

CO JE VÍR?

Ing. Václav Kolář, CSc.

Vírové struktury dominují mnoha problémům přechodového (tj. do turbulence) a turbulentního režimu proudění, které jsou dlouholetým předmětem zájmu a intenzivního studia jak z fyzikálního tak inženýrského hlediska. Víry patří k nejcharakterističtějším dynamickým strukturám proudění, proto jsou někdy přirovnávány ke “šlachám a svalům proudění” (Dietrich Küchemann - znamenal velký přínos pro vývoj slavného nadzvukového letounu Concorde). Hrají významnou roli při makroskopickém transportu hmoty, hybnosti a energie.

Vírové struktury – jsou-li jednou generovány – jsou schopny “svého vlastního života” v rámci nestacionárního proudění: svého vzniku a růstu, interakce s ostatními strukturami proudění, zejména dalšími vírovými strukturami, interakce se stěnou či tělesy a konstrukcemi, a konečně podléhají vlastnímu rozpadu, nemají-li ke svému životu dostatečný přísun energie.

Přes svůj význam jsou “téměř všechny víry v přírodě i technice neviditelné” a jejich rozměry se pohybují od neuvěřitelných několika ångströmů (10^{-10} m) v supratekutém heliu do rozměrů spirálních galaxií vyjádřené ve světelných letech (Hans J. Lugt: “Vortex Flow in Nature and Technology”). Pro základní rozměrovou orientaci uveďme pár typických “pozemských” jevů ve vzduchu a vodě: nejmenší turbulentní víry jsou zhruba kolem 1 mm, víry generované hmyzem 1 mm - 10 cm, prašné víry nebo víry v přílivovém proudění cca 1 - 10 m,

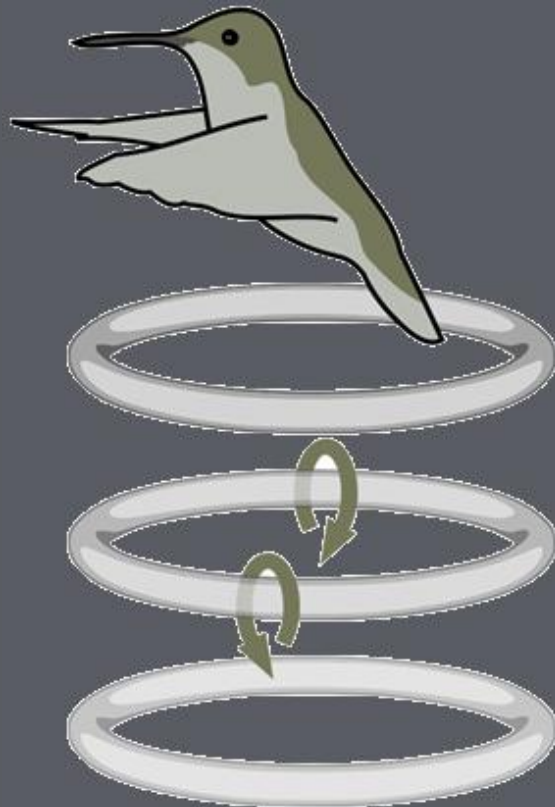


Obr. 1 Vizualizace koncového víru vznikajícího na křídle zemědělského letadla pomocí barevného kouře. Vír (resp. dvojice vírů) vzniká v důsledku rozdílu tlaku na spodní a horní straně křídla, znamená ztrátu energie a zvýšený odpor, a je tedy snaha ho u letadel konstrukčně minimalizovat. (Wake vortex study on wingtip vortices, NASA Langley Research Center, May 1990, <http://lisar.larc.nasa.gov/UTILS/info.cgi?id=EL-1996-00130>)



Obr. 2 Koncové víry na křídlech letadla, zmíněné již v předchozím obrázku, mají schopnost přetrvávat i několik kilometrů za letadlem a mohou nežádoucím způsobem ovlivnit aerodynamiku zejména menších letounů ještě daleko vzadu. Přirozeného zviditelnění koncových vírů je zde dosaženo díky oblačnosti těsně nad letadlem. (<http://fromthemouthofdave.blogspot.cz/2013/10/wake-turbulence.html>)

typická tornáda mají příčný rozměr řádově ve stovkách metrů, tropické cyklóny jako např. hurikány již ve stovkách kilometrů (do dvou tisíc kilometrů), základní cirkulace v atmosféře nebo oceánech může dosahovat až pěti tisíc kilometrů. Řada vírů bezprostředně souvisí s vlastní lidskou činností, technikou a technologickými procesy a zařízeními počínaje víry vznikajícími v úplavu nejrůznějších dopravních prostředků, výškových budov a konstrukcí, a konče třeba procesy míchání a vírovými separátory. Zajímavé problémy souvisí s vlastní biomechanikou člověka (např. víry v srdečně-cévním systému) a s pozoruhodnou biomechanikou a pohybem živočichů.



Přestože odpověď na otázku “Co je vír?” se zdá být intuitivně zřejmá s ohledem na zdánlivě jasně čitelný a opravdu velmi charakteristický jev v tekutinách, skutečná exaktní matematicko-fyzikální odpověď, tedy vlastní definice víru resp. identifikace víru, je stále předmětem živé diskuse v odborné literatuře. Je přitom nesporné, že vzhledem k obrovské rozmanitosti proudění vírového charakteru jsou univerzální a fyzikálně dobře opodstatněné nástroje – identifikační metody a veličiny – sloužící ke stanovení vírových struktur v proudění zejména na základě údajů o rychlosti a jejích lokálních změnách (popř. změnách tlaku) velmi potřebné a užitečné. Na základě výsledků identifikace vírových struktur pak můžeme postoupit dále ke studiu a následnému objasnění mechanismu vírové dynamiky v přechodovém a turbulentním proudění a dalších jevech vírového charakteru.

Obr. 3 Valnou většinu vírů nevidíme: příkladem jsou víry generované vysokofrekvenčním (typicky 50-80 krát za sekundu) pohybem křídel kolibříka. Schematicky zobrazené prstencové víry byly objeveny po natrénování kolibříka prolétávat mrakem vztlakově neutrálních mýdlových bublin plněných héliem a byly získány stereofotografickým záznamem úplavu. (http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hummingbird_wake_Pengo.svg Rayner, J.M.V. "Dynamics of vortex wakes of flying and swimming vertebrates". Symp. Soc. Exp. Biol. 49 (1995), pp. 131–155.)



Obr. 4 Tornádo vznikající na spodní straně tzv. konvektivních bouří představuje jednu z nejtýpčtějších forem vírových struktur ve volné přírodě. Na americkém středozápadě existuje proslulá “alej tornád”, kde je největší výskyt tohoto jevu, jinak rozšířeného po celém světě. Charakteristický příčný rozměr běžného tornáda je okolo 150 metrů, rozměrová škála tornád je však široká a byly zaznamenány i extrémní rozměry v řádu kilometrů. (<http://tornado-facts.com/tornado-pictures/>)