

Samowzbudne sprzężone efekty dynamiczno-akustyczne są często obserwowane w materiałach granulowanych podczas ich przepływów (lawiny, rumowiska, trzęsienia ziemi, śpiewające wydmy, ograniczony przepływ w silosach). Są one szczególnie silne kiedy dochodzi do dynamicznej (rezonansowej) interakcji między materiałem granulowanym a otaczającymi strukturami. Problem samowzbudnych efektów dynamiczno-akustycznych jest szczególnie istotny dla otaczających struktur, które często ulegają awariom wskutek wysokich dynamicznych amplitud. Dodatkowo efekty dynamiczne powodują dźwięki, które zakłócają sąsiadujące otoczenie oraz trzęsienia ziemi, które są niebezpieczne dla innych sąsiadujących konstrukcji inżynierskich i przyczyniają się do zmęczenia łączników i połączeń. Pomimo licznych badań doświadczalnych, mechanizm ich powstawania nie jest w pełni zrozumiany z uwagi na fakt, że zjawiska te są silnie nieliniowe i niestacjonarne oraz łączą złożone problemy dynamiki przepływu materiałów granulowanych z dynamiką powłok i akustyką. Brakuje modelu matematycznego do opisu ich mechanizmu powstania i propagacji.

Celem 3-letnich badań doświadczalno-teoretycznych jest zrozumienie mechanizmu powstawania samowzbudnych połączonych efektów dynamiczno-akustycznych w przepływach materiałów granulowanych podczas ich dynamicznej interakcji z otaczającymi strukturami. Mechanizm ten zostanie opisany za pomocą nowoczesnych modeli matematycznych na poziomie ziarna (stosując rozszerzoną metodę elementów dyskretnych (DEM)) oraz na poziomie struktury (stosując metodę elementów skończonych (MES)). Wyniki obliczeniowe zostaną zwalidowane na podczas badań doświadczalnych. Z uwagi na fakt, że materiały granulowane mają strukturę ziarnistą, a więc nieciągłą i niejednorodną, metoda elementów dyskretnych jest odpowiednim narzędziem numerycznym do zrozumienia ich mechanicznego zachowania na poziomie mikroskopowym (tj. na poziomie ziarna). Do opisu dynamicznej propagacji spontanicznych sprzężonych fal akustyczno-naprężeniowych, mechanika ciała nieciągłego zostanie sprzężona z akustyką poprzez mechanikę płynu, w ramach której zostanie zastosowany model laminarnego przepływu ściśliwego i lepkiego płynu z uwzględnieniem transportu masy i pędu w istniejących makro-porach materiału granulowanego (stosując obliczeniową dynamikę płynów (CFD)). Z kolei model MES na bazie mikro-polarnego hipoplastycznego modelu konstytutywnego dla materiałów granulowanych jest odpowiedni do opisu efektów dynamicznych na poziomie strukturalnym (poziom makroskopowy) z uwagi na fakt, że: a) stosuje model konstytutywny, który uwzględnia najważniejsze właściwości materiałów granulowanych, b) stosuje podejście punktów materialnych do uniknięcia nadmiernego zniekształcenia siatki MES, które ma miejsce podczas płynięcia materiałów granulowanych oraz c) wyniki są niezależne od siatki punktów materialnych z uwagi na obecność długości charakterystycznej mikro-struktury odniesionej do średniej średnicy ziaren. Efekty dynamiczno-akustyczne zostaną pomierzone w skali laboratoryjnej podczas dynamicznej interakcji między strukturami cylindrycznymi i prostopadłościennymi a materiałem granulowanym dla rzeczywistych (piasek, żwir) i sztucznych materiałach granulowanych (kulki gumowe, plastikowe i szklane) przy użyciu najnowocześniejszej aparatury pomiarowej przyspieszeń struktury i wewnątrz materiału granulowanego, drgań własnych struktury, ciśnień powietrza, natężenia dźwięków, poziomych i stycznych naporów na struktury. Doświadczenia zostaną numerycznie analizowane stosując połączony model DEM/CFD na poziomie ziarna oraz model MES na poziomie struktury w warunkach 3D. Badania nasze są absolutnie innowacyjne w skali światowej z uwagi na szeroki zakres wzajemnie uzupełniających się doświadczeń i symulacji numerycznych, wykorzystujących najnowszą aparaturę pomiarową i narzędzia obliczeniowe dynamiki materiałów granulowanych (połączone mechaniczno-akustyczne podejście DEM/CFD).