

Metamateriały sprężyste są jedną z najszybciej rozwijających się dziedzin (strukturalnej) akustyki ze względu na ich niezwykle właściwości i możliwości manipulowania falami mechanicznymi. Wykazują one wiele ważnych właściwości dynamicznych, w szczególności pasma zabronione – pasma częstotliwości, w których fale są silnie tłumione, ujemne współczynniki załamania - np. fala załamana może propagować spowrotem do źródła, akustyczną „niewidzialność” oraz wiele więcej. Ostatnio izolatory topologiczne (TI), początkowo obserwowane w mechanice kwantowej, zostały zaadaptowane do fal sprężystych. TI pozwalają falam rozprzestrzeniać się wzdłuż granic struktury jednocześnie silnie tłumiąc fale wewnątrz struktury. Tym, co jest tak szczególne w TI, jest możliwość tworzenia topologicznych stanów chronionych, które mogą być wykorzystane do jednokierunkowej propagacji fal, ponieważ zapobiegają odbiciom na niedoskonałościach geometrycznych (np. defektach, uszkodzeniach). Pierwszym celem badań jest zatem analiza i rozwój TI, ale dla określonych struktur – ciągłych materiałów z brzegami – czyli rzeczywistych komponentów strukturalnych (w odróżnieniu do tych aktualnie studiowanych, tj. nieograniczonych i/lub dla materiałów o strukturze dyskretnej).

Kolejnym krokiem pracy jest rozszerzenie wykorzystania TI poprzez zapewnienie możliwości dostrajania (sterowania). Można to zrealizować na dwa sposoby - pasywnie lub aktywnie. Podejście pasywne wykorzystuje materiały nieliniowe. Wykorzystanie elementów nieliniowych w metamateriale może np. przesunąć częstotliwość pasma zabronionego w zależności od amplitudy fali. Aktywne podejście wykorzystuje pewne wymuszenia zewnętrzne, które mogą zostać uzyskane przez wymuszony przepływ płynu, pole elektryczne lub magnetyczne. Celem jest modyfikacja TI dla ciągłej, ograniczonej struktury, aby umożliwić sterowanie jej pracą za pomocą przedstawionych sposobów. Należy podkreślić, że proponowane badania zakładają realizację TI za pomocą dwóch technik. Pierwsza to modyfikacja mikrostruktury - komponowanie materiałów o różnych właściwościach w skali mikro, w celu zmiany makroskopowych właściwości propagujących fal. Druga technika wykorzystuje meta-siatki i meta-klastry. Meta-klastry to „komórki” osadzone w strukturze, które zmieniają właściwości fali w zależności od właściwości klastrów i ułożenia ich zestawu (meta-siatki).

Plan badań zakłada dwa główne i wzajemnie powiązane zadania oraz fazę walidacji laboratoryjnej. Pierwsze zadanie to analiza i rozwój wspomnianych TI przy użyciu obu technik - mikrostrukturalnej i przy użyciu meta-siatek. Drugim krokiem jest analiza mechanizmów nieliniowych materiałów przy użyciu pasywnych i aktywnych technik, w celu zapewnienia sterowania strukturą. W ostatnim etapie proponowane struktury zostaną wyprodukowane przy użyciu wielofazowych metod drukowania 3D, a właściwości dynamiczne metamateriałów zostaną zweryfikowane. Istnieje wiele metod analizy propagacji fal, które zostaną wykorzystane w projekcie. Przykładowe z nich to metoda fal cząstkowych (PWT) i opis za pomocą funkcji Greena (GF). Materiały nieliniowe można analizować przy użyciu metod bilansu harmonicznych (HBM) i technik perturbacyjnych. Dla złożonych struktur oraz optymalizacji zastosowane zostaną metody numeryczne. Również analiza danych pomiarowych wymaga użycia algorytmów numerycznych przetwarzania sygnałów. Do badań eksperymentalnych wymagane są urządzenia wzbudzające i sensory. Badania zakładają zastosowanie przetworników piezoelektrycznych i wibrometrów laserowych.