.pl

EC Test Systems Sp. z o.o. zajmuje się dostarczaniem rozwiązań pomiarowych, diagnostycznych oraz symulacyjnych z zakresu drgań i akustyki. Jesteśmy wyłącznym przedstawicielem na terenie Polski światowych liderów tej branży. Reprezentujemy firmy z których doświadczeń korzystają największe koncerny motoryzacyjne, lotnicze i zbrojeniowe oraz inne przedsiębiorstwa działające w pozostałych gałęziach przemysłu. Ofertę uzupełniają zaawansowane systemy wizyjne i termowizyjne.

Naszemu klientom dostarczamy kompleksowe rozwiązania w zakresie pomiarów procesów szybkozmiennych, takich jak eksplozje, ruchy obiektów z bardzo dużą prędkością, drżania, deformacje uderzeniowe, dynamika płynów itp. Dostarczamy zintegrowane systemy badawczo-rozwojowe do analiz termalnych (badanie naprężeń, wibrotermografia, termografia impulsowa i lockin) oraz rozwiązania do realizacji testów zmęczeniowych.

W ofercie posiadamy również systemy do pomiarów akustyki budowlanej, skanery 3D oraz oprogramowanie symulacyjne.

Dostarczając najnowsze rozwiązania znajdujące się obecnie na rynku pomagamy uruchamiać nawet najbardziej zaawansowane stanowiska badawczo-rozwojowe.



OFERTA:

Czujniki

do pomiarów odkształceń, przemieszczeń, drgań, ciśnienia, siły, temperatury, żyroskopów, pirometry

Pomiary akustyczne

mikrofony pomiarowe, przedwzmacniacze, kalibratory, czujniki prędkości cząstek, analizatory dźwięku, źródła dźwięku i wzmacniacze, rury impedancyjne

Testy wibracyjne

maszyny do testów uderowych, wzbudniki modalne i wzbudniki elektrodynamiczne, kalibratory drgań i systemy kalibracji

Termowizja i NDT

kamery termowizyjne, systemy do wykrywania gazu, automatyzacja i monitorowanie w podczerwieni, termowizyjne badania nieniszczące, kamery do obrazowania ultradźwiękowego, szeregofotografia, systemy kontroli jakości powierzchni

Systemy pomiarowe

wielokanałowe laboratoryjne i przenośne systemy pomiarowe, ultraszybkie rejestratory, skanery optyczne 3D, wibrometry laserowe skanujące 1D i 3D (beztakowe pomiary drgań w przestrzeni 3D), systemy badań mikrostruktur

Beztakowa analiza ruchu

kamery szybkie do pomiaru przemieszczeń, prędkości i przyspieszeń liniowych oraz kątowych poprzez analizę informacji wizyjnej, laserowe oświetlenie impulsowe, analiza ruchu człowieka w przestrzeni

Oprogramowanie

do pomiarów i złożonych analiz wibroakustycznych, symulacje konstrukcji mechanicznych w zakresie wytrzymałości, hałasu, drgań, dynamiki, oprogramowanie do symulacji układów mechatronicznych, oprogramowanie do analiz on-line i off-line, proces modelowania oraz optymalizacji, nieliniowe analizy dynamiczne

Telemetria

systemy telemetryczne





Człowiek codziennie jest narażony na hałas pochodzący z różnych źródeł. Silne, częste oraz pojawiające się w niestosownym momencie dźwięki są niekorzystne dla naszego organizmu. Z tego powodu koniecznym warunkiem ochrony ludzkiego zdrowia jest przestrzeganie norm i wymagań, dotyczących izolacji akustycznej poszczególnych pomieszczeń oraz całych budynków.

SYSTEMY PODŁOGOWE GWARANTUJĄCE CISZĘ

Izolacyjność akustyczna w budownictwie opartym na systemach suchej zabudowy Fermacell jest znacznie wyższa w porównaniu z klasycznymi technologiami. W przypadku budynków murowanych, poziom wytłumienia dźwięków pomieszczeń rośnie wraz z masą przegród budowlanych. Natomiast systemy suchej zabudowy zyskują bardzo dobre właściwości akustyczne nie dzięki swej masie, ale dzięki składnikom, z których są wytwarzane. Ściany montowane z płyt gipsowo-włóknowych mają znacznie wyższe parametry izolacji akustycznej niż konstrukcje z płyt gipsowo-kartonowych. Jednowarstwowa ściana działowa z płyt Fermacell ma lepsze właściwości akustyczne niż dwuwarstwowa gipsowo-kartonowa ściana działowa.

Dobre właściwości płyt Fermacell są spowodowane ich homogenicznością – włókna w połączeniu z gipsem dają mocne wiązanie (podobnie jak stalowe pręty w żelbecie). Materiał jest bardziej wytrzymały, ma wyższą masę objętościową i dzięki temu również lepsze właściwości akustyczne. Płyty wykorzystywane są przy budowie ścian wewnętrznych i zewnętrznych, wykonywaniu sufitów podwieszanych, zabudowie poddaszy oraz stosowane jako suchy jastrych na stropach drewnianych i monolitycznych.

Cicha podłoga – Fermacell Silentio

System podłogowy Fermacell Silentio to sucha technologia, polecana do drewnianych stropów belkowych. Jego głównym zadaniem jest zwiększenie izolacji akustycznej poprzez optymalne wytłumienie odgłosu kroków. W zależności od struktury konstrukcji, system może wyciszyć odgłosy stropowe nawet o 34 dB. Charakteryzuje się minimalną grubością (niepełna 3 cm) oraz łatwym sposobem montażu – jest układany bezpośrednio na deskach lub płytach stropowych.

Nowy system rozwiązuje problemy akustyki i oferuje optymalną i ekonomiczną konstrukcję drewnianych stropów belkowych. Dodatkowo poprawia izolacyjność cieplną przegrody. W skład Fermacell Silentio wchodzi cztery komponenty:

- element konstrukcyjny podłóg Fermacell 2 E 16 (2 x 10 mm płyta gipsowo-włóknowa + 9 mm izolacja filcowa)
- element wytłumiający Fermacell Silentio
- profil akustyczny (do zwiększenia izolacji akustycznej stropu)
- płyty gipsowo-włóknowe z krawędzią frezowaną TB.

System Fermacell Silentio swoje dobre parametry akustyczne zawdzięcza odpowiedniej kombinacji materiałów. Podstawą roz-

wiązania jest naprzemienne ułożenie warstw ciężkiej i lekkiej (warstwy o różnej gęstości objętościowej), zastosowanie warstw elastycznych, precyzyjne wykonanie połączeń i szczelin dylatacyjnych oraz proste połączenie z pozostałymi elementami konstrukcyjnymi, co ogranicza przenoszenie dźwięku przez posadzkę w kierunkach bocznych. Fermacell Silentio to rozwiązanie, które w jednym systemie zagwarantuje wyciszenie konstrukcji podłogi oraz sufitu.

Mata wygłuszająca – plaster miodu

Innym sposobem wygłuszenia stropu jest system izolacji akustycznej oparty na teksturowej macie o strukturze plastra miodu. Rozwiązanie polecane jest głównie do stropów z belek drewnianych.

Podłogowa mata wygłuszająca (tzw. plaster miodu) Fermacell grubości 30 lub 60 mm układana jest na całej powierzchni nośnej stropu, a następnie wypełniana specjalnym kruszywem. Dzięki temu rozwiązaniu zasadniczo obniżone zostaje rozprzestrzenianie się dźwięku. Na wypełnione kruszywem maty układany jest element podłogowy Fermacell z izolacją z płyty pilśniowej lub z wełny mineralnej, co uzupełnia tę konstrukcję. Całe rozwiązanie znacznie ogranicza przenoszenie dźwięków uderzeniowych. ■

FERMACELL Systemy suchej zabudowy

► ul. Migdałowa 4 ► 02-796 Warszawa ► tel. 22 645 13 38 (39) ► faks 22 645 15 59
► www.fermacell.pl ► www.budowaniedoskonale.pl ► fermacell-pl@xella.com



GETZNER Werkstoffe GmbH



O firmie

Spółka Getzner Werkstoffe GmbH specjalizuje się w dziedzinie izolacji przeciwwibracyjnych dla kolejnictwa, przemysłu i budownictwa. Od 1975 r. produkuje materiały do tłumienia i izolacji drgań. Firma jest twórcą najnowocześniejszych materiałów, takich jak Sylomer® i Sylodyn®. Stosuje się je w nawierzchniach kolejowych, w elastycznym podparciu budynków i maszyn oraz jako elementy konstrukcyjne.

Spółka Getzner Werkstoffe, oprócz zakładów w Bürs, Grünwald k. Monachium i w Berlinie, ma oddziały w Japonii, Chinach, Jordanii i Indiach. Gęstą sieć dystrybucyjną w Europie uzupełniają partnerzy w USA, Ameryce Południowej i na Dalekim Wschodzie. Firma ma swoich przedstawicieli w 35 krajach, którzy zapewniają sprzedaż produktów na całym świecie.

Reinicke Germany to marka należąca do firmy Getzner, która od ponad 40 lat opracowuje i wytwarza wysokorozwinięte rozwiązania antywibracyjne stosowane przy technicznym wyposażeniu budynków, jak również w innych dziedzinach przemysłu.

Reinicke jest jednym z liderów na rynku izolacji od drgań w branży HVAC Equipment w budynkach użyteczności publicznej, takich jak szpitale, szkoły, sale koncertowe, teatry itp.

Firma projektuje, wycenia i wykonuje elementy Isotop® ze stalowymi sprężynami o częstotliwości dstrojczej do 2 Hz i rozwiązania specjalne do optymalnej ochrony przed drganiami przy niskich częstotliwościach wzbudzających.

Produkty Reinicke Isotop® są trwałe, o wysokiej jakości i niezawodne. Wszystkie produkowane są w Niemczech.

Sylomer® – elastomer poliuretanowy

Sylomer® to specjalny elastomer poliuretanowy o porowatej i zwartej strukturze. Ma wiele obszarów zastosowań w technice budowlanej i konstrukcji maszyn. Najczęściej stosowany jest w postaci włókien, które poddawane są obciążeniom ściskającym.

Produkowany jest jako ciągły materiał rolowany i dlatego może być stosowany głównie jako elastyczna warstwa o dużej powierzchni. Standardowy typoszereg obejmuje produkty o zakresie obciążeń statycznych od 0,011 do 1,200 N/mm². Do specjalistycznych zastosowań produkowane są szczególne typy Sylomeru® o odpowiedniej gęstości i usieciowaniu. Struktura o niewielkich porach zapewnia konieczną wielkość odkształcenia w przypadku obciążeń statycznych i dynamicznych. Dzięki temu można uzyskać elastyczne maty podkładowe, przenoszące obciążenia na całej



▲ Sylomer



GETZNER Werkstoffe GmbH

Herrenau 5

6706 Bürs, Austria

Kontakt w Polsce: Mariusz Czynciel

tel. +48 606 704 049

www.getzner.com

mariusz.czynciel@getzner.com

powierzchni. Szczególnie w budownictwie przynosi to duże korzyści konstrukcyjne i ekonomiczne.

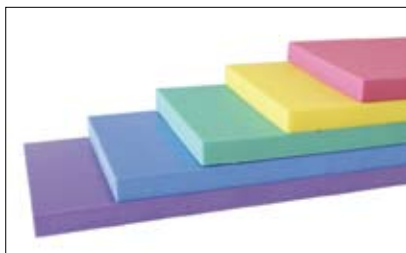
Przykłady zastosowania:

- obciążalne sprężyny do izolowania od drgań w branży budownictwa, kolejnictwa i budowie maszyn
- systemy masa/sprężyna, maty podnasykowe, łożyska podpokładnicowe, podkładki podtorowe
- pełnopoверхnieniowe i punktowe łożyskowanie budynków
- izolacja od dźwięków uderzeniowych
- izolowanie podestów i biegów schodowych
- izolowanie od drgań fundamentów i maszyn
- elastyczne komponenty wałków transportowych i pasów transmisyjnych
- elastyczne płyty dociskowe
- wysokoelastyczne uszczelki.

Sylodyn® – elastomer poliuretanowy

Sylodyn® jest elastomerem z zamkniętymi komórkami, które nie nasiąkają wodą. Tworzywo poliuretanowe w elastycznej powłoce ma podstawowe zastosowanie w lokalnym i dalekobieżnym transporcie kolejowym. Służy również jako izolacja przed hałasem kroków przy wykonaniu podłóg i schodów, w podparciu budynków, maszyn, izolacji akustycznej pomiędzy ścianami, podłogami i stropami. W przypadku szczególnych wymagań możliwa jest również modyfikacja właściwości materiału.

Sylodyn® ma podobne zastosowanie jak Sylomer®.



▲ Sylodyn®



▲ Sylomer® FR



▲ Sylomer® FR

Sylomer® – zwiększone tłumienie

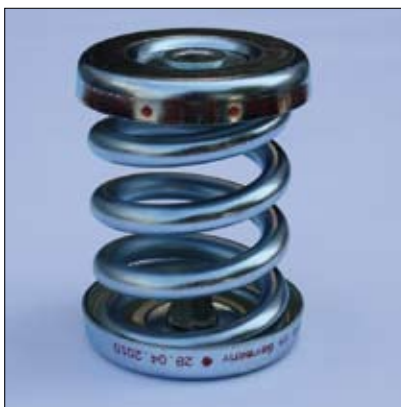
Materiał tłumiący o specjalnych właściwościach pochłaniających energię. Charakteryzuje się mieszaną strukturą komórek, wysokim tłumieniem wewnętrznym. Współczynnik strat mechanicznych na poziomie 0,35-0,55. Wykorzystywany do absorpcji gwałtownych (szokowych) obciążeń, jako element współpracujący ze sprężynami, tłumiący uderzenia, pochłaniający energię uderu.

Sylomer® FR – nierozprzestrzeniający ognia

Elastomer poliuretanowy łączący w sobie właściwości sprężynowania i tłumienia. Jest trudno zapalnym tworzywem o mieszanej strukturze komórek. Typoszeręg obejmuje materiały o zakresie zastosowań ze względu na obciążenie od 0,028 do 0,11 N/mm². Jest wolny od halogenowych środków przeciwzapalnych. Stosowany np. jako elastyczna dytacja podłóg wagonowych, warstwa rozdzielająca kadłub wewnętrzny od zewnętrznego w budownictwie jachtowym.

Izolatory sprężynowe Isotop® MSN, SD, KTL

Wibroizolatory Isotop® MSN składają się z dwóch podstaw talerzowych z gwintem wewnętrznym M8 (MSN) lub M10 (SD) oraz cylindrycznej sprężyny śrubowej (wg normy DIN EN 13906-1:2001, tolerancje wg DIN 20950). Podstawy talerzowe są trwale połączone ze sprężyną śrubową przy użyciu specjalnego dwuskładnikowego komponentu. Mogą być zabezpieczone przed korozją przez cynkowanie



▲ Isotop® MSN, SD, KTL



▲ Isotop® DSD

▼ Tab. 1. Najważniejsze parametry techniczne Sylodyn® i Sylomer®

Nazwa	Sylodyn®	Sylomer®
Typ	NB, NC, ND, NE, NF	SR 11, SR 18, SR 28, SR 42, SR 55, SR 110, SR 220, SR 450, SR 850, SR 1200
Materiał	elastomer poliuretanowy o zamkniętych komórkach	różnokomórkowy elastomer poliuretanowy
Kolor	czerwony, żółty, zielony, niebieski, fioletowy	żółty, pomarańczowy, niebieski, różowy, zielony, brązowy, czerwony, popielaty, turkus, fioletowy
Wymiary (dł./szer.)	5000/1500 mm	
Grubość	12, 25 mm	
Obciążenie	0,75-7,00 N/mm ² (trwałe); 2,00-8,00 N/mm ² (szczytowe)	0,0011-1,20 N/mm ² (nacisk statyczny); 0,5-6,0 N/mm ² (nacisk szczytowy)
Współczynnik strat mechanicznych η	0,07-0,10	0,09-0,25
Moduł sprężystości	0,13-0,80 N/mm ² (statyczny); 0,18-11,80 N/mm ² (dynamiczny)	0,03-0,90 N/mm ² (statyczny); 0,10-1,60 N/mm ² (dynamiczny)

Izolatory sprężynowe Isotop® DSD

Wibroizolator złożony z dwóch podstaw talerzowych z gwintem wewnętrznym M10, oraz cylindrycznej sprężyny śrubowej (wg normy DIN EN 13906-1:2001).

Elementy te zabezpieczone są przed korozją przez katodowe lakierowanie zanurzeniowe (KTL).

Wewnątrz umieszczony jest rdzeń tłumiący, wykonany ze specjalnego materiału – Sylomer® HD, dokładnie dobranego do charakterystyki sprężyny. Materiał ten jest stale elastyczny i bardzo trwały.

Wibroizolatory Isotop® DSD stosowane są do posadawiania maszyn generujących siły dynamiczne również o niskich częstotliwościach, takich jak: zablokowane agregaty grzewczo-zasilające, sprężarki, maszyny wirujące, silniki, turbiny, urządzenia przenośne, agregaty prądotwórcze, wirówki, pompy, stoły pomiarowe, płyty kontrolne, wagi, stoły wibracyjne, transportery, taśmociągi.

Wibroizolatory blokowe Isotop® MSN-BL, BL, DSD-BL

Wibroizolatory MSN-BL stosowane są przy niewielkich obciążeniach i ograniczonej wysokości zabudowy, BL przeznaczone są do dużych obciążeń, natomiast DSD-BL – do dużych obciążeń, gdzie wymagane jest tłumienie. Składają się z dwóch płyt stalowych z zamontowanymi między nimi elementami sprężynowymi. Dostępne są bloki 2-, 4-, 6- i 9-elementowe. Liczba elementów sprężynowych zależy od obciążenia. Odnaczają się one wysoką odpornością na działanie korozji. W zależności od obciążenia charakteryzują się następującą częstotliwością drgań własnych: Isotop® MSN-BL $\geq 3,2$ Hz, Isotop® BL $\geq 3,0$ Hz, Isotop® DSD-BL = 4-6 Hz.



▲ Isotop® DSD-BL

Wibroizolatory rozciągliwe Isotop® MSN-Z, SD-Z

Składają się z wibroizolatora sprężynowego, obudowy w kształcie prostokątnej ramki, dwóch łączników gwintowanych (nakrętek) dla śruby szpilkowej: MSN-Z z gwintem łączącym M8, SD-Z z gwintem M10 (dostępne również z wkładem tłumiącym). Wibroizolatory podwieszane mają częstotliwość drgań własnych od ok. 3,0 Hz (przy obciążeniu nominalnym) i są stosowane jako: elementy zawieszenia w sufitach i konstrukcjach stalowych, izolacja podwieszonych wentylatorów, klimatyzatorów, rurociągów oraz do izolacji czułych urządzeń elektronicznych w chłodziarkach, klimatyzatorach, rurociągach i innych urządzeniach podwieszonych, a także do wibroizolacji wszelkiego rodzaju maszyn.



▲ Isotop® MSN-Z, SD-Z

Wibroizolatory ściskająco-rozciągliwe Isotop® DZE, DZE-BL

Isotop® DZE jest wieloczęściowym wibroizolatorem wykonanym ze stali nierdzewnej i dwóch różnych materiałów sprężysto-tłumiących: Sylodyn® i Sylomer®.

Isotop® DZE-BL jest blokiem składającym się z dwóch płyt z zamocowanymi między nimi elementami Isotop® DZE.

Wibroizolatory te mogą pracować zarówno na ściskanie jak i na rozciąganie.

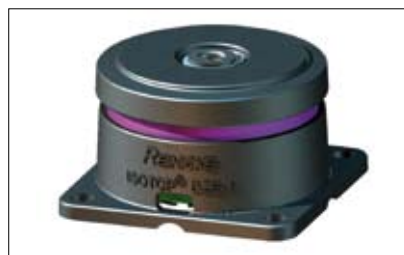
Przez właściwości sprężysto-tłumiące stanowią izolację dźwiękową i zmniejszają przenoszoną na podłoże amplitudę obciążenia dynamicznego.

Przystosowane są również do przenoszenia sił poziomych oraz obciążeń o charakterze impulsowym, spowodowanych np. podmuchami wiatru.

Dobiera się je stosownie do obciążenia i częstotliwości drgań, która przy obciążeniu nominalnym wynosi od ok. 7 Hz (dla DZE) i 7,2 Hz (dla DZE-BL)



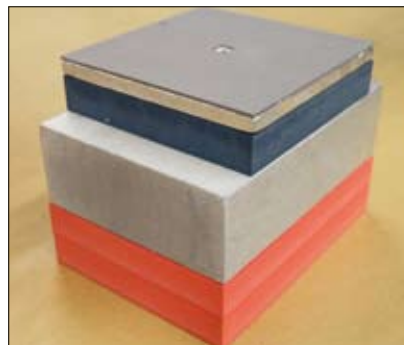
▲ Isotop® DZE-ND



▲ Isotop® DZE-NF

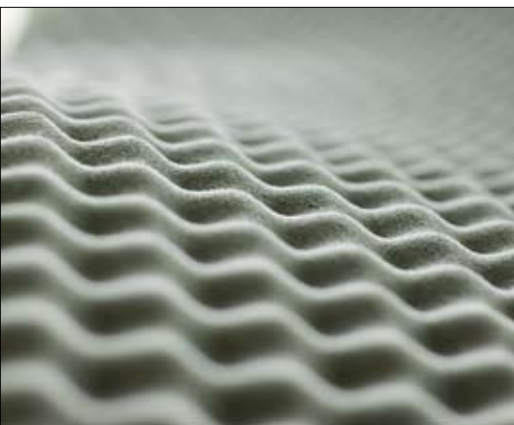
Wibroizolator warstwowy Isotop® SE

Isotop® SE jest używany do skutecznej izolacji drgań. Składa się z cynkowanej ognio-stalowej płyty nośnej (gr. 10 mm) i maks. 3 warstw Sylomer®/Sylodyn®. Ocynkowana ognio-stalowa płyta podstawy z otworami jak również warstwa antypoślizgowa, dostępne są jako opcja.



▲ Isotop® SE

Przez dobór ilości warstw, można dostroić wibroizolator do zadanej częstotliwości drgań własnych. Produkowane są w jednej wielkości i 9 grupach nośności od 50 do 3000 kg. Stosowane są do izolacji drgań: napędów wind, wyciągarek, ciężkich wentylatorów, klimatyzatorów, sprężarek, pomp tłokowych, turbin, wstrząsarek, taśmociągów, urządzeń ciepłowniczych, stołów, płyt i kabin pomiarowych, wag, różnych typów maszyn i urządzeń o uderzeniowym charakterze pracy. ■



Mariusz Czynciel
GETZNER Werkstoffe GmbH

Dźwięk – wrażenie słuchowe spowodowane falą akustyczną rozchodzącą się w ośrodku sprężystym (...).

Powyższy fragment opisuje nam zjawisko dźwięku, które może być dla nas przyjemne, bądź kojarzyć się z uciążliwym hałasem. Wiele na ten temat z pewnością mogą powiedzieć właściciele apartamentów lub użytkownicy biur, do których przez stropy dochodzą odgłosy sąsiadujących lokali.

Fachowo odgłosy te nazywamy dźwiękami uderzeniowymi.

IZOLACJE AKUSTYCZNE OD DŹWIĘKÓW UDERZENIOWYCH

Zazwyczaj przyczyną występowania takiego zjawiska są cienkie płyty stropowe zastosowane ze względów ekonomicznych, błędy w wykonaniu warstw posadzkowych spowodowane złym doбором materiałów i ich niewłaściwą zabudową.

Najskuteczniejszym sposobem zapobiegania dźwiękom uderzeniowym jest wykonanie tzw. pływającej posadzki.

Construction Mat

Z tą myślą firma Getzner opracowała grupę materiałów Construction Mat, wykonanych z różnokomorowego poliuretanu. Materiały te przy niewielkiej grubości wytrzymują duże obciążenia jednocześnie skutecznie izolując od dźwięków uderzeniowych.

Tab. 1. Dane techniczne Construction Mat

Typ	CM-ER 0725	CM-ER 1050
Wymiary (dł./szer.)	1500/750 mm	
Grubość	16/9 mm	
Maks. obciążenie stałe	25 kN/m ²	50 kN/m ²
Szywność dynamiczna	≤ 13 MN/m ³	≤ 17 MN/m ³
Izolacja akustyczna ΔL_w	≥ 33 dB	

Dwa rodzaje mat o zróżnicowanych właściwościach w pełni spełniają wymogi skutecznej ochrony akustycznej.

Podstawowe właściwości Construction Mat:

- niewielka grubość i ciężar
- skuteczne tłumienie dźwięków uderzeniowych $\Delta L_{NWP} = 33$ dB (DIN EN ISO 140-8)
- stabilność, dzięki dużej wytrzymałości na obciążenia
- łatwy montaż
- nie butwieją, odporne na wodę, oleje itp.

Maty wygłuszające znajdują zastosowanie w budownictwie mieszkalnym i biurowym, szpitalach, szkołach, uczelniach, halach produkcyjnych i magazynowych oraz w laboratoriach badawczych.

Construction Mat zostały wykorzystane np. do realizacji biurowca Warsaw Spire (obiekt w budowie) oraz fabryki firmy L'Oreal w Kaniach.

Sylomer® i Sylodyn®

Do wykonywania izolacji akustycznej posadzek wykorzystywane są również elastomery poliuretanowe z grupy Sylomer® i Sylodyn®. W przypadku, gdy od posadzki wymagane są specjalne właściwości, takie



jak tłumienie dźwięków przy zadanych częstotliwościach, izolowanie od drgań, bądź mamy do czynienia z nietypowymi warstwami podłogi, materiały tłumiące dobierane są indywidualnie na podstawie obliczeń i stosowane w formie podkładek punktowych lub pasów. Rozwiązania takie znalazły miejsce w szeregu szkół muzycznych, teatrach, studiach nagrań, ośrodkach fitnessu itp.

Sylomer® i Sylodyn® zastosowano w realizacji m.in. następujących obiektów: sala prób w Szkole Muzycznej im. K. Szymanowskiego we Wrocławiu, sala prób filharmonii w Paryżu, Studio Fitness McFit w Warszawie. ■

GETZNER Werkstoffe GmbH ► Herrenau 5 ► 6706 Bürs, Austria

► Kontakt w Polsce: Mariusz Czynciel ► tel. +48 606 704 049

► www.getzner.com ► mariusz.czynciel@getzner.com

getzner
the good vibrations company



▲ SILIKAT A i A^{PLUS} Grupy SILIKATY
– idealne rozwiązanie do budowania
ścian o podwyższonych parametrach
akustycznych

Daria Kowalska
Grupa SILIKATY Sp. z o.o.

Ciężkie ściany to ciche ściany – tak określić można filozofię budowania przegród o podwyższonej izolacji akustycznej. Już na etapie projektu należy więc uwzględniać materiały o dużej masie i odpowiednich parametrach, które odgradzą mieszkańców od hałasu dobiegającego nie tylko z zewnątrz, ale i z innych pomieszczeń. Do tego rodzaju produktów zaliczyć można elementy murowe SILIKAT A i SILIKAT A^{PLUS} oraz SILIKAT A12 oferowane przez Grupę SILIKATY.

BLOCZKI SILIKATOWE – PROSTA METODA ELIMINACJI HAŁASU

Źródła hałasu

Polskie miasta, ale także wsie zlokalizowane przy ruchliwych drogach i powstających autostradach, są coraz głośniejsze. Przekonać może się o tym każdy, kto w okresie wakacyjnym wyrwie się z miejskiego zgiełku i doświadczy ciszy w lesie czy nad jeziorem. Wprawdzie przyzwyczajenie do głośniejszych dźwięków powoduje, że przestajemy zwracać na nie uwagę, ale nie oznacza to jednak, że hałas przestaje mieć na nas negatywny wpływ. Jak dowodzą badania może on powodować liczne schorzenia, od problemów ze słuchem, przez bezsenność, nerwicę, brak koncentracji, a nawet nadciśnienie i choroby serca. Jest więc bardzo istotne, aby zarówno w domu, jak i w miejscu pracy zapewnić sobie komfortową i bezpieczną dla zdrowia ciszę.

Budownictwo, do którego przywykliśmy w Polsce, nie cieszy się najlepszą opinią ekspertów ds. akustyki. Obiekty z wielkiej płyty wznoszono z materiałów niskiej jakości i w dużym pośpiechu, co spowodowane było zarówno ideologią, jak i brakiem odpowiednich technologii. Paradoksalnie budynki powstające po 1989 r. również często charakteryzują się niskim poziomem izolacji akustycznej, co w dużej mierze spowodowane jest oszczędnościami deweloperów.

Stosowanie tanich, nieodpowiednich materiałów oraz nieprawidłowych rozwiązań projektowych, a także błędy wykonawcze powodują, że w naszych mieszkaniach sły-

szymy nie tylko najbliższego sąsiada, ale również to, co dzieje się w mieszkaniach zlokalizowanych w odległych pionach i kondygnacjach. Stajemy się przez to mimowolnymi uczestnikami życia całego budynku. Badania dowodzą, że ponad połowa mieszkańców miast skarży się na hałas zewnętrzny, nieco mniej – na hałasy przenikające przez stropy, a jedna czwarta – na hałas przenikający przez ściany między mieszkaniem, którego główną przyczyną jest niedostateczna izolacyjność akustyczna. Wznosząc ściany w budynkach mieszkalnych warto więc zastosować takie materiały i technologie, które nas od tych hałasów uchronią.

„A” jak akustyczne

Silikaty to wyroby wapienno-piaskowe wyprodukowane wyłącznie z ekologicznych surowców, w skład których wchodzi piasek (90%), wapno (7%) i woda (3%). W procesie produkcji piasek i wapno nasyczone parą wodną twardnieją i zamieniają się w „sztuczny kamień” o dużej wytrzymałości. Potrzeby współczesnego, nowoczesnego społeczeństwa, w rozwiniętym gospodarstwie kraju wyrażają się już nie tylko w ilości metrów kwadratowych na osobę, ale też w oczekiwaniu na odpowiednio wysoki standard mieszkań. SILIKAT A i A^{PLUS} stworzone



▼ Tab. 1. Parametry akustyczne ścian wykonanych z SILIKATU A i A^{PLUS} na podstawie raportu z badań Zakładu Akustyki ITB (wersja uaktualniona maj 2013 r.)

Rodzaj ściany	Masa powierzchniowa ścian (bez tynku)	$R_w (C, C_{tr})$	R_{A1}	R_{A1R}	R_{A2}	R_{A2R}
Ściana z bloczków SILIKAT A ^{PLUS} gr. 18 cm*	363 kg/m ²	58 (-1,-4)	57	55	54	52
Ściana z bloczków SILIKAT A ^{PLUS} gr. 25 cm*	511 kg/m ²	61 (-1,-5)	60	58	56	54
Ściana z bloczków SILIKAT A gr. 18 cm*	335 kg/m ²	57 (-1,-5)	56	54	52	50
Ściana z bloczków SILIKAT A gr. 25 cm*	466 kg/m ²	60 (-2,-5)	58	56	55	53

* z obustronnym tynkiem gipsowym lub cementowo-wapiennym gr. 10-12 mm

▼ Tab. 2. Parametry akustyczne ścian z SILIKATU A12 na podstawie zestawienia wartości wskaźników izolacyjności akustycznej ścian przygotowanego przez Zakład Akustyki ITB (wersja uaktualniona maj 2013 r.)

Rodzaj ściany	Rodzaj tynku	Masa powierzchniowa ściany (bez tynku)	$R_w (C, C_{tr})$	R_{A1}	R_{A2}
Ściana z SILIKATU A12 gr. 12 cm	cementowo-wapienny gr. 12 mm	220 kg/m ²	50 (-1,-5)	49	45
Ściana z SILIKATU A12 gr. 12 cm	gipsowy gr. 10 mm	220 kg/m ²	49 (-1,-5)	48	44

zostały z myślą o ścianach o podwyższonej izolacyjności akustycznej. Duża masa pojedynczych bloczków (klasa gęstości 2,0 i 2,2) powoduje, że zbudowana z nich przegroda stanowi skuteczną zaporę dla dźwięków. Kształt bloczka pozwala na wymurowanie ściany grubości 18 lub 25 cm. Brak profilowań (gładka powierzchnia czołowa) wymusza na wykonawcy wykonanie również spoin pionowych, co ma wpływ na szczelność muru, a tym samym poprawę izolacyjności akustycznej. Dokładność T2 elementów murowych pozwala na murowanie SILIKATU A i A^{PLUS} na cieką i grubą spoinę. Budynki wykonane z silikatów, ze ścianami z SILIKATU A i A^{PLUS}, są najbardziej odporne na błędy wykonawcze, dając jednocześnie najlepsze parametry izolacyjności akustycznej.

Wszystkie rodzaje silikatów i wykonane z nich ściany cechują się wysoką wytrzymałością. Zapewnia to maksymalne bezpieczeństwo użytkownikom budynków. Dodatkowymi zaletami są również: prosty sposób budowania i wysoka tolerancja na błędy wykonawcze, brak otwartych porów eliminujący konieczność uszczelniania i powierzchnia wsporna bez otworów ułatwiająca układanie zaprawy i zwiększająca szczelność muru.



Szerokie zastosowanie

Uniwersalność SILIKATÓW A i A^{PLUS} powoduje, że wykorzystywane mogą być one do wznoszenia różnego rodzaju budynków – od najmniejszych, po te najwyższe. Popularnymi nabywcami bloczków są właściciele domów jednorodzinnych, którzy chcą zapewnić sobie spokój ogniska domowego.

Z drugiej strony, SILIKATY zostały również wykorzystane podczas wznoszenia prestiżowych wieżowców, w tym warszawskiej Złotej 44 i wrocławskiego Sky Tower. Wysoki poziom izolacyjności akustycznej sprawia również, że SILIKATY A i A^{PLUS} spełniają rygorystyczne regulacje budowlane i mogą być użyte w konstrukcji ścian między salami szpitalnymi i pokojami w hotelach w kategorii trzygwiazdkowej i wyższej. ■

Grupa SILIKATY Sp. z o.o. ► Kruki, ul. Nowowiejska 33
 ► 07-415 Olszewo Borki ► tel./faks 29 760 44 70, 29 760 65 10
 ► www.grupasilikaty.pl ► grupasilikaty@grupasilikaty.pl



HMT-Group Sp. z o.o.



▲ Politechnika Warszawska, Wydział Matematyki (montaż sufitów i paneli ściennych akustycznych)

O firmie

HMT-Group zajmuje się kompleksową obsługą inwestycji, zatrudniając specjalistów z wieloletnim doświadczeniem. Firma specjalizuje się w dystrybucji i montażu akustycznych sufitów oraz paneli ściennych w obiektach użyteczności publicznej, takich jak hale sportowe, baseny, szkoły oraz powierzchnie biurowe. Spółka jest długoletnim partnerem firmy Ecophon, producenta wysokiej jakości paneli akustycznych ściennych i sufitowych wykonanych z wełny szklanej.



▲ Ogólnokształcąca Szkoła Muzyczna I i II stopnia im. Karola Szymanowskiego we Wrocławiu (montaż sufitów i paneli ściennych akustycznych)



▲ Politechnika Warszawska, Wydział Matematyki

Realizacje HMT-Group

Firma na swoim koncie ma wiele ciekawych, wymagających wiedzy i doświadczenia realizacji.

W czerwcu 2014 r. firma HMT-Group rozpoczęła prace wykończeniowe hali sportowej z widownią na ok. 900 miejsc w Jelcz-Laskowicach. Obiekt ten ma być wykorzystywany nie tylko do celów sportowych, ale także jako miejsce imprez okolicznościowych i koncertów. Zastosowane materiały powinny zatem spełniać wysokie wymagania dotyczące odporności na uderzenia jak i akustyki.

HMT Group
Spółka z o.o.
SUFITY AKUSTYCZNE

HMT-Group Sp. z o.o.

ul. Towarowa 3

67-400 Wschowa

tel. 71 350 47 07, 609 601 308

www.hmt-group.pl

biuro@hmt-group.pl

Na stropie zamontowano panele Ecophon Super G™ A, zamocowane na widocznej konstrukcji nośnej Ecophon Connect. Jako uzupełnienie sufitów akustycznych zastosowano okładziny ścienne Ecophon Wall Panel™ A Super G, których wykorzystano ok. 6500 sztuk.

Firma uczestniczy również przy wykończeniu bardzo prestiżowego obiektu – Narodowe Forum Muzyki we Wrocławiu, powstałego z połączenia Filharmonii im. W. Lutosławskiego we Wrocławiu i Międzynarodowego Festiwalu Wratlavia Cantans. Otwarcie obiektu planowane jest na 2015 r. Na korytarzach i w pomieszczeniach artystycznych zastosowano sufitowe panele akustyczne Ecophon Focus™ Ds. Płyty zamontowane zostały na niewidocznej konstrukcji nośnej, z możliwością demontażu pojedynczych modułów. Panele umożliwiają montaż standardowych opraw oświetleniowych i rastrów wentylacyjnych. Powierzchnia licowa pokryta jest powłoką Akutex™ FT, a powierzchnia tylna zabezpieczona jest welonem szklanym. Na ścianach położono okładziny Ecophon Wall Panel™ Texona o krawędziach typu C. Kolejną realizacją firmy jest Centrum Edukacji i Sportu w Mysiadle, bardzo nowoczesny gminny zespół edukacyjno-kulturalno-sportowy. W kompleksie CEiS zostały zastosowane nietypowe rozwiązania architektoniczne i techniczne, w tym proekologiczne i akustyczne. Oprócz obiektów sportowych w centrum znajduje się przedszkole, szkoła podstawowa i gimnazjum. W trakcie realizacji zwrócono szczególną uwagę na stworzenie pomieszczeń dla uczniów o wysokim komforcie akustycznym. Zastosowano w nich sufity akustyczne Ecophon Gedina™ i Advantage™, a także Focus™ Ds z ukrytą konstrukcją nośną, które podkreślają wysoki standard budynku. ■



*Jak zwiększyć wartość sprzedaży w obiekcie handlowym?
Odpowiedź brzmi: poprawić akustykę. To element, o którym handlowcy często zapominają. Najskuteczniejszą metodą poprawy akustyki jest zastosowanie rozwiązania ze skalnej wełny mineralnej.*

AKUSTYKA W OBIEKTACH HANDLOWYCH

Akustyka sprzyja zakupom

Właściciele obiektów handlowych od lat zastanawiają się nad tym, co zrobić aby zatrzymać klienta jak najdłużej w sklepie. Zgodnie z zasadą: im więcej czasu spędzi on w punkcie handlowym, tym więcej finansów przeznaczy na zakupy. Handlowcy sięgają więc po coraz bardziej wyszukane metody „umilenia” zakupów, takie jak przytulny wystrój wnętrz i profesjonalna obsługa, czy specjalnie zaprojektowane ułożenie towarów, ale także przykładają większą uwagę do akustyki. Odpowiednie pochłanianie dźwięków i obniżenie czasu pogłosu wpływają na ogólny komfort klientów i ich czas przebywania w sklepie.

Rozwiązania ze skalnej wełny mineralnej

Kluczowym aspektem zapewniającym komfort akustyczny w obiektach handlowych, jest wybór odpowiednich materiałów budowlanych. Rozwiązaniem, które doskonale sprawdza się w pomieszczeniach przeznaczonych do handlu są sufity podwieszane ze skalnej wełny mineralnej. Właściwość pochłaniania dźwięków przez skalną wełnę mineralną wynika z jej otwartej struktury, która hamuje ruch powietrza i rozprasza energię emitowaną przez źródło dźwięku.

Sufity, które oferuje Rockfon, mają doskonałe parametry w zakresie izolacji akustycznej i termicznej, odporności ogniowej oraz odporności na wilgoć. Wszystkie akustyczne rozwiązania Rockfon stosowane w obiektach handlowych zostały szczegółowo przebadane i uzyskały odpowiednie klasyfikacje wskazujące, że spełniają wymagania normowe, są bezpieczne dla użytkowników oraz ekonomiczne dla inwestorów.

Design i akustyka w obiekcie handlowym

Przykładem wykorzystania akustycznych rozwiązań Rockfon w obiekcie handlowym jest hiszpańskie centrum handlowe Puerto Venecia w Saragossie. Centrum trafiło na pierwsze strony gazet nie tylko jako największe centrum handlowe w Europie. Na tak dużej przestrzeni handlowej, gdzie zbierają

się tysiące ludzi, odpowiednie wytłumienie dźwięków i kontrola pogłosu są kwestią kluczową. Aby to osiągnąć, architekt wykorzystał plan poziomy, ponieważ niemal wszystkie płaszczyzny pionowe to szklane okna. Architekt zaprojektował wstążkę białego sufitu fałującą pośrodku obiektu, która przypomina poruszającą się wodę na zewnątrz budynku. Na pierwszy rzut oka wydaje się, że sufit powstał z twardego tynku bądź gipsu, a tak naprawdę wykonano go z 3500 m² dźwiękochłonnego systemu Rockfon Mono Acoustic. To więcej niż artystyczny środek wyrazu, ponieważ sufit pomaga skutecznie kontrolować akustykę przestronnego centrum handlowego. Rockfon to oczywisty wybór, gdy w grę wchodzi dźwiękochłonność i estetyczne wykończenie. Praca z rozwiązaniami oferowanymi przez Rockfon jest naprawdę prosta, a skalna wełna mineralna to doskonały akustyczny materiał budowlany. ■



ROCKFON Biuro Handlowe

► ul. Postępu 1 ► 02-676 Warszawa ► tel. 22 372 01 50
► faks 22 843 06 68 ► www.rockfon.pl ► info@rockfon.com.pl

ROCKWOOL
Rockfon®



mgr inż. Andrzej Dobrowolski
marka Weber Leca®

Remont starego, drewnianego, najczęściej ugiętego stropu na ogół sprowadza się do usunięcia ciężkiej polepy i zastąpienia jej lżejszym materiałem oraz wykonania nadbitek poziomujących belki.

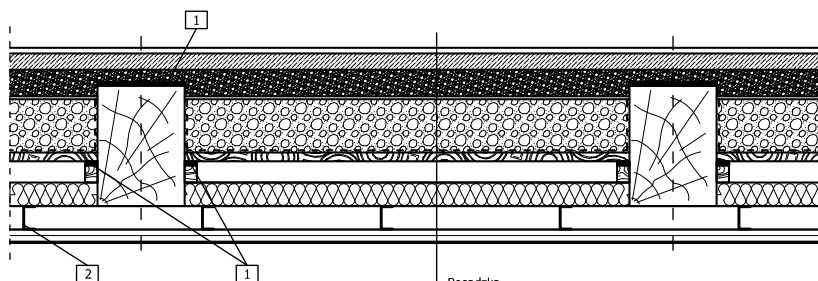
Jest jednak sposób na remont takiego stropu bez konieczności wykonania dodatkowych i żmudnych robót ciesielskich, który jednocześnie pozwala uzyskać bardzo dobrą izolacyjność akustyczną, przewyższającą obecne wymagania normowe. Dzięki wprowadzeniu lekkiego kruszywa keramzytowego o odpowiedniej granulacji można stary strop zaizolować i odciążyć, co z kolei umożliwi zwiększenie obciążeń użytkowych w pomieszczeniach. Możliwość wprowadzenia większych obciążeń na stropy jest często warunkiem koniecznym przy zmianie sposobu użytkowania pomieszczeń.

Badania izolacyjności akustycznej stropu drewnianego przeprowadzone w remontowanym budynku pozwoliły na wybór optymalnego rozwiązania (opis warstw od góry):

- płyta podłogowa suchego jastrychu – podłoże nośne pod posadzkę i pierwszy z ciężkich elementów masy stropu, izolujący od dźwięków powietrznych oraz dodatkowo zabezpieczający przed rozprzestrzenianiem się ognia
- Leca® KERAMZYT podsypkowy – drobnoziarnisty z ziarnami okrągłymi i przekruszonymi materiał, który:
 - poziomuje ugięty strop
 - jako jeden z najcięższych keramzytów (ciężar nasypowy ok. 500 kg/m³) wpro-

Jednym z większych wyzwań związanych z zachowaniem historycznej zabudowy miast są remonty kapitalne starych kamienic. Mieszkania, biura i sklepy zlokalizowane w takich budynkach cechują się znacznym komfortem wynikającym z dużych powierzchni i wysokości lokali. W pomieszczeniach tych należy zapewnić również komfort użytkowania, a jednym z jego wyznaczników jest właściwa izolacyjność akustyczna ścian i stropów.

REMONT STROPU DREWNIANEGO



wadza dodatkową masę przeciw dźwiękom powietrznym)

- jako materiał sypki (nie sztywny) tworzy izolację tłumiącą dźwięki uderzeniowe
- izoluje przeciwożniowo.

■ szpryc cementowy – rozgranicza dwa rodzaje keramzytu i przeciwdziała ich wymieszaniu

■ Leca® KERAMZYT izolacyjny M – lekki keramzyt średnioziarnisty o ciężarze nasypowym ok. 300 kg/m³, o porowatej strukturze tłumiącej dźwięki powietrzne

■ membrana paroprzepuszczalna lub papier woskowany – zapobiega przesypywaniu się kruszywa pomiędzy deskami ślepego pułapu

■ wełna mineralna od spodu – materiał tłumiący dźwięki powietrzne i izolujący przeciwożniowo

■ dwie warstwy płyty gipsowo-kartonowej – materiał zwiększający masę stropu, izolujący od dźwięków powietrznych oraz zabezpieczający przeciwożniowo strop od spodu.

Wyniki badania izolacyjności akustycznej:

- dla dźwięków powietrznych $R'_{A1} = 59$ dB
- normowo dopuszczalna wartość wynosi $R'_{A1} > 51$ dB

Posadzka
Płyty suchego jastrychu gr. 2,5 cm
Leca® KERAMZYT podsypkowy, gr. 2 - 10 cm
Szpryc cementowy 0,5 cm
Leca® KERAMZYT izolacyjny M, gr. 3 - 9 cm
Membrana paroprzepuszczalna np. papier woskowy
Deski ślepego pułapu
Wełna mineralna - gr. ok. 5 cm
Płyta GKF 2 x 12,5 na ruszcie metalowym

- 1 Przekładki z filcu 0,5 - 1,0 cm
- 2 Profil stalowy do sufitu podwieszanego

- dla dźwięków uderzeniowych $L'_{nw} = 48$ dB
- normowo dopuszczalna wartość wynosi $L'_{nw} < 58$ dB.

Wartości dopuszczalne dotyczą wymagań dla stropów między mieszkaniami zgodnie z PN-B-02151-3:1999.

Wymieniając w starym stropie drewnianym podłogę z desek, polepę, tynk na deskowaniu i matach trzcinowych na suchy jastrych, keramzyt, wełnę mineralną oraz płyty STG, można uzyskać izolacyjność akustyczną znacznie przewyższającą wymagania normowe, zmniejszyć ciężar stropu i wypoziomować jego płaszczyznę. Z kolei zmniejszenie ciężaru własnego stropu pozwala na zwiększenie obciążeń użytkowych bez wprowadzania dodatkowych elementów konstrukcyjnych. ■



mgr inż. Andrzej Dobrowolski
marka Weber Leca®

Wysoki komfort akustyczny to jeden z istotnych wyznaczników wartości mieszkania. Coraz częściej zdarza się, że w trakcie odbioru budynku na zlecenie inwestora przeprowadzane są pomiary rzeczywistych parametrów izolacyjności akustycznej ścian. Aby uniknąć przykrych niespodzianek, warto mieć jak największą wiedzę o wszystkich czynnikach decydujących o „cichej ścianie”.

TYNK A AKUSTYKA ŚCIANY

W projektowaniu pod kątem akustyki często nie docenia się roli tynku. Badania porównawcze ścian pokrytych tynkiem cementowo-wapiennym bądź gipsowym pokazały, że izolacyjność akustyczna tej samej przegrody pogarsza się o 2-5 dB w przypadku wykończenia jej tynkiem gipsowym. Obniżenie parametrów wynika z istotnego zmniejszenia się masy tynku, a w efekcie całej przegrody:

- obustronny tynk cementowo-wapienny gr. 1,5 cm zwiększa masę ściany o 57 kg/m²
- typowy tynk gipsowy gr. 1 cm, to zaledwie 20 kg/m².

Różnica 37 kg/m² najczęściej stanowi kilkanaście procent masy całej przegrody, a zmniejszenie masy, to nieuchronne pogorszenie izolacyjności akustycznej ściany.

W systemie budowania z bloczków keramzytobetonowych na bazie Leca® KERAMZYTU, powyższy problem rozwiązano przy pomocy dwóch typów bloczków o takich samych wymiarach (38x18x24 cm), lecz różniących

się masą. Wykonana z nich surowa ściana gr. 18 cm, to obecnie najcieńsza przegroda, która po otynkowaniu dowolnym tynkiem spełnia wymagania izolacyjności akustycznej dla ścian między mieszkaniami.

W tabeli przedstawiono wyniki badań akustycznych dla ściany wykonanej z lżejszych bloczków (Leca® BLOK akustyczny 18) o masie 23 kg/szt. i pokrytej tynkiem cementowo-wapiennym oraz cięższych bloczków (Leca® BLOK akustyczny 18 g), na której ułożono tynk gipsowy.

Przewagą ścian wymurowanych z keramzytobetonowych bloczków Leca® BLOK jest ich mniejsza grubość wynosząca zaledwie 20-21 cm. Przegrody wykonane z innych materiałów mają najczęściej grubość 27-28 cm. Różnica 7 cm grubości tylko na jednej ścianie, to dodatkowa powierzchnia użytkowa w całym mieszkaniu.

Przy wykonywaniu ścian akustycznych między mieszkaniami, należy zwrócić szczegó-

ną uwagę na dokładne wypełnienie zaprawą poziomych i pionowych spoin oraz połączeń ze stropem, słupami i innymi ścianami. W przypadku łączenia ścian najlepszym rozwiązaniem jest wykonywanie typowych wiązań murarskich, bądź też domurowanie ścian do pozostawionych wcześniej wnęk (strzępi, sztrab). Szczelnie wykonana przegroda bez mostków akustycznych, to po materiale, drugi czynnik decydujący o izolacyjności akustycznej przegrody. System budowania z keramzytu pochodzi ze Skandynawii. W jego skład, oprócz bloczków akustycznych, wchodzi również inne elementy: ścienne (błoczek i pustaki), stropowe, nadprożowe, wentylacyjne i kominowe. Domy z paroprzepuszczalnymi zewnętrznymi ścianami z keramzytu bardzo dobrze „sobie radzą” w zimnym i w ciepłym klimacie, a wewnętrzne ściany ze specjalnych bloczków akustycznych, zapewniają użytkownikom ciszę i spokój. ■

Nazwa wyrobu	Rodzaj tynku	Gr. ściany + grubość tynku [cm]	Wyniki badań laboratoryjnych i wynikające z nich wartości projektowe wskaźników izolacyjności akustycznej [dB]						Szacunkowe wartości wskaźników oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej ścian w budynku [dB]	
			R _w	C	C _{tr}	R _{A1R}	R _{A2R}	R' _{A1}	R' _{A2}	
Bloczek Leca® BLOK 18	cem.-wap.	18+2x1,5	58	-1	-5	55	51	51-54	51	
Bloczek Leca® BLOK 18 g	gipsowy	18+2x1,0	57	-1	-5	54	50	50-53	50	

SAINT-GOBAIN CONSTRUCTION PRODUCTS POLSKA sp. z o.o.

MARKA WEBER Leca®

- ul. Krasickiego 9 ► 83-140 Gniew ► tel. 58 772 24 10 (11)
► www.netweber.pl ► keramzyt.weber@saint-gobain.com

weber
SAINT-GOBAIN

Leca®



Maciej Januszewski
SINIAT Sp. z o.o.

Produkty, które zapewniają komfort akustyczny pomieszczenia, są dziś poszukiwane przez projektantów. Dobre parametry dźwiękoizolacyjne i dźwiękochłonne cenione są bowiem przez inwestorów zarówno na rynku powierzchni biurowych jak i lokali mieszkalnych. Jest to także szczególnie ważne w pomieszczeniach o dużej kubaturze i wysokich wymagach komfortu akustycznego, takich jak sale koncertowe i widowiskowe, aule wykładowe i sale lekcyjne.

IZOLACYJNOŚĆ AKUSTYCZNA PRZEGRÓD Z PŁYT G-K

Jednym z produktów, który zapewnia komfort akustyczny w pomieszczeniach jest płyta gipsowo-kartonowa. W powszechnym mniemaniu jest to materiał, który nie daje dużego komfortu akustycznego. W tym artykule przedstawione zostaną szczegóły konstrukcji ścian oraz materiały, które gwarantują komfort akustyczny w pomieszczeniach z suchej zabudowy.

Skuteczność płyt gipsowo-kartonowych w roli bariery akustycznej została wielokrotnie potwierdzona w wielu skomplikowanych realizacjach np. w hotelu Hilton w Warszawie, sali koncertowej Akademii Muzycznej we Wrocławiu, a także w wielu pomieszczeniach prywatnych z kinem domowym i sprzętem Hi-Fi.

Prawidłowe środowisko akustyczne oznacza współdziałanie zjawiska pochłaniania i odbicia dźwięku. W wypadku systemów suchej zabudowy oferowanych przez firmę SINIAT efekt taki uzyskamy dzięki właściwemu połączeniu płyt gipsowo-kartonowych o właściwościach akustycznych NIDA SONIC lub NIDA AKU z dostępnymi na rynku materiałami okładzinowymi np. zwykłymi płytami gipsowymi, czy też sufitowymi z wełny mineralnej.

Dźwiękoizolacyjność ścian działowych a sucha zabudowa

Izolacyjność akustyczna (dźwiękoizolacyjność) określa w jakim stopniu dana przegroda np. ściana lub sufit izoluje pomieszczenie od hałasów dochodzących z innych pomieszczeń lub z otoczenia. Wartość ta wyrażona jest w decybelach.

W tradycyjnych ścianach murowanych izolacyjność zależy przede wszystkim od masy przegrody i tak np. ściana z cegły pełnej ma lepsze parametry niż ściana z pustaków lub betonu komórkowego.

W wypadku ścian z płyt gipsowo-kartonowych jest jednak inaczej, a to dzięki ich warstwowej budowie. Generalnie izolacyjność akustyczna ścian działowych z płyt gipsowo-kartonowych zależy od:

- rodzaju konstrukcji nośnej – im szersze profile tym lepiej (podwójna konstrukcja jest lepsza niż pojedyncza)
- grubości i masy opływania – podwójne jest lepsze niż pojedyncze (płyty gipsowo-wiórówce mają lepsze parametry niż zwykłe)
- grubości materiału izolacyjnego – materiałem może być wełna mineralna lub szklana, która wypełnia przestrzeń pomiędzy płytami gipsowo-kartonowymi

■ jakości i dokładności wykonania – zaleca się wykonanie przegród z systemowych materiałów przez doświadczoną i przeszkoloną ekipę monterów.

Wszystkie te cechy powodują, iż ściany działowe z płyt gipsowo-kartonowych przy mniejszej szerokości przegrody mają lepsze parametry akustyczne niż tradycyjne ściany murowane.

Systemy suchej zabudowy NIDA to szeroki wachlarz rozwiązań konstrukcyjnych dopasowanych do wymagań konkretnych projektów. Na przykład system NIDA Ściana 100A50 oparty na płytach gipsowo-kartonowych, może być stosowany między pokojami w mieszkaniu i wg normy zapewnia izolacyjność akustyczną na poziomie $R'_{A1} \geq 35$ dB.

Pochłanianie dźwięku

Drugi ważny parametr to pochłanianie dźwięku. Parametr ten określa w jakim stopniu powierzchnia przegrody pochłania dźwięk wytwarzany w tym samym pomieszczeniu, zapobiegając jego odbiciu. Współczynnik pochłaniania dźwięku może przyjmować wartości z zakresu 0...1, gdzie $\alpha = 0$ oznacza całkowite odbicie, a $\alpha = 1$ – całkowite pochłonięcie.

Właściwości dźwiękochłonne systemów ścian i sufitów z płyt perforowanych zależą od:

- stopnia perforacji – czym większy stopień perforacji, tym lepsze właściwości dźwiękochłonne
- wysokości podwieszenia okładziny sufitowej
- grubości zastosowanej wełny mineralnej.

Pochłanianie dźwięku jest istotnym parametrem na przykład w odrębnych pokojach ze sprzętem do kina domowego lub odsłuchu sprzętu Hi-Fi. W takich pomieszczeniach wskaźnik pochłaniania dźwięku powinien osiągać wynik bliski $\alpha = 1$. Parametr idealny dla danego pomieszczenia powinien zostać określony przez akustyka.

Specjalistyczne płyty NIDA SONIC i NIDA AKU

W ofercie firmy SINIAT znajdują się dwa typy płyt tłumiące hałas pochodzący z emisji głosu i redukujące zjawisko pogłosu, czyli odbicia dźwięku. Są to perforowane płyty gipsowo-kartonowe NIDA SONIC oraz perforowane modułowe gipsowe płyty NIDA AKU i NIDA AKU DECOR.

Płyta gipsowo-kartonowa NIDA SONIC

NIDA SONIC ma gr. 12,5 mm, szer. 120 cm i dł. 200-240 cm. Montuje się ją tak jak klasyczne płyty gipsowo-kartonowe. Dostępna jest z czterema rodzajami perforacji: okrągła regularna i rozrzucona, rozrzucona oraz szczelinowa.

Można ją łączyć ze standardowymi płytami gipsowo-kartonowymi. Dzięki temu każdy projektant może dobrać układ i geometrię wzoru zależnie od wizji i wymaganych parametrów akustycznych pomieszczenia. Możliwość malowania płyt oraz dwa kolory tła perforacji – flizeliny, dają dodatkowe możliwości uzyskania ciekawych i oryginalnych efektów wizualnych.

Charakterystyka pochłaniania dźwięku płyt NIDA SONIC pokrywa się z widmem natężenia głosu ludzkiego w funkcji częstotliwości. Oznacza to, że płyty te idealnie tłumią hałas



pochodzący od głosu ludzkiego, jednocześnie redukując zjawisko pogłosu.

Poziom pochłaniania dźwięku okładziny wykonanej przy użyciu płyt NIDA SONIC jest różny, zależnie od rodzaju płyty (różne współczynniki pochłaniania dźwięku α_w) oraz od wysokości podwieszenia okładziny i grubości zastosowanej wełny mineralnej.

Perforowane modułowe gipsowe płyty NIDA AKU i NIDA AKU DECOR

Płyty o wymiarach 60x60 cm oraz gr. 12,5 mm. Montuje się je na konstrukcji typu modułowego. Są bardzo dobrą alternatywą dla standardowych mineralnych płyt (60x60 cm) do sufitów podwieszanych.

Perforowane modułowe płyty gipsowe NIDA AKU i NIDA AKU DECOR charakteryzuje bardzo wysoki współczynnik pochłaniania dźwięku α_w , dlatego idealnie sprawdzają się w pomieszczeniach o szczególnych wymagach w zakresie komfortu akustycznego.

Płyty NIDA AKU i NIDA AKU DECOR łączą w sobie cechy:

- materiałów porowatych i włóknistych, które dobrze pochłaniają dźwięki o wysokich częstotliwościach (dzięki zastosowaniu płyty gipsowej z perforacją oraz flizeliny od strony wewnętrznej)
- systemów bazujących na rezonatorach, które pochłaniają dźwięki o niskich częstotliwościach.

Współczynnik pochłaniania dźwięku α_w w zależności od wysokości podwieszenia, grubości wełny mineralnej wynosi odpowiednio:

- perforacja okrągła: od 0,4 (8,7% ppp*) do 0,9 (19,6% ppp*)



- perforacja naprzemienna: od 0,45 (13,1% ppp*) do 0,8 (19,6% ppp*)



- perforacja okrągła nieregularna: od 0,35 do 0,4 (9,8% ppp*)



- perforacja kwadratowa: od 0,7 (16% ppp*) do 0,95 (23% ppp*)



- perforacja liniowa: od 0,4 do 0,55 (10,7% ppp*)



*ppp – powierzchnia perforacji płyty

SINIAT Sp. z o.o.

- ul. Przecławaska 8 ► 03-879 Warszawa ► tel. 41 357 82 00
► faks 41 357 81 61 ► www.siniat.pl ► biuro@siniat.pl



SKLEJKA-PISZ PAGED S.A.



O firmie

Historia fabryki sięga początków XX wieku. W zakładzie przemysłu drzewnego produkowano sklejkę, tarcicę, płyty stolarskie i pilśniowe. W 2000 roku w wyniku komercjalizacji przedsiębiorstwa państwowego Piskie Zakłady Przemysłu Sklejek powstała Fabryka SKLEJKA-PISZ S.A. Zmiana formy prawnej zapoczątkowała restrukturyzację własnościową. Kolejne lata to przede wszystkim intensywna polityka inwestycyjna, efektem czego jest unowocześnienie parku maszynowego, a co za tym idzie jakości oferowanych produktów i usług. W dniu 21 grudnia 2010 r. Ministerstwo Skarbu Państwa podpisało umowę sprzedaży akcji na rzecz PAGED S.A., tym samym Fabryka SKLEJKA-PISZ S.A. uzyskała statut członka grupy kapitałowej PAGED. Od 18 maja 2011 r. spółka nosi nazwę SKLEJKA-PISZ PAGED S.A.

Obecnie firma zajmuje się produkcją sklejek oraz dwóch specjalistycznych wyrobów: elektroizacyjnego tworzywa warstwowego o nazwie handlowej Elkon oraz tworzywa warstwowego Lignofol. Oferowane produkty są certyfikowane znakiem FSC i PEFC. Od 2002 roku firma ma certyfikowany System Zarządzania Jakością według normy ISO 9001. Firmie przyznano również certyfikat świadczący o stosowaniu Zintegrowanego Systemu Zarządzania Jakością ISO 9001, Ochroną Środowiska ISO 14001 oraz Bezpieczeństwem i Higieną Pracy PN-N 18001.

Sklejka PAGED PHONE

Sklejka dostępna w wersji z wkładem gumowo-korkowym lub z wkładem gumowym. Stosowana w transporcie i komunikacji publicznej (autobusy, tramwaje, wagony kolejowe osobowe) oraz w przemyśle stoczniowym (statki, jachty i łodzie motorowe). Sklejka może być poddawana następującej obróbce:

- cięcie na mniejsze formaty na formatyzerkach
- obróbka krawędzi prosta i profilowa, wiercenie otworów, frezowanie rowków – na centrach obróbkowych CNC
- obróbka krawędzi płyt i formatek na wpust i wypust.

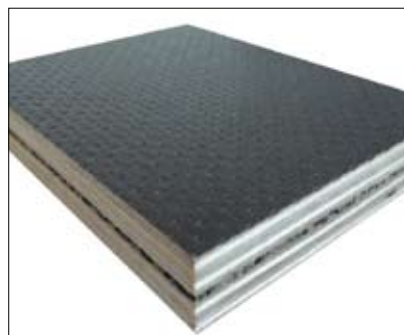
Sklejka z wkładem gumowo-korkowym

Sklejka wodoodporna z oblogami (warstwami zewnętrznymi) wykonanymi z forniru brzoźowego, natomiast warstwy wewnętrzne – z fornirów z drewna brzoźowego lub olchowego. W środkowej części sklejki znajduje się wkładka wygłuszająca (gr. 3 mm), która jest materiałem kompozytowym korka i gumy. Dzięki temu tłumi wibracje i dźwięki, wywołane np. przez pracę silnika. Jest lekka i umożliwia obniżenie ciężaru pojazdów bez redukcji trwałości i bezpieczeństwa.



SKLEJKA-PISZ PAGED S.A.

ul. Kwiatowa 1
12-200 Pisz
tel. 87 425 48 00
faks 87 425 49 40
www.sklejkapisz.pl
sekretariat@sklejkapisz.pl



Sklejka z wkładem gumowym

Sklejka liściasta o budowie krzyżowej z oblogami z forniru brzoźowego lub olchowego. Warstwy wewnętrzne wykonane z forniru brzoźowego lub olchowego. W środkowej części sklejki znajduje się wkładka gumowa (gr. 2,5 lub 3,5 mm) o właściwościach głuszących i tłumiących drgania. ■

Najważniejsze parametry techniczne

Wymiary (dł./szer.)	1500/3000, 1500/2500, 1250/2500 mm
Grubość	11-40 mm
Typ sklejki	wodoodporna, na bazie żywicy fenolowo-formaldehydowej do użytkowania w warunkach zewnętrznych (wg PN-EN 636, klasa techniczna EN 636-3)
Gęstość	650-750 kg/m ³ (gumo-korek); 950-1050 kg/m ³ (guma)
Klasa jakości	I, II, III, IV wg PN-EN 635

WIBRO-AKUSTYKA



O firmie

Firma Wibro-Akustyka powstała w 2000 r. Celem jej działalności jest stosowanie innowacyjnych i skutecznych rozwiązań do zwalczania drgań i hałasu maszyn oraz hałasu w pomieszczeniach przemysłowych i użyteczności publicznej.

Firma wykonuje projekty adaptacji akustycznej pomieszczeń oraz dokonuje oceny projektów budowlanych pod względem akustycznym. Ocena własności akustycznych pomieszczeń, w szczególności czasu pogłosu oraz zrozumiałości mowy, jest wykonywana przy pomocy pomiarów oraz symulacji numerycznych.

Wibro-Akustyka świadczy również usługi z zakresu wyciszania pomieszczeń użyteczności publicznej oraz pomieszczeń przemysłowych przy pomocy technologii natryskowych, celulozowych tynków dźwiękochłonnych SonaSpray.

Materiały dźwiękochłonne – celulozowe tynki SonaSpray

Tynki SonaSpray są bezspoinowymi tynkami dźwiękochłonnymi. W ich skład wchodzi włókna celulozowe mieszane w czasie wykonywania natrysku z klejem, dzięki któremu uzyskuje się przyczepność, ognioodporność, odporność na wilgoć i czynniki biologiczne.

ne. Gęstość tynku po wyschnięciu wynosi 60-70 kg/m³. Produkt końcowy stanowi trwałą warstwę o określonej grubości, która nie tylko pochłania dźwięk, ale także jest niezapalna i ma właściwości termoizolacyjne. Tynki te mają bardzo wysokie współczynniki pochłaniania dźwięku, szczególnie w zakresie średnich i wysokich częstotliwości i mogą być nanoszone na powierzchnie o dowolnym kształcie na praktycznie każdy rodzaj podłoża, np. na blachę trapezową, beton, drewno. Tynki celulozowe stosowane są do ograniczania pogłosu w salach widowiskowo-sportowych, gimnastycznych, basenach, kinach, teatrach i innych pomieszczeniach użyteczności publicznej oraz w pomieszczeniach przemysłowych

Materiały dźwiękoizolacyjne na ściany i podłogi

Częstym problemem pojawiającym się w budynkach mieszkalnych oraz użyteczności publicznej jest przenoszenie dźwięku z sąsiadujących pomieszczeń. Ze względu na charakter przenoszenia się dźwięku możemy rozróżnić hałas uderzeniowy oraz powietrzny. Rozwiązaniem zapewniającym eliminację ww. rodzajów hałasu jest zastosowanie materiałów dźwiękoizolacyjnych, które dobiera się do istniejących lub projektowanych przegród budowlanych. Wibro-Akustyka ma w swojej ofercie szeroki asortyment materiałów dźwiękoizolacyjnych zarówno dla ścian jak i dla stropów. Zastosowanie ww. materiałów pozwala na spełnienie obowiązujących norm odnośnie izolacyjności akustycznej i osiągnięcie komfortu akustycznego, bardzo ważnego zarówno w pomieszczeniach mieszkalnych jak i użyteczności publicznej.

Wibroizolacja torowisk

Wibroizolacja torowisk może być zastosowana na etapie modernizacji oraz przy budowie nowych linii kolejowych i tramwajowych.

Wibroizolatory sprężynowe GERB są przeznaczone do stosowania w bezpodsyfkowych jak i podsyfkowych konstrukcjach nawierzchni



WIBRO-AKUSTYKA

ul. Grabowska 248

63-400 Ostrów Wielkopolski

tel. 62 735 50 08, 609 248 046

faks 62 735 50 08

www.wibroakustyka.com.pl

biuro@wibroakustyka.com.pl

szynowych. Wibroizolatory jednosprężynowe typu GSI są stosowane głównie w nawierzchniach bezpodsyfkowych w miejscach, gdzie przestrzeń przeznaczona na zabudowę nawierzchni jest ograniczona i nie ma dostępu bocznego do płyty. Specjalna obudowa umożliwia dostęp do wibroizolatorów z góry płyty. Rozwiązanie na bazie sprężyn stanowi alternatywę dla znanych systemów wibroizolacji przy pomocy mat wibroizolacyjnych w sytuacjach newralgicznych, w których konieczna jest bardzo skuteczna wibroizolacja drgań od najniższych częstotliwości.

Wibroizolatory EBS jednosprężynowe lub KY dwu- i trójsprężynowe są stosowane zarówno w nawierzchniach bezpodsyfkowych, jak i nawierzchniach podsyfkowych, których podłoże stanowi płyta żelbetowa.

Podłogi pływające

Osobną grupę produktów stanowią rozwiązania dla podłóg pływających, w których ma być zapewniona skuteczna eliminacja przenoszenia drgań od podłóg do stropu. W tych rozwiązaniach płyta podłogi jest podparta w całości na elementach sprężynowych. ■





INDEKS
firm

Spis artykułów zamieszczonych w części KOMPENDIUM WIEDZY

Nazwa	Autor	Tytuł artykułu	Strona
Politechnika Śląska, Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli	dr inż. Leszek Dulak	Ochrona akustyczna w budynkach mieszkalnych	6-12
Politechnika Krakowska, Instytut Mechaniki Budowli	prof. dr hab. inż. Krzysztof Stypuła	Zastosowanie wibroizolacji w konstrukcji nawierzchni szynowej	13-18
Politechnika Wrocławska, Katedra Akustyki i Multimediów	dr inż. Piotr Z. Kozłowski , współautor: mgr inż. Karolina Czajkowska-Kibler	Akustyka w obiektach użyteczności publicznej	19-23

Spis firm zamieszczonych w części FIRMY, PRODUKTY, TECHNOLOGIE
oraz PRZEGLĄD PRODUKTÓW I REALIZACJI

Nazwa firmy/adres	Kontakt	Profil działalności	Strona
AKUSTIX sp. z o.o. ul. Rubież 46 C5/115 61-612 Poznań	tel. 61 625 68 00 faks 61 624 37 52 www.akustix.pl biuro@akustix.pl	Firma konsultingowa świadcząca usługi w zakresie akustyki środowiska, akustyki architektonicznej i ochrony przed hałasem. Ma własne laboratorium badawcze wykonujące pomiary i analizy akustyczne z użyciem aparatury pomiarowej o najwyższej klasie dokładności.	32
Armstrong Building Products B.V. sp. z o.o. Oddział w Polsce ul. Domaniewska 37 02-672 Warszawa 	tel. 22 337 86 10 faks 22 337 86 12 www.armstrong.pl/sufty service-ce@armstrong.com	To jeden ze światowych liderów w produkcji sufitów podwieszanych. Oferuje kompleksowe systemy sufitów akustycznych z płyt mineralnych (twardych i miękkich), metalowych i drewnianych wraz z nowoczesnymi elementami zawieszenia.	26, 33
BET-EXIM S.A. ul. Pożegowska 1 62-050 Mosina 	tel. 61 813 27 51, 61 819 74 18 faks 61 819 14 51 www.bet-exim.pl info@bet-exim.pl	Producent prefabrykatów betonowych i żelbetonowych dla budownictwa i drogownictwa. W ofercie firma ma podwaliny, elementy klatek schodowych, elementy konstrukcyjne hal oraz elementy nawierzchni.	27, 35
BSW Berleburger Schaumstoffwerk GmbH Am Hilgenacker 24 57319 Bad Berleburg, Niemcy	Kontakt w Polsce: Przemysław Macioszek tel. 660 506 696 www.bsw-wibroakustyka.pl biuro@regupol.pl	Jeden z czołowych dostawców mat wibroakustycznych z łączonego poliuretanem granulatu gumowego Regupol® oraz poliuretanu Regufoam®.	36-39
EC Test Systems Sp. z o.o. ul. Lublańska 34 31-476 Kraków 	tel. 12 627 77 77 faks 12 627 77 70 www.ects.pl biuro@ects.pl	EC Test Systems dostarcza rozwiązania pomiarowe, diagnostyczne oraz symulacyjne z zakresu drgań i akustyki. Wyłączny przedstawiciel na terenie Polski światowych liderów tej branży. Ofertę uzupełniają zaawansowane systemy wizyjne i termowizyjne.	44

Nazwa firmy/adres	Kontakt	Profil działalności	Strona
ECOPHON, SAINT-GOBAIN CONSTRUCTION PRODUCTS POLSKA Sp. z o.o. ul. Cybernetyki 9 02-677 Warszawa  A SOUND EFFECT ON PEOPLE	tel. 22 567 14 83 faks 22 567 15 28 www.ecophon.com info.ecophon@saint-gobain.com	Należąca do Grupy Saint-Gobain firma Ecophon jest światowym dostawcą systemów sufitów akustycznych i paneli ściennych, zapewniających zdrowe środowisko pracy w obiektach biurowych, oświaty, służby zdrowia i przemysłu czystego.	40-43
FERMACELL Systemy suchej zabudowy ul. Migdałowa 4 02-796 Warszawa 	tel. 22 645 13 38 (39) faks 22 645 15 59 www.fermacell.pl www.budowaniedoskonale.pl fermacell-pl@xella.com	Producent wysokiej jakości systemów suchej zabudowy. W swojej ofercie firma ma płyty gipsowo-włóknowe, płyty cementowo-włóknowe oraz elementy jastrychowe, a także kompletny asortyment do ich montażu.	45
GETZNER Werkstoffe GmbH Herrenau 5 6706 Bürs, Austria	tel. +43 5552 201 0 faks +43 5552 201 1899 www.getzner.com info.buers@getzner.com Kontakt w Polsce: Mariusz Czynciel tel. +48 606 704 049 mariusz.czynciel@getzner.com	Wspólnie z firmą Reinicke specjalizuje się w technice wibroizolacyjnej dla kolejnictwa, budownictwa i przemysłu. Rozwiązania oparte są na stworzonych i we własnym zakresie produkowanych nowoczesnych elastomerach Sylomer® i Sylodyn® oraz izolatorach sprężynowych Isotop®.	46-49, IV okładka
Grupa SILIKATY Sp. z o.o. Kruki, ul. Nowowiejska 33 07-415 Olszewo Borki 	tel./faks 29 760 44 70, 29 760 65 10 www.grupasilikaty.pl grupasilikaty@grupasilikaty.pl	Jeden z czołowych w Polsce producentów wyrobów silikatowych do wznoszenia ścian zewnętrznych, konstrukcyjnych, działowych, fundamentowych, ogniowych i piwnicznych. Wysoką jakość produktów zapewnia specjalnie dobrana receptura oraz zastrzony system kontroli jakości.	26, 50-51
HMT-Group Sp. z o.o. ul. Towarowa 3 67-400 Wschowa 	tel. 71 350 47 07, 609 601 308 www.hmt-group.pl biuro@hmt-group.pl	HMT-Group zajmuje się kompleksową obsługą inwestycji, zatrudniając specjalistów z wieloletnim doświadczeniem. Firma specjalizuje się w dystrybucji i montażu akustycznych sufitów oraz paneli ściennych w obiektach użyteczności publicznej.	28, 52
ROCKFON Biuro Handlowe ul. Postępu 1 02-676 Warszawa	tel. 22 372 01 50 faks 22 843 06 68 www.rockfon.pl info@rockfon.com.pl	Wiodący dostawca akustycznych rozwiązań sufitów i ścian ze skalnej wełny mineralnej. Firma przy tym jest częścią międzynarodowego koncernu Rockwool International Group. Rozwiązania marki Rockfon poprawiają komfort akustyczny pomieszczeń.	53

Nazwa firmy/adres	Kontakt	Profil działalności	Strona
SAINT-GOBAIN CONSTRUCTION PRODUCTS POLSKA sp. z o.o. MARKA WEBER LECA® ul. Krasickiego 9 83-140 Gniew  	tel. 58 772 24 10 (11) www.netweber.pl keramzyt.weber@saint-gobain.com	Pod marką Weber Leca® oferowane jest lekkie kruszywo ceramiczne. Doskonałe parametry izolacyjności termicznej i akustycznej, ognio- i mrozoodporność pozwalają na stosowanie Leca® KERAMZYTU w budownictwie, geotechnice, ogrodnictwie oraz rolnictwie.	29, 54-55
SINIAT Sp. z o.o. ul. Przecławska 8 03-879 Warszawa	tel. 41 357 82 00 faks 41 357 81 61 www.siniat.pl biuro@siniat.pl	Firma ma czołową pozycję w Europie oraz jest liderem w Ameryce Łacińskiej w dostawie rozwiązań dla budownictwa opartych na gipsie. W Polsce zatrudnia ponad 200 osób w trzech lokalizacjach: w zakładach produkcyjnych Leszcze i Konin oraz w centrali firmy w Warszawie.	27, 56-57
SKLEJKA-PISZ PAGED S.A. ul. Kwiatowa 1 12-200 Pisz	tel. 87 425 48 00 faks 87 425 49 40 www.sklejkapisz.pl sekretariat@sklejkapisz.pl	Producent sklejk oraz dwóch specjalistycznych wyrobów: elektroizolacyjnego tworzywa warstwowego o nazwie handlowej Elkon oraz tworzywa warstwowego Lignofol. Oferowane przez firmę produkty są certyfikowane znakiem FSC i PEFC.	26, 58
WIBRO-AKUSTYKA ul. Grabowska 248 63-400 Ostrów Wielkopolski  WIBRO-AKUSTYKA	tel. 62 735 50 08, 609 248 046 faks 62 735 50 08 www.wibroakustyka.com.pl biuro@wibroakustyka.com.pl	Celem działalności firmy jest stosowanie innowacyjnych i skutecznych rozwiązań dla zwalczania drgań i hałasu maszyn oraz hałasu w pomieszczeniach przemysłowych i użyteczności publicznej.	27, 59

Zastosowanie:

Izolowanie posadzek od
dźwięków uderzeniowych,
izolowanie urządzeń technicznego
wypozażenia budynków (HVAC),
izolowanie od drgań budynków,
fundamentów maszyn,
zapobieganie przenoszeniu
dźwięków w budownictwie
drewnianym.



Optimalizacja akustyki budowlanej poprzez elastyczne łożyskowanie

- Wzrost wartości budynków
- Polepszenie komfortu mieszkania
- Łatwe układanie i montaż
- Długoletnie doświadczenie i referencje
- Rozwiązania niewymagające serwisowania
- Sprawdzone zastosowanie dzięki dopuszczeniom i certyfikatom
- Bezpieczne inwestowanie
- Doskonała, wieloletnia trwałość



Getzner Werkstoffe GmbH
Nördliche Münchner Str. 27a
82031 Grünwald
Germany
Osoba kontaktowa:
Mariusz Czynciel
T +49-89-693500-0
F +49-89-693500-11
M +48-606-70-40-49
mariusz.czynciel@getzner.com
www.getzner.com

Reinicke GmbH
Voithstraße 26
71640 Ludwigsburg
Germany
T +49-7141-79179-0
F +49-7141-79179-11
info@reinicke-gmbh.de
www.reinicke-gmbh.de

getzner
the good vibrations company
reinicke
a getzner company