

Příprava přijímacího řízení, DSP AVI – rámcové témata DisP

doc. Ing. Pavel Pokorný, Ph.D. (KNT FT TUL)

Téma: Analýza a studium rozložení elektrického potenciálu v polymerních roztocích za reálných podmínek elektrického zvlákňování nanovláken.

Anotace:

V předešlých dvou DP pracích byla ověřena hypotéza jisté organizace polymerních makromolekul v silném elektrickém poli před začátkem elektrického zvlákňování. Byl navržen, sestaven a modernizován přístroj, který měří rozložení elektrického potenciálu v silné vrstvě polymerního roztoku. Ukazuje se, že rozložení elektrického potenciálu je silně závislé na složení zkoumané kapaliny a době působení elektrického pole.

Studium jevů a charakterizace parametrů roztoků v elektrickém poli bude mít přímý dopad na receptury roztoků pro elektrické zvlákňování a porozumění komplikovaného procesu. Je nutné prostudovat souvislost mezi relaxačními časy polymerních roztoků, dielektoforetickými jevy a zvláknitelností vybraných receptur polymerních roztoků. Výsledkem by měla být technologická doporučení pro vybrané skupiny polymerních materiálů používaných při elektrickém zvlákňování a teoretické zdůvodnění získaných výsledků.

prof. Ing. Eduard Hulicius, CSc. (FZÚ AV ČR)

Tematický okruh: Nitridové nanostruktury pro detektory

Anotace:

Disertační práce bude zaměřena na přípravu, optimalizaci, charakterizaci a aplikace nitridových detektorových nano-heterostruktur na bázi mnohonásobných kvantových jam InGaN/GaN na různých podložkách. Jedná se o struktury, které mají vysokou účinnost, velký fotonový výtěžek a jsou velice rychlé (v řádu jednotek ns) v porovnání s běžně používanými scintilačními strukturami. Hlavními body práce bude příprava a optimalizace těchto struktur pomocí technologie organokovové epitaxe (MOVPE) a měření rentgenové difrakce, fotoluminiscence, radioluminiscence, SEM katodoluminiscence, Ramanova rozptylu a foto- a radio-luminiscenčního dosvitu řady různých struktur. Povrchy struktur budou zkoumány pomocí AFM a SEM. Všechny tyto metody jsou běžně a spolehlivě využívány ve FZÚ a v Cryturu. Student je bude muset pochopit a používat pro hlubší studium detektorových struktur ve spolupráci s příslušnými kolegy. Cílem disertační práce bude získání součástky vhodné pro výrobu ve firmě Crytur.

Tematický okruh: Optické metody měření a laserová měřicí technika

Abstrakt tématu disertační práce:

V přesné optické výrobě je kromě požadavků na tvarovou přesnost či mikrodrsnost kladen důraz také na nepřítomnost míst s rozdílnými optickými vlastnostmi, tedy na absenci povrchových defektů. Jejich přítomnost totiž může velice podstatně ovlivnit výsledné optické vlastnosti díky nekontrolovatelnému šíření optického svazku v místech těchto defektů.

V oblasti povrchové inspekce optických ploch doposud převažuje komparativní vizuální hodnocení za pomoci referenčních standardů podle normy MIL-O-13830. Tento způsob vyhodnocování je ovšem značně závislý na operátorovi. Další normou pro detekci povrchových vad optických ploch je ISO-14997, stojící na principu radiometrického měření ekvivalentní šířky a ekvivalentního průměru defektu, kdy je sice dosaženo výrazně lepší reprodukovatelnosti metody v porovnání s normou MIL-O-13830, avšak rutinnímu výrobnímu nasazení brání špatná aplikovatelnost této metody na zakřivené povrchy.

Tato dizertační práce by se měla zabývat vývojem vhodného systému pro vyhodnocování povrchových vad optických ploch. Vývoj by měl směřovat k co nejobektivnější a co nejvíce automatizované charakterizaci povrchových vad, a to s možností aplikace na široké spektrum optických ploch (sférické, asférické, free form) s různým zakřivením. Navrhované téma se jeví vzhledem k poptávce po takovémto systému zejména ze strany producentů přesné optiky a optických systémů jako velice perspektivní a aktuální.

Díličními cíli DDP jsou zejména:

- implementace a zdokonalování normovaných metod pro charakterizaci povrchových vad optických ploch,
 - návrh a sestavení zařízení pro charakterizaci povrchových vad,
 - optimalizace snímání a vyhodnocování dat,
 - objektivizace a automatizace procesu charakterizace povrchových vad,
 - testování použitelnosti zkonstruovaného zařízení na konkrétních kusech přesné optiky v rámci výroby.
-

Ing. Josef Novák, Ph.D. (NTI FM TUL)

Téma: Numerické řešení multifyzikálních problémů v technických aplikacích

Anotace:

Téma je zaměřeno na řešení matematického modelu sdružené úlohy, sestávající ze tří fyzikálních polí. Pole tepelného, pole vlhkosti a pole elastických deformací. Mezi uvedenými jevy jsou nelineární vazby vzhledem k vlhkostním a teplotním závislostem použitých materiálů. Uvedenou sdruženou úlohu lze v technické praxi najít např. v oblasti projektování podzemních úložišť radioaktivních odpadů či v oblasti vývoje materiálů pro separační technologie. Práce bude zaměřena na definici úlohy pro konkrétní vybranou aplikaci, výběr numerických metod vhodných pro řešení, jejich implementaci, kalibraci a verifikaci modelu.

Ph.D. topics 2017

Title: Efficient FEM algorithms for contemporary hardware

Abstract

Numerical simulations, including these based on the finite element method, are extremely computationally demanding. In order to fully exploit power of current hardware it is necessary to carefully optimize the code or even modify some algorithms. The research will focus on such modifications of FEM algorithms (e.g. assembly, error-estimation, interpolation) that provides good performance for different architectures and wide range of problem sizes, while preserving generality necessary for practical purposes. In particular we study algorithms that splits the computational mesh into small chunks that fits into the cache. This allows usage of vector operations and runtime formula evaluation. Further this improves core load balancing. Other techniques as just in time compilation will be used for small scale simulations.

The scientific contribution is in particular application of these techniques to general FEM algorithms and their parametrization to fit to wide range of computer architectures.

Title: A posteriori error estimates for problems on mixed meshes

Abstract

In order to describe a small scale features with large scale impact, like a fractures, one can employ meshes of different dimensions and extended finite element methods. These techniques are partially alternative to the mesh adaptivity, but should rather be viewed as a complementary. The research topic will be development of computable and reliable a posteriori error estimates for problems on mixed meshes. In particular we will focus on advection-diffusion processes using mixed-hybrid finite elements and discontinuous Galerkin method.

Main contribution is combination of estimates and mixed meshes. This allows both adaptive meshing or enrichment but also better stopping criteria for linear and non-linear solvers.

Title: Model reduction techniques for fractured porous media

Abstract

A full scale simulation of a subsurface water flow and transport of contaminants can take several hours. In order to make the simulation part of an optimization problem or Monte-Carlo simulation a simplified model is necessary, which captures main features qualitatively while providing very fast simulations. The model order reduction techniques will be studied to allow automatic and continuous model simplification. Different methods as reduced basis method and balanced truncation will be applied to speed up optimization and Monte-Carlo simulations of subsurface water flow and transport.

Main contribution of the research will be combination of model order reduction methods with multi level Monte-Carlo simulation and transport processes in complex geometries.

Téma: Definované cyklodextrinové polymery

Abstrakt:

Cyklodextriny jsou v přírodě se vyskytující cyklické oligosacharidy složené z jednotek glukosy. Vzhledem k jejich povaze jsou cyklodextriny netoxické a biologicky odbouratelné. Cyklodextriny mají tvar dutého komolého kužele s lipofilní kavitou. S ní souvisí nejdůležitější vlastnost cyklodextrinů – schopnost tvořit komplexy s celou řadou těchto lipofilních látek. V současné době je tento fenomén využíván v potravinářství, kosmetickém či farmaceutickém průmyslu.

Jednou z možností, jak rozšířit možnosti jejich využití je příprava cyklodextrinových polymerů. V současné době jsou jako nejčastěji využívány polymery, které jsou mezi sebou spojeny náhodně. To spolu s širší distribucí molekulových hmotností polymeru přináší při jejich dalším využití problémy s opakovatelností a reprodukovatelností. Cílem disertační práce je provést jednoduchou syntézu disubstituovaných derivátů cyklodextrinů a tyto sloučeniny použít pro přípravu definovaně spojených cyklodextrinových polymerů. Výsledné polymerní substráty pak budou využity v analytické chemii, katalýze nebo tkáňovém inženýrství.

Téma: Příprava hybridních (nanovláknenných) materiálů pro katalýzu chemických reakcí

Abstrakt:

V současné době je pozorován trend stále se zvyšujícího zájmu v oblasti vývoje hybridních organicko-anorganických nanomateriálů. Hybridní nanomateriály nabízejí celou škálu jedinečných vlastností vzhledem k přítomnosti a provázanosti anorganické i organické složky, které se navzájem ovlivňují. Nové hybridní nanomateriály nacházejí uplatnění především v elektronice, optice, senzorech, filtračních procesech, biomedicínských aplikacích a katalýze.

Cílem práce bude připravit zcela nové typy hybridních (nanovláknenných) materiálů určených primárně pro katalýzu enantioselektivních reakcí. Je známá celá řada farmaceuticky a biologicky aktivních látek, které jsou chirální, navíc pouze jeden jejich enantiomer vykazuje požadovanou aktivitu. Nově připravený hybridní (nanovláknenný) materiál by měl být primárně potenciálně aplikovatelný v oblasti heterogenní katalýzy a sloužit tak např. jako unikátní membrána, či filtr schopný rozlišit a zachytit jednotlivé enantiomery. Hybridní materiál by měl být připraven kombinací modifikovaných cyklodextrinů a vybraných alkoxidů, či alkylalkoxysilanů. Samotná kombinace volených složek předurčuje nově připraveným systémům širší aplikační potenciál, než jaký je primárně plánován. Práce je navrhována s ohledem na vybavení pracoviště syntézy nanomateriálů a pracovišť se kterými se úzce spolupracuje tak, aby bylo téma zvládnutelné studentem.

Zadání disertační práce: Vývoj nanovláknenné membrány na bázi zesíťované polyakrylové kyseliny určené pro odstraňování iontů těžkých kovů z odpadních vod

Znečištěné odpadní vody je jeden z velkých problémů současného světa, výrazně totiž omezuje přístup určité části lidské populace k pitné vodě. Znečištěním vodních toků a nádrží těžkými kovy se zhoršuje kvalita vodních ekosystémů i ekosystémů v jejich okolí. Znečištění vody lze v některých případech omezit metodami čištění odpadních vod.

Voda je obvykle označována jako znečištěná, když je narušena antropogenní kontaminací a není pitná, stejně jako slouží jako pitné vody, a nebo prochází výraznou změnou s následkem omezení biodiverzity, nebo přežití vodních organismů vůbec.

Anotace:

Cílem disertační práce je **(i)** na základě literární rešerše vyjasnit dosavadní stav poznání dané problematiky, **(ii)** definovat roztok komerční kyseliny polyakrylové (dále jen PAA) (Sokalan – od firmy BASF), popřípadě její směsi s jiným vhodným polymerem, vhodný pro elektrostatické zvlákňování z volné hladiny s ohledem na molární hmotnost PAA, nalézt vhodná ko-rozpouštědla a síťovací prostředek v optimální koncentraci tak, aby byla zajištěna stabilita nanovláken a zároveň dostatek volných karboxylových skupin určených pro vazbu kovových kationtů, vyhodnotit kinetiku síťovací reakce a minimalizovat potřebný čas i teplotu pro její průběh. Zvlákňování provést nejprve laboratorně, následně poloprovozně za využití Superlabu (firma Elmarco). Pro posouzení kvality nanovláknenné membrány bude použita např. SEM (Scanning Electron Microscope), FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy), vyhodnocení prodyšnosti, test modulu a pevnosti nanovláknenné vrstvy za sucha i mokra, **(iii)** vyhodnotit, jak je nanovláknenná vrstva na bázi PAA kvalitativně a kvantitativně schopna kovalentně navázat různé kationty těžkých kovů (např. Cu^{2+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{3+} , atd.) na karboxylové skupiny za využití např. rentgenové fotoelektronové spektroskopie (XPS) nebo jiných vhodných metod, **(iv)** navrhnout a otestovat optimální morfologii nanovláken na bázi PAA nebo její směsi - nanopříze vs. nanovláknenná membrána s ohledem na kinetiku a efektivnost sorpce těžkých kovů.

Téma: Model sdruženého procesu deformace-proudění-transport v hornině

Anotace:

Téma navazuje na práci (Zhao et al, 2013) s účastí školitele. Motivací pro zadání je potřeba porozumění mechanismu, jak vlivem ražby a dalšími umělými zásahy dochází ke změně izolačních vlastností horniny v hlubinném úložišti vyhořelého jaderného paliva, konkrétně možnost vzniku vybrané struktury puklin malého objemu s rychlým pohybem vody. Dosavadní práce zkoumaly hlavně vztah napjatosti/deformace s propustností, avšak je známo, že rychlost transportu látky závisí na struktuře pórového objemu, nejen na celkovém toku vody. Citovaný článek demonstroval vznik rozevření puklin orientovaným adekvátně vůči směru napětí, porovnal více metod výpočtu, ale byl založen na syntetické modelové

úloze s realistickou strukturou puklinové sítě promítnutou do 2D a méně realistickými hydro-mechanickými okrajovými podmínkami ve vztahu k měřítku. Úkolem disertační práce by bylo rozvinout téma v několika směrech:

- definovat vhodnou úlohu s realistickými podmínkami okolí tunelu nebo vrtu jak ve 2D, tak ve 3D,
- zahrnout do porovnání různá měřítka (centimetry až metry),
- hledat souvislosti mezi různými metodami výpočtu napjatosti/deformace – vymezit podmínky za jakých metody dají srovnatelné výsledky,
- použít více metodik vyhodnocení rychlosti pohybu rozpuštěné látky (distribuce doby zdržení, ekvivalentní modely advekce/disperze/difúze do matrice),
- navrhnout způsob, jak studovaný jev zahrnout do hodnocení bezpečnosti úložiště.

Téma: Studium využitelnosti komplexu dat monitoringu pro pohyb vody v hornině

Anotace:

Předmětem zadání je kombinace metod umožňujících z monitorovaných dat získat parametry horninového prostředí, které jsou samy o sobě známe resp. z větší části standardně používané. Konkrétně jde o určení propustnosti na základě tlakových testů nebo průsaku do tunelu, rychlosti pohybu nebo distribuce doby zdržení (sekundárně pak pórového objemu) ze stopovacích metod, použití chemismu vody jako indikátoru původu vody a časoprostorového měřítka pohybu a teploty vody/horniny jako dalšího typu "stopovače" indikujícího jak množství vody, tak rychlost pohybu. Přestože jsou metody vyhodnocení dílčím způsobem v různých případových studiích kombinovány, není pro souhrnné vyhodnocení ustálený postup a váha informace z různých metod je specifická pro konkrétní podmínky.

Konkrétním cílem práce by pak bylo jednak demonstrovat kombinaci metod na případové studii vodárenského přivaděče Bedřichov (v českých podmínkách unikátní lokality), jednak použít obecné metodiky pro řešení inverzních úloh pro stanovení míry informace jako nesou jednotlivé typy měřených dat o parametrech/jevech pohybu vody (jak na případové studii, tak s pokusem o zobecnění – tj. vymezení podmínek, např. kdy která kombinace je účelná). Specifikem kombinace metod je to, že částečně indikují doplňující se parametry a částečně stejné parametry, tedy z konfrontace může vyplynout jak snížení nejistoty určení parametru, tak naopak větší rozmezí hodnot. Novým aspektem by dále bylo použití multidimenzionálního numerického modelu (3D masiv/matrice – 2D pukliny) pro simulace jednotlivých jevů a kalibrace parametrů inverzními metodami. Součástí by bylo vyhodnocení projevu různých numerických schémat propojení 2D-3D na výsledky jak přímé, tak inverzní úlohy, což konkrétně pro transport látky a tepla není prozkoumaná problematika (závisí např. na sdílených nebo oddělených stupních volnosti na rozhraní pukliny a matrice).

Téma: Pokročilé numerické metody pro hydro-mechanické simulace

Abstrakt:

Práce bude zaměřena na matematické modelování hydro-mechanické interakce hornin, resp. porézních materiálů s vysokou mírou nehomogenity. Cílem bude formulovat model zahrnující Biotův model poroelasticity pro geometrickou oblast s diskrétními puklinami, model poškození a šíření puklin. Model bude diskretizován metodou konečných prvků, pro popis diskrétních poruch budou využity metody rozkladu jednotky. Numerická metoda bude analyzována z hlediska konvergence a implementována do počítačového kódu a bude realizován výpočet modelové úlohy.

- [1] A. Mikelić, M. F. Wheeler, T. Wick. A quasi-static phase-field approach to pressurized fractures, *Nonlinearity* 28(5), 2015.
- [2] N. Moës, J. Dolbow, T. Belytschko. A finite element method for crack growth without remeshing, *International Journal for Numerical Methods in Engineering* 46:131-150, 1999.
- [3] V. Girault, K. Kumar, M. F. Wheeler. Convergence of iterative coupling of geomechanics with flow in a fractured poroelastic medium, *Computational Geosciences* 20(5):997–1011, 2016.

Téma: Numerické řešení nehladkých úloh v mechanice tekutin

Abstrakt:

Práce bude zaměřena na matematické modelování tekutin s komplexní reologií s aktivačními mechanismy, které se používají při popisu např. geofyzikálních, biologických materiálů nebo pro interakci tekutin s hydrofobními povrchy. Tyto materiály lze charakterizovat jako nenenewtonovské tekutiny s nehladkými konstitučními vztahy a okrajovými podmínkami. Pro kvalitativní analýzu nehladkých nelineárních problémů existují klasické i nové postupy založené na teoriích variačních nerovnic [3], resp. implicitních konstitučních vztahů [1]. Numerická analýza a řešení se v odborných pracích zaměřuje obvykle buď jen na nenenewtonovské tekutiny [4] nebo jen na nehladké problémy [2]. Cílem práce bude navržení a analýza konvergence numerické metody pro problémy zahrnující oba aspekty včetně implementace do počítačového kódu a realizace výpočtu modelové úlohy.

- [1] M. Bulíček, J. Málek. On unsteady internal flows of Bingham fluids subject to threshold slip on the impermeable boundary, In *Recent Developments of Mathematical Fluid Mechanics*, pp. 135-156. Springer, 2016.
 - [2] R. Kučera, V. Šátek, J. Haslinger, S. Fialová, F. Pochylý. Modeling of Hydrophobic Surfaces by the Stokes Problem With the Stick–Slip Boundary Conditions, *J. Fluids Eng* 139(1), 2016.
 - [3] R. Glowinski. *Numerical Methods for Nonlinear Variational Problems*. Springer, 1984.
 - [4] C. Kreuzer, E. Süli. Adaptive finite element approximation of steady flows of incompressible fluids with implicit power-law-like rheology, *ESAIM: M2AN*, 50(5):1333-1369, 2016.
-

Ing. Jakub Hrůza, Ph.D. (Oddělení nanotechnologie a informatiky CxI TUL, NTI FM TUL)

Téma: Modifikace povrchu nanovláknenných filtrů

Popis tématu:

Téma se zabývá vývojem nanovláknenných filtrů určených pro čištění kapalin a plynů. Příkladem je separace částic o velikosti řádově desetin až jednotek mikrometru (jemný prach, bakterie, plísňe, kvasinky...), nebo katalytický rozklad vybraných látek. Při současném vývoji membránových a patronových (svíčkových) filtrů byla prokázána nutnost úpravy povrchu nanovláken z pohledu afinity k jednotlivým látkám, antimikrobiální účinnosti, případně schopnost rozkladu specifických látek. Tyto úpravy jsou již na mnoha světových pracovištích řešeny, zde by byl kladen větší důraz na stabilitu úprav a její testování pomocí poloprovozních a provozních testů.

Ing. Michal Komárek, Ph.D. (Oddělení nanotechnologie a informatiky CxI TUL, NTI FM TUL)

Téma: Nanomateriály pro uchovávání elektrické energie

Anotace:

Využití nanomateriálů a nanotechnologií v elektrotechnických aplikacích je zásadní pro maximalizaci efektivity, snížení nutné hmotnosti a objemu. Dle rešerše publikací ve významných vědeckých časopisech, existuje relativně široká škála vyvíjených aplikací zahrnující oblast nanostrukturovaných senzorů, nanovláknenných vodičů, polovodičových vrstev, kompozitů s uhlíkovými nanotubicemi, piezoelektrických měničů apod. Na Technické univerzitě v Liberci byly v rámci bakalářských a diplomových prací vyvíjeny nanovláknenné materiály z vodivých polymerů a testovány aplikace v sekundárních bateriích a tzv. superkapacitorech. Téma je možné rozvinout v rámci disertační práce. Předpokladem je aktivní samostatný přístup doktoranda, tak aby na základě konzultací a vlastní rešerše navrhl logický sled experimentů, navrhl metodiky hodnocení a jednotlivé výzkumné úkoly realizoval.

Fatma Yalcinkaya, Ph.D., M.Sc. (Oddělení nanotechnologie a informatiky CxI TUL, NTI FM TUL)

Ph.D. topics 2017

Title: Electrospinning Process and Nanofibers

Abstract:

The importance of ultra-thin nanofibres is increasing day by day with developments in technology. Due to their high surface area, pore structure and good mechanical properties, ultra-thin fibres are a good candidate for filtration, biomedical application, sensors and so on. Electrospinning is one of the easiest methods of producing thin fibres in sub-micron dimensions. The basic principle of the electrospinning method involves placing a polymer solution into a syringe and applying a high voltage to the polymer solution coming out of the

needle tip, which highly electrifies the solution droplet at the needle tip. There are many factors affecting the electrospinning process and fibre properties. The viscosity, concentration, surface tension, molecular weight, conductivity and dielectric properties of the polymer solution are classified as system parameters of electrospinning. The voltage, feed rate of the polymer solution, distance between collector and the needle tip, temperature of the solution and ambient parameters are in the group of process parameters. A needle-less electrospinning method, which is called 'roller electrospinning', is used for bulk production as it is able to produce nanofibres in industrial scale. Hundreds of jets can be formed simultaneously on the roller spinning electrode. The parameters of roller electrospinning are different to needle electrospinning. Process parameters show a particular difference in the case of experimental and theoretical explanations. Each parameter plays a role in the electrospinning process and quality of the nanofiber.

Content: In this lecture, first, the nanofiber production methods, then basic parameters of the electrospinning process will be introduced. The solution based nanofibers and their preparation method will be explained. The needle-free electrospinning mechanism and effective parameters will be introduced. The importance of this lecture is to understand the mechanism of the electrospinning process and production of functional nanofibers.

The lecture will include two parts: theoretical and practical in laboratory.

Useful sources:

- An Introduction of Electrospinning and Nanofibers (By (author): Seeram Ramakrishna (National University of Singapore), Kazutoshi Fujihara (National University of Singapore), Wee-Eong Teo (National University of Singapore), Teik-Cheng Lim (National University of Singapore), Zuwei Ma (National University of Singapore)).
- Nanofibers-Production, Properties and Functional Applications (By author: Tong Lin, ISBN 978-953-307-420-7, 468 pages, Publisher: InTech, Chapters published).
- Needleless Electrospinning: Developments and Performances (By author: Haitao Niu, Xungai Wang and Tong Lin)

Title: An Introduction to Membrane Science and Nanotechnology

Abstract:

Due to growing demand for production of safe water a search of new materials for water purification is of critical issue. Their production should be of low cost and offers easily scalable manufacturing protocol. Based on the need to develop and target applications of low cost membranes, this work will address the cross flow microfiltration of liquid/solid and liquid/liquid separation. Nanofibrous membranes have not found any real applications due to the weakening high pressure commonly used in water treatment. To address the weakening problem, the mechanical properties of nanofibrous material was be improved using various types of lamination on various supporting layers. The aim of this lecture is the comprehensive design and characterization of nanofibrous composite web suitable for filtration of liquid/solid and liquid/liquid separation in industry such as textile dyeing and finishing, pharmaceutical, marine and food. Nanofibers has small fiber diameter and pore size which is suitable for the application in microfilters.

Content: The topics will be:

- Fundamental aspects of membranes and membrane processes
- Membrane preparation and characterization
- Membrane module and basic process design
- Membrane fouling
- Nanotechnology in Membrane separation

The lecture will include two parts: theoretical and practical in laboratory.

Useful sources:

- Introduction to Membrane Science and Technology (By author: Heinrich Strathmann)
 - Membrane separation system: Recent developments and future directions (By author: Baker, R.W.; Cussler, E.L.; Eykamp, W.; Koros, W.J., Riley, R.L.; Strathmann, H.)
 - Handbook of Industrial Membranes (By author: K. Scott)
-

doc. Ing. Petr Šidlof, Ph.D. (NTI FM TUL)

Title: Flow-induced vibration of blade cascades

Abstract

The general trend in the design of last-stage blades in modern steam turbines tends toward long and slender blades. Under certain circumstances, the blades can be susceptible to flow-induced vibration with potentially catastrophic consequences. This aeroelastic instability, generally called blade flutter, may be caused by various physical mechanisms, e.g.

- classical subsonic flutter (negative aerodynamic damping due to phase shift between the blade motion and aerodynamic loading)
- supersonic flutter
- stall flutter (unsteady loading due to periodic flow separation, less likely)
- flow intermittency (unsteady partly stochastic aerodynamic loading due to switching between subsonic and supersonic flow regime)
- unsteady behavior of the shock wave, shock wave - boundary layer interaction

Theoretically, flutter may be avoided by stiffening the structure, increasing structural damping or modifying the blade shape and aerodynamic conditions. However, the possible measures are limited due to many practical constraints. In all accounts, the knowledge of the flow field and of the unsteady aerodynamic loading is essential for the flutter-free blade disc design.

The general goal of the Ph.D. project is to investigate the possible conditions leading to blade flutter by means of numerical simulation of the fluid-structure interaction between the elastic blade sections in the cascade and the fluid flow. The fluid flow will be modeled by Navier-Stokes equations with a suitable turbulence model in the Arbitrary Lagrangian-Eulerian approach discretized by the Finite Volume Method using, e.g., the OpenFOAM CFD library. The blade section can be regarded as a rigid profile supported by a linear and torsional spring. The numerical simulations will be run in parallel using the computational

resources of the Metacentrum National Grid Infrastructure. The results of the CFD simulations will be validated by experimental data acquired by interferometric and pneumatic flow field measurements on a physical model of blade cascade in a high-speed wind tunnel.

[prof. Ing. Pavel Mokřý, Ph.D. \(MTI FM TUL\)](#)

Téma práce: Zobrazování feroelektrických domén pomocí tomografie-na-čipu se super-vysokým rozlišením

Charakteristika:

Práce spadá do základního výzkumu v oblasti experimentální optiky. Doktorand se bude zabývat návrhem experimentálního zařízení a numerických výpočetních metod pro tomografii-na-čipu (angl. on-chip tomography) se super-vysokým rozlišením. Vyvinuté metody budou použity pro zobrazování feroelektrických domén. Budou vyvíjeny metody, které umožní pozorování domén o rozměrech v řádu stovek nanometrů v celém objemu feroelektrického monokrystalu. Cílem práce je vytvoření experimentálních metod, které umožní pozorování geometrie feroelektrické doménové struktury v celém objemu feroelektrického krystalu. Výsledky optických umožní pochopit vliv feroelektrických doménových struktur na makroskopické vlastnosti feroelektrických monokrystalů a experimentálně analyzovat mechanismy, které řídí pohyb feroelektrických doménových stěn. Optické metody se super-vysokým rozlišením realizované pomocí on-chip technologie umožní konstrukci budoucích kompaktních nano-elektronických zařízení.

Vědecko-výzkumný přínos tématu:

Vyřešení navrhovaného tématu významným způsobem přispěje ke dvěma oblastem výzkumu. Nejprve v oblasti výpočetní optiky bude výstupem práce numerické algoritmy, které umožní tomografii-na-čipu transparentních látek s nehomogenním rozložením indexu lomu (např. skla, plasty, optické materiály s fázovou přeměnou, apod.). To může být užitečné v pokročilých odvětvích sklářského a chemického průmyslu. Měření prostorového rozložení indexu lomu se super-vysokým rozlišením v průhledných materiálech umožní konstrukci nových optických záznamových medií s vysokou hustotou informace. Zadruhé v oblasti feroelektrických materiálů práce umožní detailně zobrazovat procesy související s pohybem doménových stěn ve feroelektrických monokrystalech.

Téma práce: Digitální holografická tomografie feroelektrických domén

Charakteristika:

Práce spadá do základního výzkumu v oblasti experimentální optiky. Doktorand se bude zabývat návrhem experimentálního zařízení a numerických výpočetních metod pro digitální holografickou tomografii v transparentních materiálech s nehomogenním rozložením indexu lomu. Cílem práce bude návrh a výzkum iteračních metod pro numerickou rekonstrukci rozložení indexu lomu z optických tomografických měření. Metodu vycházejí z klasických numerických metod tomografie (Radonova transformace, metoda zpětné filtrace, apod.) vyvinutých pro rentgenovou tomografii a budou rozšířeny pro tomografii v oblasti viditelného spektra. Vyvinuté metody budou použity pro zobrazování feroelektrických domén v celém objemu feroelektrického krystalu. Výsledky optických umožní pochopit vliv

feroelektrických doménových struktur na makroskopické vlastnosti feroelektrických monokrystalů a experimentálně analyzovat mechanismy, které řídí pohyb feroelektrických doménových stěn.

Vědecko-výzkumný přínos tématu:

Vyřešení navrhovaného tématu významným způsobem přispěje ke dvěma oblastem výzkumu. Nejprve v oblasti výpočetní optiky bude výstupem práce numerické algoritmy, které umožní numerickou rekonstrukci tomografii-na-čipu transparentních látek s nehomogenním rozložením indexu lomu (např. skla, plasty, optické materiály s fázovou přeměnou, apod.). To může být užitečné v pokročilých odvětvích sklářského a chemického průmyslu. Měření prostorového rozložení indexu lomu se super-vysokým rozlišením v průhledných materiálech umožní konstrukci nových optických záznamových medií s vysokou hustotou informace. Zadruhé v oblasti feroelektrických materiálů práce umožní detailně zobrazovat procesy související s pohybem doménových stěn ve feroelektrických monokrystalech.

Téma práce: Adaptivní akustické metapovrchy

Charakteristika:

Práce spadá do základního výzkumu v oblasti akustiky, elektroniky a metamateriálů. Doktorand se bude zabývat základním výzkumem adaptivních akustických metapovrchů. Adaptivní akustické metapovrchy jsou speciálně připravené struktury s akustickými vlastnostmi, které obvykle není možné v přírodě pozorovat, ale je možné je speciálně vyrobit v laboratoři. V našem případě se jedná o systémy tvořené kompozitními strukturami s piezoelektrickými materiály. K piezoelektrickému aktuátoru je navíc připojen elektronický obvod. Tak je možné docílit aktivní řízení akustických vlastností metapovrchu. Pomocí tohoto systému je možné vytvořit systém pro potlačení přenosu hluku. Cílem práce je provést akustická měření a charakterizovat základní akustické vlastnosti adaptivních akustických metapovrchů.

Vědecko-výzkumný přínos tématu:

Pomocí adaptivních akustických metapovrchů je možné vytvořit systémy pro potlačení přenosu hluku. Aplikační přínos je zřejmý. Konstrukce adaptivního akustického metapovrchů je originálním problémem i z hlediska základního výzkumu v oblasti akustiky.

Téma práce: Modelování feroelektrických polovodičů a feroelektrických metamateriálů

Charakteristika:

Práce je zaměřena do oblasti materiálového výzkumu feroelektrických polovodičů pomocí numerických simulací. Feroelektrické materiály mají zcela zásadní význam pro mnoho pokročilých elektronických aplikací. V současné době je velmi aktuální studium jejich polovodičových vlastností, které jsou zdrojem mnoha fascinujících fyzikálních jevů (více například zde <http://www.nature.com/ncomms/journal/v3/n3/full/ncomms1751.html>). Mnoho základních otázek je stále nezodpovězeno. Feroelektrické metamateriály je zcela nová oblast aplikace feroelektrických materiálů v elektronice. Feroelektrické metamateriály využívají lokálních nestabilit krystalové mřížky i globálních nestabilit doménových struktur pro vytvoření systémů se zápornou kapacitou. Cílem práce je návrh numerických metod pro

řešení silně nelineárních parciálních diferenciálních rovnic. Vyvinuté metody budou použity pro vytvoření numerického modelu nabitě doménové stěny ve feroelektrickém polovodiči. Výsledkem simulací bude demonstrace vybraných zajímavých fyzikálních jevů, které v těchto materiálech nastávají.

Vědecko-výzkumný přínos tématu:

Provedení numerických simulací ve feroelektrických polovodičích stále představuje výzvu v oblasti materiálového výzkumu feroelektrik. Feroelektrické polovodiče jsou v současné době aplikovány v nano-elektronických paměťových zařízeních s mimořádným aplikačním potenciálem. Možnost vytvoření systémů se zápornou kapacitou pomocí feroelektrických metamateriálů otevírá velké možnosti snížení spotřeby procesorů a paměťových prvků.

Ing. Vít Lédl, Ph.D. (Výzkumné centrum TOPTEC, Turnov; NTI FM TUL)

Téma: Multivlnná holografická interferometrie

Abstrakt:

Práce je zaměřena na analýzu současných prostředků – HW, SW i výpočetních – umožňujících výrazné zlepšení parametrů stávajících holografických metod pro měření tvarů. Cílem práce bude multikriteriální optimalizace holografického uspořádání využívající moderních kamer, přeladitelných laserů, sběru a vyhodnocení velkého množství dat. Výstupem budou měřicí metody umožňující měření objektů s průměrem přesahujícím 80 mm a s volnou geometrií povrchu, a to jak s povrchem difúzně reflexivním, tak s povrchem hladkým.

Absolvent se stane odborníkem na charakterizaci tvaru ploch optických elementů pomocí bezdotykových optických metod. Takový odborník nalezne široké uplatnění v průmyslu zabývajícího se přesnou optikou, jemnou mechanikou či ve výzkumu a vývoji. S vývojem inovativní měřicí techniky pro charakterizaci povrchu jsou neodlučitelně spojeny i úlohy z oblasti pokročilého a zcela automatického zpracování 2D i 3D signálů, handling velkého množství dat či automatizace měřicího procesu, což je v souladu s moderními strategiemi a předpokládanými trendy v budoucnosti.

Téma: Přesné polohování v rámci metrologických systémů pro využití ve styčovací interferometrii

Abstrakt:

Cílem práce je návrh metod pro přesné polohování a odměřování polohovacích systémů s rozsahem ve stovkách mm s opakovatelnou přesností pod 0,5 μm . V rámci práce bude provedena rešerše současných přístupů k přesnému polohování a odměřování polohy, jejich fyzikálních limitů (suché tření) a faktorů ovlivňujících opakovatelnou přesnost. Dále budou analyzovány neoptimálnější algoritmy pro řízení polohovacích systémů po trajektoriích předem daných a spočítaných obrazců vedoucích na geometrické pozice čtyřosých a šestiosých polohovacích systémů. Tyto pozice pak budou v reálném čase zpětnovazebně řízeny na základě obrazové informace. Dále budou prováděny analýzy a optimalizace s cílem dosažení co nejlepšího skládání naměřených interferometrických dat z měření komplexních optických povrchů, jako jsou povrchy asférické, případně freeform.

Absolvent bude mít specializaci v oboru přesného polohování s vysokou přesností a opakovatelností najíždění. Bude schopen navrhovat a analyzovat nové systémy přesného polohování pro nejrůznější aplikace ve zpracovatelském průmyslu, v oblasti přesného obrábění a měření či výzkumu a vývoji. Dá se předpokládat, že s nastupující iniciativou Průmysl 4.0 budou přesné polohování, automatizace a řízení multi-osých systému směřující téměř ke kognitivním systémům klíčovými aktivitami v průmyslu i VaV.

Téma: Měření komplexních povrchů za využití pokročilých interferometrických metod

Abstrakt:

Cílem práce je vytvoření nové metody měření využívající principů absolutní interferometrie tak, aby tyto mohly být implementovány v průmyslovém měřicím zařízení. Metoda využije metrologicky trasovatelných přeladitelných laserů odměřovaných kalibrovaným vlnoměrem. Měřicí metoda by v sobě měla zahrnovat vysokou odolnost proti chybám dosaženou použitím principu samokalibrace a teplotní kompenzace. Oba tyto inovativní způsoby potlačení chyb v interferometrii budou implementovány spíše způsobem výpočetního odstranění než přístupem zrobustňování konstrukce celého zařízení.

Absolvent bude specialistou v oblasti metrologie a instrumentace se zaměřením na přesné a absolutní měření vzdáleností simultánně v mnoha bodech. Absolvent si osvojí způsoby dosahování vysoké přesnosti a metrologické trasovatelnosti u měřicích metod pro obecné měření tvaru. K vývoji měřidla pro absolutní měření vzdáleností patří i aktivity z oblasti zpracování vícerozměrných signálů, rychlé zpracování velkého množství dat či automatizace měřicího procesu, což je v souladu s moderními strategiemi a předpokládanými trendy v budoucnosti. Absolvent tak nalezne uplatnění nejen v oddělení kontroly kvality firem zabývajících se přesným obráběním, ale i ve výzkumu a vývoji různých společností sledujících moderní technický vývoj.

Téma: Vývoj algoritmů pro sub-aperturní techniky v koherentních měřicích metodách

Abstrakt:

Cílem práce je vývoj algoritmů pro přesné skládání dat získaných sub-aperturními technikami měření. Optické koherentní metody měření (zpravidla interferometrie a holografie rozvíjené na FM TUL) mají limitované laterální rozlišení dané zobrazovacími vlastnostmi soustavy, což často přináší problémy při měření velkých ploch či ploch se složitější geometrií. Měření velkých ploch může být standardními technikami neproveditelné. Možností je měřit velké plochy v několika menších aperturách a ty následně složit do celkové mapy např. topografie povrchu.

Vzhledem k vysoké citlivosti koherentních metod (citlivost v řádech desítek až jednotek nm) hraje při skládání fatální roli celá řada parametrů, jejichž vliv je třeba důkladně prozkoumat, aby mohl být potlačen či zcela odstraněn. Jedná se o mnoho dimenzionální optimalizační problém, který je třeba v reálných aplikacích řešit robustně a velmi rychle.

Práce bude zaměřena na rešerši přístupů a algoritmů, které se v současnosti používají. Dále budou navrženy a analyzovány nové algoritmy pro skládání dat z jednotlivých apertur a tyto budou optimalizovány pro maximální efektivnost při využití v interferometrii i holografii. Výstupem bude sada robustních algoritmů pro sub-aperturní měření komplexních optických

povrchů, jako jsou povrchy asférické, případně freeform. Cílem je zautomatizovat celý proces měření s co nejmenším počtem zásahů operátora.

Absolvent bude specialista na analýzu a návrh algoritmů v oblastech zpracování obrazu, numerického řešení optických soustav, kalibrace dat či aproximace dat vhodnými ortogonálními polynomy. Absolvent bude schopen navrhovat algoritmy pro efektivní, rychlé a automatické zpracování dat v nejrůznějších aplikacích v průmyslu při procesech kontroly kvality či v různých oblastech výzkumu a vývoje.