

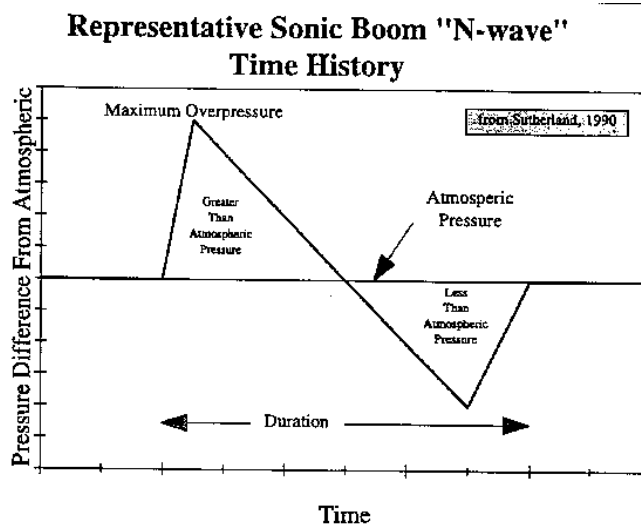
Válasz

Dr. Ferencz Csaba professzor bírálatára

Köszönöm Ferencz Csaba professzor értékelését és méltató szavait, megállapításaim elfogadását. Bírálatában kitekintő kérdést fogalmazott meg, melyre megkísérlek hasonlóan kitekintő választ adni.

A rádiótechnikában Ultra Wide Band (UWB) névvel illetett, kis energiájú, de nagyon rövid, ezért igen nagy sáv szélességű impulzusokból álló jeleknek akusztikában is van megfelelője. A különböző okkal és céllal létrejövő robbanások, ill. robbantások által keltett rövid nyomásimpulzusok mellett a legnagyobb figyelmet a hangrobbanásnak nevezett jelenség kapta az ötvenes és hatvanas években, és ez a jelenség valójában nem kis mértékben járult hozzá a rezgésakusztika tudományágának létrejöttéhez.

A hangrobbanásnak nevezett jelenséget a gáznemű közegben a hanghullámok terjedési sebességénél gyorsabban haladó szilárd testek hozzák létre azáltal, hogy a nagy sebesség következtében a gáz „összetorlódik” a test körül, és a haladás irányának megfelelő tengellyel egy kúp alakú, nagy nyomású hullámfront jön létre. Elméleti elemzések és kísérletek szerint a közeghez képest nyugalomban levő földfelszíni pontban egy meredeken növekvő, majd viszonylag lassan csökkenő, végül ismét meredeken a nyugalmi nyomásértékhez tartó, N-alakú nyomáshullám figyelhető meg [1]:



A meredek emelkedő szakaszok következtében a nyomáshullám frekvenciaspektruma széles, és a test hangterjedéshez viszonyított relatív sebességétől (azaz a Mach-számtól), a test méretétől és alakjától függően a gyakorlatban meglehetősen nagy nyomásértékek is létrejöhettek. A jelenség a nagy tűzerejű tűzfegyverek létezése óta létezik (sőt ezen a jelenségen alapul pl. a magyar karikásostor működése is), igazán nagy jelentőségre azonban a II. világháború után kifejlesztett szuperszónikus katonai vadászgépek, ill. az angol-francia Concorde polgári szuperszónikus repülőgép okozta problémák jelentkezése után emelkedett.

Az első szuperszónikus repülést 1947. október 14-én hajtották végre az Amerikai Egyesült Államokban egy B29-es repülőgép fedélzetéről indított, X-1 jelű kísérleti repülőgéppel. A kísérleteket több országban is intenzíven folytatták, aminek következtében a katonai repülőterek közelében levő lakóépületekben törések, repedések jöttek létre és rendszeressé váltak az ablaktörések is [2]. Ez utóbbit Nagy-Britanniában kezdték tudományos megközelítésben vizsgálni. Az értekezésem 4.1. fejezetében röviden összefoglalt modális kölcsönhatás, vagy más néven modális sorfejtés modellt (ld. [8], Section 6.4) korábban már sikerrel alkalmazták

az egyik oldalán rugalmas lemezzel lezárt merev falú üreg viselkedésének leírására [3][4], amit Pretlove a hangrobbanást leíró N-hullámra terjesztett ki alapvető munkájában [5]. A közeg-szerkezet kölcsönhatások elemzését később Dowell és munkatársai általánosították [6] szinuszos gerjesztésű, linearizált rendszerben kialakuló csatolt akusztikai módusok és a kialakuló frekvenciaátviteli függvények meghatározására, amivel megalapozták az akkor még „akusztóelaszticitásnak”, később rezgésakusztikának nevezett tudományágat. A téma időközben jelentős fejlődésen ment keresztül, a fontos mérföldkövek közül csak hármat említek meg a számos lehetséges hivatkozás közül [7], [8], [9].

A konkrétan a hangrobbanások által létrehozott rezgésakusztikai jelenségekre visszatérve megállapíthatjuk, hogy a modális megközelítés mindaddig tökéletesen alkalmas a jelenség vizsgálatára, amíg a gerjesztő amplitúdók nem érik el a linearitás határait. Ahogy a bekövetkezett törések is jelzik, a gyakorlati esetek egy részében a linearitás feltételezése messze nem teljesül. Mint más nemlineáris jelenségek esetében, a hangrobbanás jelenségét is lehet részlegesen linearizált közelítéssel vizsgálni, a kutatás mai iránya azonban inkább az optimális alakú repülőgéptörzsek és különleges felületkezelések kidolgozása irányába tart [10], a jogi szabályozás pedig a légi irányítás eszközeivel igyekszik a hangrobbanásokat lakatlan területek felett tartani.

A teljesség kedvéért azt is meg kell állapítanunk, hogy a modális sorfejtés alkalmatlan *maguknak a nagyenergiájú, szélessávú hangnyomás-hullámok terjedésének* leírására. Kutatásaim során azonban csak érintőlegesen foglalkoztam a hangterjedés jelenségeinek vizsgálatával egy katasztrófavédelmi riasztórendszer akusztikai vizsgálatával kapcsolatban, így értekezésemben sem tárgyalom a kérdéskört. Megemlítem ugyanakkor, hogy mind a közlekedési, mind az ipari zajforrások hatásának becslésében – így pl. a szélmotorok okozta zajproblémák kezelésénél – nagy szükség lenne ilyen adatokra és ismeretekre. A téma – a nemlinearitások kérdéséről függetlenül, pusztán a kis energiájú, tisztán lineáris hullámterjedés körében maradván is – eléggé komplex, mivel a hullám-környezet kölcsönhatásokon kívül a hullám-közeg kölcsönhatásokat, azaz a nagyon nehezen kezelhető meteorológiai hatásokat is figyelembe kellene venni. Néhány közelítő, durva ökölszabályon túlmenően kellően pontos számítási módszereink tudomásom szerint mindmáig nincsenek, a téma jelenleg is kutatás tárgyát képezi számos országban és laboratóriumban.

Hivatkozások

- [1] Report to Congress. Report on effects of aircraft overflights on the national park system. Prepared pursuant to public law 100-91, the national parks overflights act of 1987. National Park Service, September 12, 1994.
www.nonoise.org/library/npreport/ (Letöltve 2013. július 2-án)
- [2] Johnny M. Sands, Sonic boom research (1958-1968). Federal Aviation Administration, Dept. of Transportation, Washington D.C., November 1968.
- [3] E.H. Dowell and H.M. Voss, “The effect of a cavity on panel vibration”, *AIAA Journ.* 1, 476-477 (1963).
- [4] A.J. Pretlove, “Free vibrations of a rectangular panel backed by a closed rectangular cavity”, *J. Sound Vib.* 197-209 (1965).
- [5] A.J. Pretlove, „Acousto-elastic effects in the response of large windows to sonic bangs”.
J. Sound Vib., Vol. 9, No 3, May 1969, pp 487-500
- [6] E.H. Dowell, G.F. Gorman III and D.A. Smith, “Acoustoelasticity: General theory, acoustical natural modes and forced response to sinusoidal excitation, including comparisons with experiment”, *J. Sound Vib.* 52, 519-542 (1977).

- [7] G.C. Everstine, "A symmetrical potential formulation for fluid-structure interaction", *J. Sound Vib.* Vol. 79, 157-160 (1981).
- [8] F. Fahy, *Sound and structural vibration. Radiation, transmission and response.* Academic Press, London, 1994.
- [9] M.S. Howe, *Acoustics of fluid-structure interactions.* Cambridge University Press, 2000.
- [10] Joseph W. Pawlowski , David H. Graham , Charles H. Boccadoro et al., „*Origins and Overview of the Shaped Sonic Boom Demonstration Program*”.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.75.7228>
(letöltve 2013. július 1-jén)

Szentendre-Budapest, 2013. július 2.

Augusztinovicz Fülöp