

Drgania mechaniczne i hałas stanowią obecnie jedno z najistotniejszych zagrożeń cywilizacyjnych. Hałas o dużym natężeniu lub długotrwałej ekspozycji może prowadzić do uszkodzenia słuchu. Często powoduje rozdrażnienie, wpływa negatywnie na system nerwowy, a nawet na ostrość widzenia. W przemyśle jest on niejednokrotnie przyczyną utrudnień w komunikacji pomiędzy personelem, zmniejszając przez to efektywność wykonywanej pracy. Brak możliwości usłyszenia sygnałów alarmowych lub dźwięków związanych z pracą innych urządzeń znacząco zwiększa niebezpieczeństwo. Przekroczenie limitów według obowiązujących norm skutkuje koniecznością ograniczenia czasu pracy, zwiększając w ten sposób koszty. Nawet w gospodarstwie domowym, hałas generowany przez takie urządzenia jak pralka, odkurzacz, ekspres do kawy itp. potrafi być dotkliwy. Pasywne bariery dźwiękoizolacyjne i dźwiękochłonne są nieefektywne dla niskoczęstotliwościowych hałasów urządzeń, a w wielu przypadkach nie mogą być zastosowane, gdyż znacznie zwiększają rozmiary urządzeń lub są przyczyną ich przegrzewania i w konsekwencji awarii. Jednakże, rozwój w zakresie mikroelektroniki, inteligentnych materiałów, przetwarzania sygnałów i systemów sterowania, a także technik obliczeniowych umożliwia poszukiwanie alternatywnych rozwiązań.

Wykonawcy realizowali w ostatnich latach projekt badawczy zatytułowany „Aktywna redukcja hałasu urządzeń poprzez sterowanie drganiami ich obudów”, nr DEC-2012/07/B/ST7/01408, który został zakończony 1 lipca 2016. W ramach projektu podjęto się przygotowania podstaw teoretycznych do zaproponowania tzw. aktywnych obudów urządzeń. Ogólna koncepcja polega na otoczeniu urządzeń generujących hałas cienkościennymi obudowami (a w przypadku niektórych typów urządzeń – wykorzystaniu ich własnych obudów), których ściany są odpowiednio sterowane za pomocą wzбудników. Celem sterowania jest generowanie drgań ścianek obudów w taki sposób, aby izolować akustycznie urządzenie („blokować” wydostawanie się dźwięku na zewnątrz obudowy). Zaletą tego podejścia jest globalna redukcja hałasu, w całym pomieszczeniu, co jest nieosiągalne przy użyciu opisanych w literaturze metod aktywnej redukcji wykorzystujących głośniki generujące tzw. "antyhałas". Podczas wykonanych eksperymentów laboratoryjnych, dla hałasów tonalnych i wielotonalnych wytwarzanych przez urządzenie we wnętrzu obudowy uzyskano ponad 10 dB-ową globalną redukcję w całym dużym pomieszczeniu (w niektórych strefach poziom redukcji przekraczał nawet 20 dB), co spotkało się z bardzo dużym uznaniem w środowisku międzynarodowym. W rezultacie, postawiona w projekcie hipoteza została zweryfikowana, potwierdzając że „dzięki sterowaniu drganiami ścian obudowy urządzenia, przemysłowego lub domowego, możliwa jest redukcja hałasu, na który narażeni są użytkownicy tego urządzenia”. Realizacja projektu pozwoliła otworzyć nowy kierunek badań w obszarze aktywnej redukcji drgań i hałasu. W trakcie realizacji tego projektu pojawiło się wiele nowych zagadnień, istotnych głównie z naukowego punktu widzenia, które skłoniły autorów do złożenia niniejszego wniosku o nowy projekt badawczy. Opierając się o zdobyte doświadczenie, wnioskodawcy formułują cel główny projektu, którym jest dalszy rozwój podstaw teoretycznych dla obudów redukujących hałas (w sposób pasywny, półaktywny i aktywny) i sformułowanie teorii, która może w przyszłości zostać z sukcesem skomercjalizowana.

Badania prowadzone będą na trzech typach obudów. Pierwszy z nich, to obudowa o sztywnej konstrukcji szkieletowej, w której każda ściana wykonana jest z osobnego panelu/paneli. Drugi typ, to obudowa o lekkiej konstrukcji bezszkieletowej, w której ściany połączone są ze sobą tworząc samonośną strukturę. Trzecim typem będą obudowy rzeczywistych urządzeń, wraz z różnymi ich komplikacjami, jak przetłoczenia, zagięcia, wewnętrzne mocowania itp., co znacząco utrudnia modelowanie matematyczne.

Zostaną opracowane nowe typy modeli matematycznych, które będą reprezentować różne rodzaje rozważanych obudów. Zostaną one poddane szerokiej analizie umożliwiającej opracowanie wytycznych dla optymalizacji rozmieszczenia elementów pomiarowych i wzbudzających drgania. Opracowane modele zostaną uogólnione, opierając się na parametrach, które mogą być dobrane poprzez pomiary eksperymentalne.

Zostaną rozwinięte metody pasywne (nie wymagające źródeł zasilania) bazujące na optymalnym rozmieszczeniu na ścianach obudowy dodatkowych obciążań i usztywnień o dowolnych wymaganych kształtach. Umożliwi to kształtowanie charakterystyk częstotliwościowych obudowy w celu zwiększenia jej pasywnej izolacyjności lub poprawienia własności układu sterowania. Takie rozwiązania pasywne są szczególnie atrakcyjne, gdyż pozwalają na uzyskanie taniego autonomicznego izolatora akustycznego o dużej skuteczności dla wybranego pasma częstotliwości typowego dla danego urządzenia. Przewiduje się również modyfikacje istniejących obudów (lub wykonanie nowych) bazując na rozwoju metodologii kształtowania odpowiedzi częstotliwościowej.

Zostaną zbadane układy sterowania półaktywnego, w których wykorzystuje się naklejane na ściany materiały piezoelektryczne w celu transformacji energii mechanicznej w energię elektryczną, a następnie rozprasa się ją w obwodzie elektrycznym. Obwody bocznikujące będą miały rozbudowaną strukturę o wielu przełączanych gałęziach wymieniających energię. Sterowanie dotyczy wyłącznie odpowiedniego przełączania gałęzi, przez co wydatek energetyczny jest niewielki.

Podjęty zostanie problem ograniczenia złożoności obliczeniowej w aktywnych układach redukcji poprzez zastosowanie wyrafinowanych algorytmów sterowania, do tej pory nie stosowanych w tych zagadnieniach. Celem będzie także zapewnienie stabilności i poprawienie szybkości zbieżności algorytmów sterowania, szczególnie istotnej dla rzeczywistych hałasów niestacjonarnych, generowanych np. podczas przyspieszania bębna pralki automatycznej. Badania będą miały charakter teoretyczny, wsparty wieloma symulacjami i eksperymentami na różnych obudowach, w tym rzeczywistych urządzeniach.