

Rázová vlna

A. Darebníček*, J. Chaloupka**, E. Dluhoš***

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT

Břehová 7

115 19 Praha 1

darebniceka@km1.fjfi.cvut.cz*, chaloupkaj@km1.fjfi.cvut.cz**,
dluhose@km1.fjfi.cvut.cz***

Abstrakt:

Přednáška měla studenty seznámit se základní problematikou rázových vln. Pokusili jsme se objasnit vznik rázových vln, jejich důsledky a nakonec jejich praktické využití ve vědě.

1 Úvod

Rázová vlna je efekt doprovázející nadzvukový pohyb tělesa. Každý bod tělesa, který se pohybuje ve stlačitelném prostředí vytváří rozruchy tlaku, které se šíří rychlostí zvuku (to znamená, že zvuk je v podstatě změna tlaku). Jestliže se body tohoto tělesa pohybují rychlostí větší než je rychlost zvuku, tak se vytvářené vlny skládají na sebe a vzniká rázová vlna. Rázová vlna ovšem není jen nepříznivý efekt doprovázející lety nadzvukových letadel (tak jak ji většina zná), ale má také své praktické využití ve vědě, lékařství a technice.



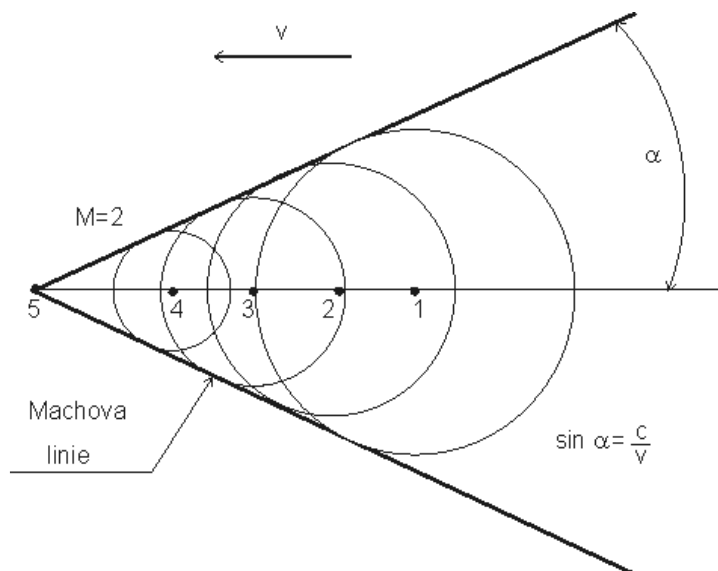
2 Vznik

Jak jsme již uvedli, rázová vlna vzniká při pohybu tělesa nadzvukovou rychlostí. Nejběžnější zdroje této vlny mohou být: nadzvuková letadla, biče, meteority vstupující do atmosféry, různé exploze ve vesmíru (i supernov) a na závěr můžeme zmínit i výstřely (např. z pušek, pistolí, kanónů, děl atd.) nebo samotné rakety.

3 Šíření

Nejprve specifikujeme rychlost tělesa, která je vyjádřena pomocí Machova čísla. Machovo číslo je poměr rychlosti tělesa a rychlosti zvuku. Například letadlo letící rychlostí nižší než mach 1 se pohybuje subsonickou (podzvukovou) rychlostí a zvuk se šíří všemi směry. Pokud tuto rychlost překročí, přejde na rychlost supersonickou (nadzvukovou) a zvuk se šíří pouze vně kužele ohraničeného Machovou linií (viz. vysvětlení dále). To znamená, že pozorovatel

stojící na úrovni letícího letadla ho vidí, ale slyšet ho v tu chvíli nemůže. Zaslechne ho až v momentu, kdy se protne jeho poloha s Machovou linií. Machova linie je geometrickým vyjádřením šíření rázové vlny v určitém prostředí a je vyjádřena pomocí rovnice $\sin \alpha = \frac{c}{v}$, kde α je úhel mezi vektorem rychlosti a Machovou linií, v je rychlost tělesa a c rychlost zvuku.



Ráz je důsledkem skokové změny tlaku, která vzniká při vstupu objektu pohybujícího se supersonickou rychlostí do klidného prostředí před ním. Tento ráz se dále šíří jako rázová vlna. Po průletu objektu se tlak pomalu vyrovnává a graf závislosti tlaku na čase má tvar písmene N. Pozorovatel může zaslechnout rázovou vlnu jen jedenkrát, ve chvíli kdy k němu dojde Machova linie a to i přes to, že rázová vlna je vytvářena po celou dobu pohybu předmětu nadzvukovou rychlostí. Nejintenzivněji je vlna vnímána pozorovatelem stojícím přímo pod letadlem (nebo jakýmkoliv jiným objektem) pohybujícím se supersonickou rychlostí a se zvětšující se vzdáleností od trajektorie tato intenzita prudce klesá.

4 Využití rázové vlny

Jak jsme již zmínili v úvodu, rázové vlny nejsou jen nepříjemným efektem provázejícím těleso pohybující se nadzvukovou rychlostí, ale mají také své praktické využití. Zjistilo se, že rázová vlna může být člověku prospěšná i při léčení různých zdravotních problémů. Stačí na to velmi malé přístroje - generátory pracující na různých principech (např. elektromagnetický, elektrohydraulický, piezoelektrický a mnohé další). Pomocí nich dokážeme rázové vlny směřovat a regulovat jejich průnik do hloubky lidského těla. Využívají se na léčení ledvinových či žlučových kamenů, které se rozdrtí na písek a ten odchází z těla přirozenou cestou. Pacient se tak vyhne náročné operaci. Léčba rázovými vlnami se používá již více než 20 let a s postupem času se osvědčila i v onkologii, chirurgii a ortopedii. V posledních letech bylo zjištěno, že účinně pomáhá i při léčbě úponových bolestí. Velká výhoda oproti konvenční léčbě je především neinvazivnost léčby a schopnost léčbu zaměřit na určité malé místo v těle.

Další časté využití rázové vlny je např. v inkoustových tiskárnách. Jedná se o tzv. piezoelektrický puls. Tryska je složena z piezoelektrické trubičky a na konci jejího kanálku je tryska. Při přivedení elektrického napětí na piezoelektrickou trubičku vznikne smrštěním trubičky rázová vlna. Jakmile dosáhne konce kónického kanálku, odrazí se s obrácenou fází.

Tak vznikají podtlakové a přetlakové vlny, které nasávají a vystřikávají kapky směrem k papíru.

V současnosti se také používají rázové vlny v energetice, a to při jaderné fúzi, kde pomocí nich získáváme dostatek energie na to, aby vůbec mohla jaderná syntéza proběhnout.

5 Rázová vlna v astrofyzice

Jak již bylo na začátku řečeno, rázové vlny nevznikají jen na Zemi, ale i ve vesmíru. A to jako efekt doprovázející exploze. Jednou z takových explozí může být např. výbuch supernovy. V tomto velice složitém procesu v jistém okamžiku dosáhne jádro hvězdy tak vysoké hmotnosti, že už dále nevydrží rostoucí tlak a zhroutí se. Toto zhroucení může být zastaveno neutrony, jedinými částicemi, které jsou schopny odolat gravitačnímu kolapsu (ovšem nutno zmínit, že se tak stane jen u hvězd do hmotnosti 5 hmotností Slunce). V tomto případě vznikne neutronová hvězda od jejíhož



povrchu se hroutící se hmota odrazí. Imploduje se v tento moment změny v explozi a odražená hmota se začne rozpínat do okolního prostoru bývalé hvězdy. Při odrazu od jádra vznikne rázová vlna, která se šíří směrem od něho. Tato rázová vlna s sebou odnáší materiál, který obvykle po takovéto hvězdné explozi pozorujeme v okolí bývalé hvězdy.

6 Shrnutí

Doufáme, že se nám prostřednictvím naší přednášky podařilo nejen seznámit vás se základními principy a použitím rázových vln, ale také ve vás vzbudit zájem o tuto problematiku.

Je nám líto, že jsme z důvodu časové tísně nebyli schopni během přednášky podat více zajímavých informací a také vám dát více prostoru k vašim otázkám, kterých by, jak věříme, bylo dost.

Reference:

- [1] Letectví a kosmonautika, 1998, roč. 40, č. 15
- [2] J. Pilný, Životní prostředí., Hradec Králové, Gaudeamus, 1991
- [3] J. Grygar, Supernova ve Velké Medvědi, Časopis Vesmír 73, 1994/3
- [4] I. Boháček, Keplerova supernova, Časopis vesmír č. 83, 2004/11
- [5] NASA, <http://www.nasa.gov/centers/dryden/news/FactSheets/FS-016-DFRC.html>
- [6] Nelineární akustika, <http://herodes.feld.cvut.cz/nonlin/boom/boom.php>