

Oponentský posudek disertační práce

Ing. Jakuba Suchého

na téma

Aeroacoustic Characteristics of Boundary-Layer Regimes

Předložená disertační práce je zaměřená na problematiku výzkumu stability proudění v laminární mezní vrstvě. Jádro práce spočívá v analýze prostorové a časové stability proudění, analýze akustických projevů generovaných v mezní vrstvě při ztrátě stability a návrhu postupu pro přesnější určení frekvence dominantních tónů. Problematika je řešena nejprve obecně, následně pak na příkladu obtékání profilu NACA 0012, který byl zvolený z praktických důvodů s ohledem na možnou verifikaci výsledků. Výsledky analýzy jsou porovnány s výsledky autorových experimentů.

Problematika stability proudění a nástupu nestability v laminární mezní vrstvě je nepopíratelně stále aktuální a, z pohledu teoretické i experimentální mechaniky tekutin, vysoce náročné téma. Pro jeho studium v rozsahu disertační práce je nutná detailní znalost problematiky mezních vrstev, znalost náležitých matematických postupů a v neposlední řadě dovednosti spojené s kvalitně provedenými a vyhodnocenými experimenty.

Zvolené téma a cíle disertační práce tak považuji za velmi přínosné a zároveň náročné.

Dosažení stanovených cílů

Autor v třetí kapitole stanovil hypotézu, v originále: „*In a laminar boundary-layer regime, the acoustic source is created by a velocity perturbation. If the perturbation is assumed to be of a single mode, the linear Orr–Sommerfeld equation can be used to estimate the acoustic source term of Lighthill’s equation for the boundary layer to obtain the peak tone emitted by the laminar boundary layer*“, a tři cíle:

1. popsat aeroakustickou stopu nestabilit vznikajících v laminární mezní vrstvě,
2. provést experimenty k výzkumu aeroakustických projevů v nestabilní mezní vrstvě a
3. na základě provedených experimentů validovat navržený teoretický model.

Cíl podle bodu 1 byl splněn. Na základě rozboru prací ostatních autorů byl navržen nový přístup pro nalezení frekvence dominantních tónů v laminární mezní vrstvě. Tento byl následně úspěšně porovnán s výsledky experimentů.

Cíl podle bodu 2 byl splněn. Autor s užitím dostupného vybavení sestavil a kalibroval experimentální model. Provedl řadu experimentů a tyto náležitě zpracoval a vyhodnotil. Výsledky experimentů správně porovnal s uznávanou teorií i s vlastním navrženým přístupem.

Cíl podle bodu 3 byl v práci splněn. Autor provedl porovnání teoretického modelu s výsledky experimentů.

Na základě dosažení jednotlivých cílů je možné potvrdit prokázání stanovené hypotézy.

Úroveň rozboru současného stavu v disertaci řešené problematiky

Autor v práci provedl detailní teoretický rozbor řešeného problému. V druhé kapitole shrnuje poznatky, které se týkají problematiky výpočtů parametrů mezní vrstvy a tyto parametry v rozsahu, jak jsou používány v další práci, definuje. Autor zároveň uvádí základní principy používané při vyšetřování stability mezní vrstvy a základy teorie akustiky s důrazem na teorii využitelnou pro vlastní práci.

Ve třetí kapitole se následně autor věnuje jednotlivým teoriím, které popisují problematiku zvuku generovaného nestabilitami v mezní vrstvě a ovlivnění stability akustickou emisí. Pro popis vhodně vybírá nejvýznamnější práce z oboru.

Rozbor současného stavu poznání je provedený na vysoké úrovni, zároveň ale srozumitelně. Vhodně kombinuje základní práce s novými výsledky. V této části textu autor ukazuje velmi dobré porozumění základním teoretickým předpokladům řešené problematiky a výbornou orientaci v tématu.

Teoretický přínos disertační práce

Za jádro práce považuji analýzu stability mezní vrstvy provedenou v kapitole 4. Autor v logicky navazujících a správných krocích řeší jednotlivé úkoly. Výsledkem tak je komplexní popis dané problematiky.

Hlavním teoretickým přínosem práce je autorem navržený postup (Tonal Noise Frequency Model) pro analytické nalezení frekvence dominantách tónů v laminární mezní vrstvě. Navržený nový postup byl porovnán jak s prací ostatních autorů, tak s výsledky vlastních experimentů. Dosažená shoda ukazuje potenciál nového postupu k aplikovatelnosti v např. výpočetních softwarech.

Za přínosnou rovněž považuji provedenou analýzu délky zpětné vazby a s tím spojený kritický komentář k práci ostatních autorů.

Práce srozumitelně a přehledně popisuje složité procesy probíhající v laminární mezní vrstvě. Po dopracování a drobných úpravách by jistě mohla, alespoň její teoretická část, být vydána jako monografie, nebo část monografie.

Praktický přínos disertační práce

Autor navrhl a realizoval experimentální zařízení pro měření frekvenční charakteristiky akustického pole v laminární mezní vrstvě. K experimentům využil dostupné vybavení. Jednotlivé komponenty experimentálního zařízení byly vybrány správně s ohledem na předpokládané parametry experimentů. Komponenty experimentálních zařízení byly náležitě kalibrovány.

Výsledky experimentů slouží hlavně k potvrzení teoretických předpokladů. Tyto výsledky je možné pokládat za unikátní. Je možné předpokládat, že dosažené výsledky bude možné použít i k další analýze vlastností mezní vrstvy.

Vhodnost použitých metod řešení a způsob jejich aplikace

Použité teoretické předpoklady, analytické metody a experimentální metody jsou správné a odpovídají současnému stavu poznání.

V teoretické části autor postupuje v logických krocích o výpočtu rychlostních profilů v mezní vrstvě přes řešení Orr-Sommerfeldovy rovnice až k určení dominantních tónů v laminární mezní vrstvě. Všechny kroky jsou náležitě popsány a jsou založeny na všeobecně přijímaných teoriích a závěrech.

Výsledky jsou prezentovány přehledně, autor správně komentuje dosažené výsledky.

Pro experimentální část byl využit aerodynamický tunel a vhodná metoda pro měření parametrů akustického pole. Autor rovněž diskutuje použití jiných experimentálních metod, např. CTA. Autor správně kalibroval použitá zařízení a zvolil vhodný postup pro měření rychlosti proudění. Volba vzorkovací frekvence, použitých filtrů a vyhodnocení s použitím Walshovy spektrální analýzy odpovídají standardnímu postupu.

Výsledky experimentů jsou správně zpracovány a prezentovány. Oceňuji množství provedených experimentů, kde výsledky umožňují detailní pohled na řešenou problematiku a patrně přináší řadu dalších otázek.

Prokázání odpovídajících znalostí v oboru

Autor v práci prokázal výborné znalosti v oblasti teoretické mechaniky tekutin. Ukázal velmi dobrou orientaci v náročném tématu, schopnost detailně pochopit a aplikovat náročné teorie. Autor rovněž prokázal značné dovednosti v oblasti experimentální mechaniky tekutin. Velmi oceňuji preciznost, s jakou byly experimenty provedeny a vyhodnoceny.

Formální úroveň práce

Práce má standardní strukturu používanou pro disertační práce. Vlastní text je logicky a přehledně strukturován. Po formální stránce má práce výbornou úroveň. Drobná výtka se může týkat označování měrných veličin a absence jednotek v seznamu veličin.

Grafy a obrázky prezentované v práci jsou přehledné a jsou vhodně použité k prokázání sledovaných jevů. Toto platí jak pro reprodukce, tak pro vlastní práci autora.

Práce je zpracovaná v anglickém jazyce. Prezentované výsledky a postupy pro jejich dosažení oponent pokládá za natolik kvalitní, že *apeluje na náležitou publikaci výsledků*.

Závěr

Disertační práce obsahuje původní a kvalitní výsledky jak v oblasti teoretické, tak i v oblasti experimentální mechaniky tekutin.

Za hlavní přínosy disertační práce pokládám:

- Práce jasně a přehledně shrnuje náročné téma.
- Autor předkládá nový postup pro určení frekvence dominantních tónů v mezní vrstvě.
- Práce obsahuje kvalitní výsledky experimentů a tyto porovnává s navrženým teoretickým postupem.

Práce neobsahuje žádné závažné nedostatky. Doporučuji rozsáhlejší publikaci výsledků.

Hodnocení

Předložená disertační práce Ing. Jakuba Suchého „Aeroacoustic Characteristics of Boundary-Layer Regimes“ má vysokou úroveň a splňuje veškeré požadavky kladené na disertační práce.

Doporučuji disertační práci Ing. Jakuba Suchého k obhajobě před komisí.

prof. Ing. Tomáš Vít, Ph.D.

Dotazy k práci:

1. V experimentální práci se odkazujete na acoustic setup – můžete prosím toto vysvětlit, co by to přineslo.
2. Klíčovou roli ve vyhodnocení experimentů hraje určení primárních a sekundárních maxim. Z popisu vyplývá, že je vyhodnocení provedeno pouze porovnáním amplitudy tlaku na naměřených datech, kdy nejvyšší hodnota je označena jako primární a druhá nejvyšší jako sekundární. Je tento přístup dostatečně přesný? Nemůže toto vést ke skokům v charakteristice na obr. 6.1? Je možné nalézt další charakteristiku, která by rozlišila primární a sekundární maxima? Není možné obr. 5.11 vykládat jako dvě maxima s blízkými frekvencemi?
3. Co by přineslo použití jiných experimentálních metod (PIV, CTA)?