BULLETIN

ČESKÁ SPOLEČNOST
PRO MECHANIKU

2·2004

Česká společnost pro mechaniku

Odpovědný pracovník
a redakce časopisu: Ing. Jiří Dobiáš, CSc.
Ústav termomechaniky AV ČR
Dolejškova 5, 182 00 Praha 8
tel. 266 053 973, 266 053 214
fax 286 584 695
e-mail : jdobias@it.cas.cz

Jazyková korektura: RNDr. Eva Hrubantová

Tajemnice sekretariátu: Ing. Jitka Havlínová
Adresa sekretariátu: Dolejškova 5, 182 00 Praha 8
tel. 266 053 045, tel./fax 286 587 784
e-mail : csm@it.cas.cz
Domovská stránka www: http://www.csm.cz

Určeno členům České společnosti pro mechaniku

Vydává Česká společnost pro mechaniku, Dolejškova 5, 182 00 Praha 8
Vychází 3x ročně
Místo vydávání: Praha
Den vydání: 5. srpna 2004
IČO 444766
Tiskne: MERKANTA s.r.o., Praha 8

ISSN 1211-2046
Evid. č. UVTEI 79 038
MK ČR E 13959

BULLETIN 2'04

ČESKÁ SPOLEČNOST PRO MECHANIKU

OBSAH

C. A. Pork: Několik rad začínajícím výzkumníkům (ale nejen jim) 2
Cyril Höschl: Pohyb na vzduchovém polštáři 10
Jaroslav Menčík: Aplikovaná mechanika a spolehlivost 17
Kronika 30
Noví členové, změny 39
Očekávané akce 42

CONTENTS

C. A. Pork: Some Suggestions to Beginners in Research 2
Cyril Höschl: Lifting by Air-Cushion 10
Jaroslav Menčík: Applied Mechanics and Reliability 17
Chronicle 30
New Members, Changes 39
Prospective Events 42

Několik rad začínajícím výzkumníkům (ale nejen jim)

Some Suggestions to Beginners in Research

C. A. Pork

Summary *A number of suggestions and recommendations is given covering both the methodological point of view of a typical engineering research work, and requirements for the qualification, personal character and demeanour of research workers.*

Známé přísloví praví, že každý začátek je těžký. Obvykle se neobejde bez chyb a nedostatků, ze kterých se (podle dalšího přísloví) učíme. Rozsah začátečnických pochybení lze značně omezit, jestliže se můžeme obrátit o radu na zkušeného odborníka, zpravidla na svého učitele nebo nejbližšího nadřízeného a jimi doporučených specialistů. Pro některé jednodušší činnosti si lze obstarat tzv. „kuchařky", které osobního poradce nahrazují. Pokud jde o výzkumnou činnost, podobné metodické příručky se značně liší podle konkrétního oboru a specializace. Přesto lze vymezit řadu rad a doporučení obecnější povahy. Autor tohoto pojednání se inspiroval nedlouhým článkem D. S. Bernsteina (IEEE Control Systems, *19*, 1999, s.102-108) a připojil řadu vlastních zkušeností . Výsledný text, zvládnutelný na jedno posezení, je určen zejména pro začátečníky ve výzkumu a snaží se - místy i odlehčenou formou (připomínající snad známé Murphyho zákony), nicméně vždy s vážně míněným významem - stručně shrnout řadu rad a doporučení jak metodických, tak společenských.

1. Pracovat ve výzkumu představuje tvrdou řeholi. Od výzkumníka se požadují zejména tyto vlastnosti: znalosti, zkušenosti, rozhled, vytrvalost, trpělivost, objektivnost, vynalézavost, důvtipnost, zvídavost, tvořivost, kritičnost a skepticismus, žádoucí je však i zdravá míra fantazie a umělecký cit. Poznejte své silné stránky a na jejich uplatnění budujte svou kariéru, nestavte je však na odiv až do společensky neúnosných rozměrů. Nepřehlížejte však ani své slabé stránky a snažte se je systematicky zlepšovat. Zhodnoťte, jaký jste pracovní typ: řemeslník, vynálezce, organizátor, umělec nebo „vyjednávač"? Pro práci ve výzkumu byste měli mít v sobě od každého trochu.

2. Při volbě oboru, resp.tématu, jemuž se chcete věnovat, zvažte několik hledisek, zejména
   - společenský význam a perspektivnost oboru,
   - význam tématu pro rozvoj oboru nebo podstatné rozšíření jeho aplikačních možností,
   - počet výzkumníků v oboru ve vztahu jednak k počtu a složitosti úkolů v oboru žádoucích k řešení, jednak k objemu finančních prostředků do oboru vkládaných.

3. Snažte se získat práci, pro niž máte „slabost" již od mládí a studijních let a o které jste přesvědčeni, že pro vás bude radostí a životním posláním. Pak lze za oprávněné považovat (jinak ironicky chápané) rčení, že výzkumník je placen za to, že se „baví" svým koníčkem. I když se vlivem okolností octnete v situaci, že vaše práce není zrovna vaším „hobby", snažte se v ní objevit co nejvíce pozitivních zajímavých stránek a v jejich rozvíjení nalézat uspokojení.

4. Je velmi výhodné orientovat se na interdisciplinární téma na styku dvou, byť i vzdálenějších oborů, např. soudní inženýrství. I když budete mít jen průměrné znalosti z inženýrství i práv, inženýři vás budou uznávat jako vynikajícího právníka a právníci jako vynikajícího inženýra.

5. Snažte se dostat do pracovního týmu vedeného uznávaným odborníkem s dobrými komunikativními vlastnostmi, od něhož byste mohli získat základní objem poznatků a zejména pracovních technik z daného oboru. Z tohoto pohledu si všimněme vysoké účinnosti kdysi mnohem častěji uplatňovaného principu dědění profese po rodičích.

6. Průběžně sledujte současný stav poznání ve své specializaci v referátových časopisech, knižních novinkách a specializovaných časopisech vašeho oboru, účastí na konferencích a sympoziích, popř. si doplňte své znalosti dalším organizovaným studiem. Buďte si vědomi komplexní provázanosti světa. Proto sledujte pokroky i v jiných oborech a přebírejte jejich (pro váš obor relevantní) metody a poznatky. V průběhu své profesní kariéry se snažte dostat alespoň jednou na delší studijní pobyt v zahraničí. Vaším nezbytným pomocníkem budiž osobní počítač a internet.

7. Klaďte správné otázky: jen na rozumnou otázku máte naději dostat rozumnou odpověď. Někdy je položení správné otázky důležitější než odpověď na ni (N. Bohr), některé otázky se však kladou

samy (Poincaré). Stává se též, že otázku definitivně upřesníte až poté, co jste nalezli uspokojivou odpověď na ni.

8. Vytvořte si portfolio jednak jednoduchých otázek, snadno řešitelných a prakticky nerizikových, které však přinášejí jen malý přínos, jednak obtížných úloh, které mohou přinést vysoký přínos, ale současně znamenají i vysoké riziko neúspěchu. Nezřídka se též stává, že objevíte něco jiného, než jste plánovali či předpokládali.

9. Máme znovu vynalézat již vynalezené? V podstatě nikoliv, ale prakticky každý z nás při osvojování nové problematiky částečně a bezděčně opakuje své předchůdce. Přitom nejdeme zcela přesně stejnou cestou, tím odhalujeme nové varianty, popř. i chyby svého předchůdce. Záměrné opakování má ověřit správnost dosavadního řešení, jsou-li o něm pochybnosti. Nové poznatky ovšem v podstatě mají překonávat stará řešení. (Hilbert: Hodnota vykonané práce je úměrná počtu dosavadních prací, které učiní zastaralými.) Co znamená „nové“ ? Vedle nových výsledků také nová hlediska, nové metody a techniky, jakož i modernizování terminologie, symboliky a norem.

10. Každou úlohu zařaďte do širších souvislostí metodických i aplikačních: odněkud vzešly podklady pro její formulaci, její řešení je zase vstupem do dalších navazujících článků obecně chápaného řetězce informací a poznání, obvykle velmi komplexně strukturovaného.

11. K problému přistupujte z různých, často protichůdných hledisek. Základní pravidlo výzkumu říká, že je nutno se soustředit na jádro problému, vynechat nepodstatné detaily, odstranit šum a odlehlé hodnoty. Někdy však nové poznatky získáme právě jen studiem šumu, anomálních a extrémních případů (Curie). I složité úlohy mohou mít jednoduchá řešení, zvolíme-li správné hledisko.

12. Vyhledávejte a zpochybňujte skryté, zpravidla triviální a „nedotknutelné“ výchozí předpoklady, to může být podnětem pro revoluční objevy (Einstein).

13. Buďte pružní v přístupu k obecným filozofickým názorům na povahu vědeckého výzkumu od klasické *Rozpravy o metodě* (Descartes) až po soudobý „anarchický“ přístup, uplatňovaný v *Rozpravě proti metodě* (Feyerabend:“Anything Goes“).

14. Tři složky každé tvůrčí činnosti jsou nezbytné: předmět našeho zájmu, pracovní nástroje k jeho zvládnutí a odborník ovládající tyto nástroje.

15. Střídejte v opakovaných cyklech přístup obecně-teoretický s konkrétními aplikacemi. Vycházejte ze zjednodušených okrajových podmínek a nebojte se hádat strukturu řešení složité úlohy na základě znalosti řešení úlohy zjednodušené (Einstein). Nešetřete příklady. Ocitnete-li se na rozcestí, ověřte všechny možnosti dalšího postupu, které se nabízejí.

16. Problémy řešte kombinací různých metod a přístupů, které máte k dispozici, zejména různých variant metod analytických, experimentálních a simulačních, které jsou navzájem jednak komplementární, jednak „konkurenční“ a tedy i kontrolní. Každá z alternativních metod má své silné a slabé stránky, získáte tak ucelenější pohled na obecněji chápanou problematiku. Při rozporu mezi teorií a experimentálními poznatky dejte přednost všestranně ověřeným výsledkům experimentu. Své pracovní nástroje používejte sofistikovaně, využívejte různých forem transformací (zejména integrálních), dbejte však přiměřenosti mezi složitostí úlohy a náročností použitého nástroje (nechoďte „s kanónem na vrabce“). Podle potřeby si vytvořte své specifické nástroje, účelnost jejich zavedení je však nutno zdůvodnit a obhájit před konzervativními kritiky.

17. Znalost procesu výzkumu je často důležitější než vlastní poznatky při něm získané. Proces výzkumu je nelineární, často i nespojitý. Nebuďte znechuceni, jestliže budete občas muset značnou část namáhavě získaných výsledků vyhodit (metoda zkoušek a omylů). Někdy budete nuceni volit mezi dvěma alternativními tezemi: „nic není nemožné“ a „tuto věc je nutno (prozatím) vzdát“.

18. Žádné řešení není uzavřené a konečné, vždy musí přinášet nové podněty pro další bádání. Každá teorie nebo hypotéza musí být vyvratitelná („falzifikovatelná“- Popper).

19. I poté, co již pracujete na samostatných úkolech, získejte si alespoň jednoho důvěrného spolupracovníka nebo osobního přítele, s nímž můžete na principu vzájemnosti zcela otevřeně a kriticky průběžně diskutovat veškeré problémy, které se ve vaší práci vyskytnou. Je výhodné a účelné, máte-li odlišně zaměřené pracovní orientace (teoretik x experimentátor), popř. specializace, což je ostatně u interdisciplinárního oboru zcela nezbytné. Diskuse s blízkým spolupracovníkem vám pomohou vyvést vás z případného bludného kruhu úvah, z něhož byste se sami jen obtížně vymaňovali.

20. Přiměřená míra pocitu pochybností je užitečnější než přehnaná sebejistota. Pokud se dopustíte chyby, uznejte ji a opravte, jinak to bezpochyby někdo jiný učiní za vás. I negativní výsledek znamená pokrok, pokud naznačuje správnou cestu vpřed. Publikované materiály uvádějí jen to, co funguje, co se podařilo, nikoliv to, co nefunguje, co se nepovedlo.

21. Pracujte systematicky tak, abyste rychle dospěli k postupným dílčím výsledkům, které jsou schopny publikování. Vašim životním krédem budiž okřídlené heslo „Work, finish, publish". Nevyrábějte však publikace pro co největší počet na úkor jejich kvality.

22. V metodice své práce i písemné prezentaci výsledků vycházejte z dobrých vzorů, postupně si však vytvořte osobitý styl práce a projevu. Přitom se vyvarujte rutinních klišé a při dodržování odborné terminologie a symboliky plně využívejte slovní a stylistické bohatosti obecného jazyka. Využívejte vhodně synonyma a rozvité věty, vyvarujte se však nepřehledných souvětí. Dobrý text je takový, o němž si čtenář pomyslí, že by ho uměl sám napsat také tak. Do textu zařazujte pečlivě volené obrázky a tabulky. I odborné dílo by v čtenáři mělo vyvolat příjemný estetický dojem.

23. Žádný text nepište ve spěchu a „z jedné vody načisto". K výchozí verzi se vraťte až s jistým časovým odstupem, doplňte a upravte ji a podle termínových možností ji opět odložte s tím, že textu dáte definitivní podobu po třetím až čtvrtém čtení. Takto systematicky vylepšované práce se vám budou líbit třebas i po 30 letech.

24. Výsledky své práce se snažte zhodnotit několikrát: jako zprávu, publikované referáty na konferencích, navazující časopisecké články od vysoce odborných až po popularizační, při výuce a posléze jako součást knižní publikace. Važte si pracovního místa, kde můžete psát pojednání též s využitím výsledků cizích prací.

25. Při společných pracích volte pořadí autorů podle míry jejich přínosu, popř. tak, aby specializace prvého autora odpovídala specializaci publikačního media, do něhož byl příspěvek zaslán. Při vyváženém přínosu spoluautorů se osvědčila cyklická obměna jejich pořadí u navazujících příspěvků.

26. Jestliže se dopracujete nových poznatků, které se vymykají dosavadním zaběhnutým představám, trpělivě je obhajujte a vysvětlujte. Může se ovšem stát, že budete muset počkat, až odumře stará konzervativní generace a vaše nové myšlenky, které zřejmě předběhly dobu, budou teprve pak uznány.

27. Važte si psychicky harmonického pracovního a rodinného prostředí jakožto nezbytných předpokladů pro úspěšnou práci. Závažné nedostatky v tomto směru je nutno nekompromisně řešit i za cenu velmi radikálních opatření.

28. Jsou-li pro to závažné důvody, nebojte se dílčím způsobem, nebo i zcela zásadně změnit svou specializaci. Přitom se přednostně orientujte na nově se vytvářející obor, kde budete na stejné startovní čáře jako ostatní zájemci. Máte-li však praxi ze svého dosavadního oboru, uplatníte navíc nashromážděné a zažité principy vědecké práce, jakož i metodické zkušenosti a návyky obecné povahy.

29. Neodmítejte přijmout vedoucí funkci, avšak jen tehdy, jste-li upřímně a pevně přesvědčeni o tom, že jste schopni ji zvládnout. Pamatujte na tzv. Peterův zákon, který říká, že „každý zaměstnanec postupuje ve funkcích tak dlouho, až dosáhne postavení, pro které je již naprosto nezpůsobilý". Vedoucí funkce vám umožní získat obecnější pohled na obor v širších souvislostech. Také poznáte, že vedoucí funkce přináší nejen výhody, ale také zvýšenou odpovědnost nejen za sebe, ale i za své podřízené a rozvoj svěřeného pracoviště, jakož i další povinnosti, které jsou mnohdy

značně nepříjemné. Vedle svých povinností vedoucího si vyhraďte čas na svou vědeckou práci, ke které byste se mohl bez potíží vrátit poté, co z vedoucí funkce odejdete. Uvědomte si rovněž, že každá funkce svým způsobem kazí charakter. Zejména tím, že v dobré víře dáváte sliby, o kterých se později ukáže, že je – nikoliv vaší vinou – nelze splnit. Pokud se takové situace opakují, časem si na to zvyknete a budete vědomě slibovat to, o čemž již předem víte, že splnit nelze.

30. Administrativní práce vyřizujte selektivně: ty, které se netýkají přímo vašeho útvaru, vyřizujte až po druhé nebo třetí urgenci. Záhy zjistíte, že mnoho tzv. problémů (a to nejen administrativních) časem samo „vyšumí".

31. Jednejte otevřeně, korektně a sebevědomě s nadřízenými, kolegy na stejné úrovni i podřízenými, aby vám nečinila potíže případná záměna funkce podřízeného a nadřízeného mezi vámi a kterýmkoliv z vašich spolupracovníků. Výtky svým podřízeným udělujte (mezi čtyřma očima) tak, aby z toho neměli pocit ponížení, ale – navzdory tématu – příjemného společenského zážitku a povzbuzení do další práce. Pochvalu naopak vyslovte veřejně před celým kolektivem spolupracovníků.

32. Přijměte pomoc nad rámec běžných pracovních nebo společenských zvyklostí jedině s pevným osobním závazkem, že prokázanou dobrou vůli nezklamete a s jistotou, že po vás na oplátku nebudou požadovány nečestné „laskavosti". Sami se snažte vystupovat podobně vůči jiným podle zásady, že dobro, které prokázal někdo vám, poskytnete v jiné formě zase vy někomu jinému.

33. Mějte v zásobě několik zajímavých témat ze svého oboru (ale i mimo něj), které aktuálně neřešíte (Feynman). Čas od času, když se dozvíte o nějakém novém metodickém přístupu, zkuste, zda se nehodí na řešení vašich „latentních" témat.

34. Respektujte intelektuální vlastnictví, citujte prameny, z nichž jste vycházeli, buďte ohleduplným k názorům kolegů, byť jsou odlišné od vašich. Posudky cizích prací chápejte jako pomoc kolegovi vedoucí k vylepšení jeho textu, nikoliv jako možnost odborně znemožnit konkurenta. Nicméně, jste-li pevně přesvědčeni o závažných nedostatcích posuzovaného materiálu, neměli

byste to (a to i v zájmu samotného autora) zamlčovat. Nechcete-li se z jakéhokoliv důvodu negativně vyjádřit, omluvte se, že posudek nemůžete vypracovat s poukazem na nedostatek *vlastních* znalostí o dané problematice. Redakce některých časopisů vyžadují kladné vyjádření označit některým ze tří kvalitativních stupňů: „doporučení s podmínkou", kdy se požaduje doplnění textu o připomínky recenzenta, dále doporučení „neutrální" vyžadující jen nepatrné formální úpravy a konečně doporučení „bez výhrad".

35. Vedle svého oboru věnujte přiměřený čas vhodné zájmové oddechové činnosti umělecké, sběratelské, kutilské či sportovní, přednostně ovšem aktivní, kterou byste mohli naplno rozvinout po svém odchodu do důchodu.

Autor je si vědom toho, že splnit alespoň větší část shora uvedených požadavků a doporučení (nezřídka protikladných) je nad lidské síly každého z nás. Nicméně by bylo žádoucí, aby *všichni* výzkumní pracovníci o jejich vyvážené plnění trvale a upřímně usilovali, a to v zájmu svém i příslušného oboru.

***

Pohyb na vzduchovém polštáři

Lifting by Air-Cushion

Cyril Höschl

Summary *The air-cushion or hovercraft principle was designed to allow heavy loads to be moved or vehicles to travel with an almost complete absence of frictional resistance. The author gives an insight into the mechanics of the motion.*

1. Úvod

Při pohybu těžkých předmětů na rovinné podložce lze téměř úplně odstranit třecí odpor tím, že se pod předmětem vytvoří vzduchový polštář. Tohoto principu se využívá například u jednoho druhu rotační sekačky na trávu, u vznášedel na vodní hladině apod. V tomto příspěvku se pokusíme na jednom příkladu vysvětlit, jakým zákonům mechaniky tento pohyb podléhá. Jde-li o pohyb tělesa na tuhé podložce, vytváří se vzduchový polštář vháněním vzduchu do prostoru otevřené tlakové nádoby ve tvaru jakéhosi tuhého mělkého zvonu (hrnce) obráceného dnem vzhůru (nemusí být rotačně symetrický). Na jeho spodním okraji je připojen více nebo méně pružný lem, pod nímž vzduch vytéká do volného prostoru. Je zřejmé, že k udržení potřebného přetlaku je třeba neustále dodávat vzduch, takže pohyb se děje sice prakticky bez třecího odporu, ale to neznamená, že není třeba dodávat energii. Přesto může být využití tohoto principu výhodné, a to zvláště při rychlém pohybu nebo při přepravě těles na krátké vzdálenosti.

V tomto příspěvku uvedeme zákony mechaniky, kterými lze tento pohyb popsat. Podrobný rozbor umožňuje nejen posoudit potřebný přetlak a dodávaný výkon, ale také stanovit podmínky pro podkritické proudění vzduchu a pro stabilitu pohybu. Zájemce o podrobnější teorii odkazujeme na práci [1]. Základní informace jsou i v monografii [2].

2. Popis zařízení a jeho matematický model

Princip pohybu tělesa na vzduchovém polštáři vysvětlíme na zařízení znázorněném na obr. 1. Přepravované těleso, které není zakresleno, je připojeno k tlakové nádobě znázorněné na obr. 1. Tato nádoba (hrnec) má tvar válce dole otevřeného a zakončeného lemem FE. Do nádoby se vhání vzduch o

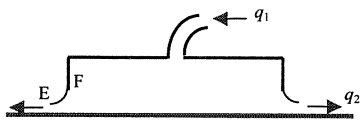
hmotnosti q_1 za sekundu. Odtoková hmotnost za sekundu je označena q_2. Tlak vzduchu v nádobě označíme p, hustotu ρ, hmotnost m a objem V. Bude tedy

$$m = \rho V\,. \tag{1}$$

Pro bilanci protékajícího množství platí evidentní vztah

$$q_1 = q_2 + \frac{\mathrm{d}m}{\mathrm{d}t}\,. \tag{2}$$

Vzduch v nádobě se udržuje ve stálém stavu (nezávislém na čase), avšak v okolí lemu FE ve tvaru anuloidu se počne pohybovat a vytékat rychlostí u prstencovitým průřezem (mezi



Obr. 1

okrajem lemu E a pokladem). To znamená, že počáteční tlak p podél zakřivené dráhy FE klesá až k hodnotě okolního tlaku p_0. Protože $p > p_0$, prohýbá se lem směrem nahoru. Vzdálenost mezi jeho okrajem a podkladem označíme e. Vzdálenost horního okraje lemu F, kde je lem připojen k tlakové nádobě, od podkladu je h. Označíme-li výšku nedeformovaného lemu symbolem b, bude pro jeho elastickou deformaci přibližně platit lineární vztah

$$b - h + e = k(p - p_0)\,. \tag{3}$$

Zde k je konstanta charakterizující poddajnost lemu. Je-li lem tuhý, je $k = 0$.

Přetlak vzduchu závisí na přítokovém množství, takže

$$p - p_0 = f(q_1)\,. \tag{4}$$

Při malém přítoku je přetlak velký a naopak, takže charakteristika $f(q_1)$ kompresoru má negativní derivaci, $\mathrm{d}f(q_1)/\mathrm{d}q_1 < 0$. Teplota vzduchu ve vzduchovém polštáři se dá vypočítat, jestliže známe pracovní bod charakteristiky (4) a hustotu vzduchu ρ, neboť velmi přibližně platí stavová rovnice $pv = rT$. Zde r je měrná plynová konstanta, $v = \rho^{-1}$ je měrný objem a T absolutní teplota. Z fyziky známe Mayerův vztah, podle kterého $r = c_p - c_v$, což je rozdíl měrných tepel při stálém tlaku a při stálém objemu, a také závislost tlaku na hustotě [3]

$$p = \rho^{\gamma} A(s), \qquad \gamma = c_p / c_v, \tag{5}$$

kde $A(s)$ je funkce měrné entropie a γ Poissonova konstanta. Při izoentropické změně je $A(s)$ konstantní a $p/\rho^{\gamma} = pv^{\gamma} =$ konst.

Poznámka. Vztah (5) platí i při izotermické změně. Z učebnic termodynamiky známe vztah pro entropii pro T = konst., totiž $s = c_v \ln(p/p_0) + c_p \ln(v/v_0) = c_v \ln(A/A_0)$. Odtud vypočteme $A = A_0 e^{s/c_v} = A(s)$. Vztah (5) můžeme upravit s použitím stavové rovnice na tvar $A = rTv^{\gamma-1} = rT\rho^{-(\gamma-1)}$, takže dostaneme $pv = rT$ = konst. To je známý zákon Boyleův-Mariotteův.

Pro proudění vzduchu pod lemem tlakové nádoby platí Bernoulliho rovnice v diferenciálním tvaru [4]

$$\tilde{u}\,\mathrm{d}\tilde{u} = -\mathrm{d}p/\rho, \tag{6}$$

v níž symbol $\tilde{u}$ značí rychlost v daném místě, která se mění z hodnoty 0 na vtoku až na hodnotu u na výtoku, zatímco tlak se mění v těchže místech z hodnoty p na hodnotu p_0. Kdyby se tlak měnil jen málo, bylo by možno považovat hustotu za konstantu, a pak bychom integrací (6) dostali závislost

$$p = p_0 + \tfrac{1}{2}\rho u^2. \tag{7}$$

Pro výtokové množství vzduchu pak platí, že

$$q_2 = \rho l e u, \tag{8}$$

kde l je délka obvodu výtokové hrany.

3. Stacionární pracovní režim s malým přetlakem

Je-li M celková hmotnost dopravovaná na vzduchovém polštáři, musí při ustáleném pohybu platit (za předpokladu malého přetlaku) tyto rovnice:

$$Mg = S(p - p_0), \qquad p - p_0 = f(q_1), \qquad q_1 = q_2 = \rho l e u, \qquad p = p_0 + \tfrac{1}{2}\rho u^2.$$

V prvním z těchto vztahů značí g tíhové zrychlení a S plošný obsah průmětu plochy vzduchového polštáře do vodorovné roviny. Je-li H tloušťka vzduchového polštáře, pak jeho objem je $V = SH$. Protože předpokládáme jen malou změnu tlaku, bude hustota vzduchu přibližně stálá a podle stavové rovnice bude stejně stálá i jeho teplota.

Příklad 1. Nechť $p_0 = 10^5$ Pa, $p - p_0 = 2500$ Pa, $S = 1{,}5$ m^2, $H = 0{,}1$ m, $V = SH = 0{,}15$ m^3. Je-li přibližně $g = 10$ m.s^{-2}, vyjde $Mg = 1{,}5 \times 2500 = 3750$ N, a tedy $M = 375$ kg. Pro hustotu $\rho = 1{,}26$ kg.m^{-3} vypočteme z rovnice (7) výtokovou rychlost $u = 63$ m.s^{-1}. Je-li dále obvod lemu $l = 7$ m a výtoková

mezera má výšku $e = 0{,}006$ m, vyjde průtokové množství vzduchu podle (8) $q_1 = q_2 = 1{,}26.7.0{,}006.63 = 3{,}33$ kg.s^{-1}. Tento údaj spolu s přetlakem $p - p_0$ určují pracovní bod na charakteristice (4) kompresoru. Nepočítáme-li ztráty, je příkon na vstupu $P_1 = q_1(p - p_0)/\rho$ stejný jako výkon na výstupu $P_2 = q_2 u^2/2$. Vyjde $P_1 = P_2 =$ 6615 W.

4. Izoentropická expanze

Není-li přetlak malý, nelze při integraci Bernoulliho rovnice (6) pominout proměnlivost hustoty. Budeme proto předpokládat, že expanze vzduchu pod lemem tlakové nádoby je izoentropická, tj. že platí rovnice (5) s hodnotou $A(s)$ = konst. Odtud vypočteme

$$\frac{\mathrm{d}p}{\rho} = \gamma \rho^{\gamma-2} A \mathrm{d}\rho. \tag{9}$$

Je výhodné zavést do výpočtu rychlost zvuku c. Pro ni platí vztah

$$c^2 = \left(\frac{\partial p}{\partial \rho}\right)_{s=\text{konst}} = \gamma \rho^{\gamma-1} A = \gamma \frac{p}{\rho}. \tag{10}$$

Diferenciací a úpravou s použitím (9) vyjde

$$\mathrm{d}c^2 = (\gamma - 1).\gamma \rho^{\gamma-2} A \mathrm{d}\rho = (\gamma - 1)\frac{\mathrm{d}p}{\rho}. \tag{11}$$

Odtud vypočteme $\mathrm{d}p/\rho$ a dosadíme do (6). Po integraci vyjde

$$u^2 = \frac{2}{\gamma - 1}(c^2 - c_0^2), \tag{12}$$

kde c je rychlost zvuku na vstupu do výtokového kanálu, c_0 je rychlost zvuku pod výtokovou hranou E; tam je tlak p_0 a hustota ρ_0. Poslední vztah můžeme upravit do tvaru

$$\rho \frac{u^2}{2} = \frac{\gamma}{\gamma - 1} p \left(1 - \left(\frac{p_0}{p}\right)^{(\gamma-1)/\gamma}\right). \tag{13}$$

Je-li zlomek $\dfrac{p - p_0}{p_0}$ « 1, přejde (13) po úpravě ve tvar (7).

Konečně je třeba poznamenat, že pro výtokové množství bude nyní platit rovnice

$$q_2 = \rho_0 l e u, \qquad \rho_0 = \rho \left(\frac{p_0}{p}\right)^{1/\gamma}. \tag{14}$$

Poměr rychlostí u/c_0 je Machovo číslo na výstupu. Pro jeho kvadrát vychází ze vztahu (12) rovnice

$$\frac{u^2}{c_0^2}=\frac{2}{\gamma-1}\left(\frac{c^2}{c_0^2}-1\right)=\frac{2}{\gamma-1}\left(\left(\frac{p}{p_0}\right)^{(\gamma-1)/\gamma}-1\right). \tag{15}$$

To znamená, že proudění je podzvukové pouze tehdy, je-li splněna nerovnost

$$\frac{p}{p_0}<\left(\frac{\gamma+1}{2}\right)^{\gamma/(\gamma-1)}. \tag{16}$$

Je-li $\gamma = 1{,}4$, bude $(p/p_0) < 1{,}89$. Tento tlakový poměr bychom neměli překročit.

Příklad 2. Pro hodnoty z příkladu 1 dostaneme $p/p_0 = 1{,}025$, $\rho_0 = 1{,}238$ kg.m^{-3}, $c = 337{,}47$ m.s^{-1}, $c_0 = 336{,}29$ m.s^{-1}, $u = 63{,}27$ m.s^{-1}. Tato hodnota se od dřívějšího výpočtu téměř neliší, protože přetlak je relativně velmi malý. Machovo číslo je 63,27/336,29 = 0,188.

5. Dynamická stabilita

Dosavadní rozbor dané úlohy neumožňuje posoudit stabilitu pohybu. Tu můžeme postihnout jen tak, že ustálený proud vzduchu porušíme a budeme zkoumat, zda tyto malé poruchy vstupních proměnných (jejich nekonečně malé variace) se budou s časem zvětšovat. Označíme je operátorovým symbolem δ. Protože poruchy představují neustálený pohyb, bude pro ně platit pohybová rovnice (druhý Newtonův zákon)

$$M\frac{\mathrm{d}^2\delta h}{\mathrm{d}t^2}=S\delta p. \tag{17}$$

Budeme předpokládat, že pro perturbaci tlaku a hustoty platí zákon izoentropické změny p/ρ^γ = konst., takže

$$\frac{\delta p}{p}=\gamma\frac{\delta\rho}{\rho}. \tag{18}$$

Dále budeme předpokládat, že platí (3), (4) a (7), takže

$$\delta h-\delta e=-k\delta p, \tag{19}$$

$$\delta p=f_q\delta q_1, \tag{20}$$

$$f\,\delta\rho+\rho\delta p=(\rho u)\delta(\rho u). \tag{21}$$

V těchto rovnicích jsme označili podle (4) $f = (p - p_0)$, $f_q = \partial f/\partial q_1$. Z rovnice kontinuity (2) dostaneme

$$\delta q_1=\delta q_2+\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(V\delta\rho+\rho\delta V). \tag{22}$$

V této rovnici zanedbáme součiny časové derivace a perturbace jako malé veličiny vyššího řádu a dále dosadíme $\delta V = S\delta h$. Dostaneme

$$\delta q_1=\delta q_2+V\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\delta\rho+\rho S\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\delta h. \tag{23}$$

Perturbaci δq_2 vypočteme ze vztahu (8), dosadíme do (23) a pak do (20). Výsledek upravíme s použitím (17). Vyjde

$$\frac{\delta p}{f_q}=l[\rho u\delta e+e\delta(\rho u)]+\frac{V\rho M}{\gamma pS}\frac{\mathrm{d}^3\delta h}{\mathrm{d}t^3}+\rho S\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\delta h. \tag{24}$$

Konečně z rovnic (17), (18), (19), (21) a (24) vyloučíme perturbace δp, $\delta\rho$, δe a $\delta(\rho u)$. Tak dostaneme diferenciální rovnici třetího řádu popisující svislý perturbovaný pohyb ve tvaru

$$\frac{\mathrm{d}^3\delta h}{\mathrm{d}t^3}+\left(\frac{leu}{2V}+\frac{le\gamma p}{uV\rho}+k\gamma\frac{plu}{V}-\frac{\gamma p}{V\rho f_q}\right)\frac{\mathrm{d}^2\delta h}{\mathrm{d}t^2}+\frac{\gamma pS^2}{VM}\frac{\mathrm{d}\delta h}{\mathrm{d}t}+\frac{S\gamma plu}{VM}\delta h=0. \tag{25}$$

Všechny koeficienty jsou pozitivní. Proto lze aplikovat Routhovo-Hurwitzovo kritérium stability, které říká, že pohyb je stabilní, pokud (viz [5])

$$\frac{leu}{2V}+\frac{le\gamma p}{uV\rho}+k\gamma\frac{plu}{V}-\frac{\gamma p}{V\rho f_q}-\frac{lu}{S}>0. \tag{26}$$

Do této nerovnosti můžeme dosadit $V = SH$ a veličinu S zkrátit. Odtud je zřejmé, že stabilitu může ohrozit příliš velká výška H tlakové nádoby; příznivý vliv má naopak malá strmost $|f_q|$ charakteristiky kompresoru a velká poddajnost lemu na výtoku z nádoby. Na velikosti plochy S přitom nezáleží.

6. Závěr

Z uvedeného řešení je zřejmé, že analytické metody neztrácejí význam ani v době superpočítačů a také že analytické ani numerické metody se neobejdou bez dobré znalosti fyzikálních zákonů.

Literatura

[1] CROIX-MARIE, F.: Coussin d'air. *Techniques de l'Ingénieur* **B1**, 1-11, **B2**, 1-7. Citováno podle [2].

[2] ROSEAU, M.: Vibrations des systèmes mécaniques. Masson, Paris 1984. Anglický překlad: Vibrations in mechanical systems, Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York – London – Paris – Tokyo 1987.

[3] GERMAIN, P.: Mécanique des milieux continus. Masson, Paris 1973.

[4] PRAGER, W.: Introduction to mechanics of continua. Ginn, Boston 1961.

[5] KOŽEŠNÍK, J.: Kmitání mechanických soustav. Academia, Praha 1979.

***

Aplikovaná mechanika a spolehlivost

Applied Mechanics and Reliability

Jaroslav Menčík

Summary *The paper shows the influence of failures on the development of various disciplines of applied mechanics such as fracture mechanics, analysis of stability or vibrations, or contact mechanics. Then it explains characteristic features of failures (especially randomness) and the corresponding strategies for design and repairs. Finally, it shows similarities between the reliability of man-made products and living organisms (e.g. the bathtub curve or use of redundancy), but also the different ways used for solving some problems.*

Aplikovaná mechanika se zabývá využitím obecných zákonů mechaniky ve stavbě strojů, přístrojů a dalších technických zařízení, u stavebních konstrukcí, při vývoji prostředků pro dopravu, ale i pro podporu funkcí lidských orgánů atd. Každé z uvedených zařízení je navrhováno pro určitý účel. Spolehlivost v nejobecnějším smyslu je potom chápána jako schopnost daného objektu plnit požadované funkce a porucha označuje ztrátu této schopnosti. V tomto příspěvku si připomeneme, jak různé poruchy přispěly k rozvoji mechaniky, ukážeme jejich některé charakteristické rysy a všimneme si podobnosti mezi spolehlivostí výrobků a živých organismů. Na tomto místě se autor chce čtenářům omluvit, že s ohledem na své zaměření uvádí především příklady z mechaniky poddajných těles, a také za to, že v textu vysvětluje některé známé pojmy ze spolehlivosti. Důvodem je snaha o ucelenost článku.

Vliv poruch na rozvoj aplikované mechaniky

Přestože k poruchám lidských výtvorů dochází od nepaměti, je nauka o spolehlivosti mnohem mladší než mechanika. Začala vznikat až začátkem dvacátého století. S tím, jak se stavěla zařízení pro nové úkoly a jak se konstrukce stávaly stále složitějšími a zvyšovaly se jejich parametry, objevovaly se také nové druhy poruch. S růstem vyráběných množství zase stoupal jejich počet a vzniklé škody. Každá

porucha znamená ztráty. Někdy to jsou náklady na opravu nebo výměnu, často také ztráty vzniklé výpadkem provozu a nezřídka i ztráty na životech nebo ekologické katastrofy. Byly to právě nepříznivé následky poruch, které podnítily studium jejich obecných zákonitostí tak, aby jim bylo možné buď předcházet, nebo zmírňovat jejich následky.

Zkoumání příčin různých poruch také přispělo ke vzniku a rozvoji řady nových disciplín mechaniky. Jmenujme únavu materiálů při periodickém zatěžování, která se poprvé ve větším měřítku projevila v devatenáctém století u železničních náprav (a znepříjemňuje nám život až dodnes). Ukázalo se, že únavové lomy zpravidla vycházejí z nějakého koncentrátoru napětí. Ve třicátých letech dvacátého století proto vznikla v rámci pružnosti a pevnosti nauka o účinku vrubů, známá jako tvarová pevnost. Při únavě kovových materiálů a konstrukcí má zásadní roli také periodické, resp. opakované zatěžování. Pro posuzování jeho vlivu na porušení byla vyvinuta celá řada metod výpočtu kumulace poškození.

Lomová mechanika, která se zabývá chováním trhlin v tělesech, se rozvinula v padesátých a šedesátých letech zejména v souvislosti s křehkými lomy lodí, plynovodů nebo mostů, tj. haváriemi, které měly zpravidla veliké následky. Připomeňme, že z 2500 lodí třídy Liberty, postavených v USA pro dopravu vojenského materiálu do Sovětského svazu během druhé světové války, se jich několik set potopilo nikoliv důsledkem torpedování, ale postupného šíření trhlin v ocelovém trupu až do jeho náhlého rozlomení. Roli v tomto případě hrál i přechod z nýtovaných konstrukcí na svařované. Technologie svařování byla tehdy nová a ve svarech byly různé vady, jež se projevily jako zárodky trhlin. Zatímco u nýtované konstrukce by takováto trhlina zůstala omezena na plát, ve kterém vznikla, u svařované „monolitní" konstrukce se mohla šířit téměř bez omezení.

Zavedení výroby materiálů o relativně vysoké pevnosti v tahu (například oceli ve druhé polovině devatenáctého století) umožnilo stavět štíhlejší konstrukce ve srovnání s dřívějšími stavbami kamennými. Objevily se však problémy s jejich kmitáním. Velmi dobře je známa havárie mostu v Tacoma Narrows ve Spojených státech v roce 1940. Štíhlý, elegantní most se snadno rozkmitával účinky větru, takže již krátce po uvedení do provozu si vysloužil přezdívku „Galloping Gertie". Až jednou se rozkmital tak, že se zřítil, a bylo nutné postavit most nový. Podobné samobuzené kmitání, i když s mírnějšími následky, se vyskytlo také u některých televizních stožárů, kde si vyžádalo dodatečné konstrukční úpravy. Jiným, a to mimořádně důležitým problémem je kmitání u různých rotačních nebo periodicky pracujících strojů. Nepříznivě působí na okolní konstrukce, zkracuje životnost ložisek a může vést k narušení nebo dokonce znemožnění provozu. Je známo mnoho těžkých havárií právě v důsledku

obrovského nárůstu sil a deformací při rezonanci. To vše vedlo k intenzívnímu rozvoji nauky o kmitání; zpočátku při harmonickém, později také při náhodném buzení. Jednou z praktických aplikací je i dynamické vyvažování strojů a motorů.

Ne vždycky je příčinou poruchy neznalost plynoucí z nedostatečně propracované teorie. Někdy jde o opomenutí nebo dokonce o ignorování známých poznatků. Každý z nás slyšel již na střední škole ve fyzice, že vojáci vcházející na most dostanou vždy povel „zrušit krok", aby periodické buzení jejich chůzí nemohlo vyvolat rozkmitání mostu. A přesto ani ne před deseti lety při stavbě lehké lávky pro chodce přes Temži v centru Londýna nebyla podobná možnost vzata dostatečně v úvahu. Konstrukce se houpala, a to dokonce i při běžném provozu a bez pochodujících vojáků. I když zde nehrozilo vážné nebezpečí, byla tato odezva pro chodce nepříjemná. Lávka musela být vyřazena z provozu a její rekonstrukce stála několik milionů liber.

Dalším nebezpečím u štíhlých nebo tenkostěnných konstrukcí je ztráta stability. Havárie příhradových stožárů a mostů, ale i skořepinových konstrukcí (např. velkoobjemových zásobníků) vedly k důkladnému studiu stability. Velké rozdíly mezi kritickým zatížením vypočteným podle eulerovské teorie a skutečným zatížením na začátku vybočování nebo boulení se podařilo vysvětlit přítomností různých odchylek tvaru nebo polohy zatížení, obecně označovaných jako imperfekce (sem patří i zbytková napětí a další vlivy). V dnešní době jsou proto výpočty konstrukcí namáhaných na vzpěr, resp. s nebezpečím ztráty stability celkové nebo lokální, prováděny s přihlédnutím k možným imperfekcím.

Snaha zlepšit využití materiálu a zaručit spolehlivost a bezpečnost kovových konstrukcí i při překročení meze kluzu přispěla k rozvoji aplikované teorie plasticity. Dalším motivem pro její propracovávání bylo zjištění, že plastické deformace (submikroskopického rozsahu) jsou prvotní příčinou únavových procesů a také, že vytvořením vhodných zbytkových napětí po plastickém přetvoření je možné zastavit nebo výrazně zpomalit šíření únavových trhlin a prodloužit tak životnost součásti. Známou aplikací je například „zpevňování" povrchu kuličkováním nebo zvyšování únavové odolnosti tlustostěnných vysokotlakých nádob nebo těles s vruby přesně definovaným přetížením před uvedením do provozu.

Jiným případem poškozování jsou creepové procesy vedoucí k pomalu narůstajícím deformacím a zpožděnému lomu při dlouhodobém zatížení. Vyskytují se například u kovových součástí pracujících za vysokých teplot, jako jsou trubky kotlů nebo lopatky plynových turbín, ale také u polymerních materiálů za normálních teplot. Studium těchto otázek přispělo k rozvoji viskoelasticity a viskoplasticity.

Porušení součástí vychází většinou z povrchu. Velká pozornost byla proto již v minulosti věnována kontaktní mechanice, která se zabývá poměry při koncentrovaném zatížení. Kromě elastické nebo elastoplastické analýzy a zkoumání šíření trhlin v oblasti kontaktu se nověji vyšetřuje i vliv tepla generovaného při kontaktu a účinky vysokých tlaků na možné strukturní přeměny v materiálu. Mezi praktické cíle patří například prodloužení životnosti obráběcích nástrojů nebo železničních kol a kolejnic. Odolnost součástí vůči nejrůznějším způsobům namáhání lze zvýšit také vhodnými povrchovými úpravami. Otázkami napjatosti a životnosti v těchto případech se podrobněji zabývá mechanika těles s upraveným povrchem a povlaky.

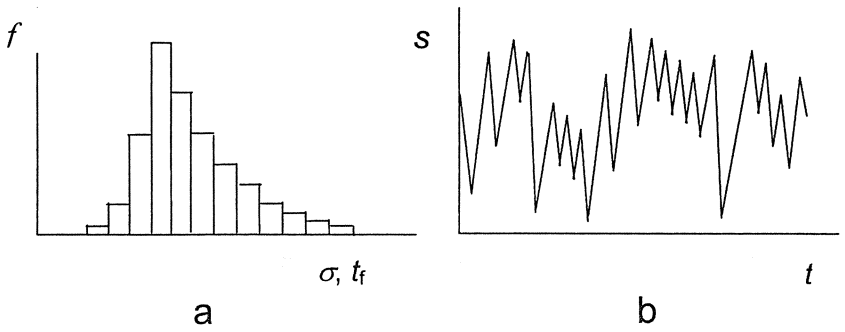
Odezva a spolehlivost konstrukcí závisí v mnoha případech na různých náhodných vlivech. Této vlastnosti si všimneme více v následujícím oddílu. Zde pouze připomeneme dvě věci. Náhodné zatěžování a buzení vedlo k rozvoji metod analýzy náhodných procesů (ve velké míře zde přispěla i elektrotechnika), ale také metod dynamické analýzy konstrukcí, například letadel nebo mostů. Některé z nich se dnes uplatňují i při výpočtech kumulace poškození konstrukcí namáhaných na únavu. Protože náhodná proměnlivost se často projevuje u většího počtu vstupních veličin současně a jejich rozdělení pravděpodobnosti jsou různorodá, řeší se některé úlohy aplikované mechaniky pomocí numerických simulačních stochastických metod, jako je například Monte Carlo. Při složitějších výpočtech odezvy (např. metodou konečných prvků) by však řešení pro statisíce náhodně generovaných vstupních hodnot trvalo neúnosně dlouho, takže se užívají jiné postupy, například kombinace Monte Carlo s metodou odezvové plochy, metoda stratifikovaného výběru Latin Hypercube Sampling nebo speciálně vyvinutá metoda stochastických konečných prvků.

Bylo by možné uvést ještě řadu dalších příkladů. Specifické příčiny a mechanismy poruch se vyskytují například u elektrotechnických zařízení (difúze, oxidace, koroze aj.). Zvláštním případem jsou také poruchy velmi složitých a rozsáhlých systémů, jako jsou elektrárny nebo plynárenské sítě. Zde je však souvislost s aplikovanou mechanikou pouze nepřímá a zajímavé pro nás budou jen některé rysy těchto poruch.

Charakteristické rysy poruch

S vyšetřováním nejrůznějších poruch se začaly ukazovat jejich obecné znaky a postupně se začal vytvářet aparát pro popis a kvantifikaci spolehlivosti. Jedním z důležitých rysů poruch je nahodilost. Poruchy se projevují zpravidla nečekaně, v různých okamžicích. Sledujeme-li však velký počet poruch

jednoho typu, vidíme, že doby provozu do poruchy (popř. mezi poruchami) mají určité rozdělení (obr. 1). Tento rys byl zjištěn již v devatenáctém století v souvislosti s únavou železničních náprav a dalších součástí. Podobně se ukázalo, že v určitých mezích kolísá mnoho dalších vlastností nebo parametrů různých výrobků, jako je například deformace, tuhost, únosnost, vlastní frekvence nebo výkon.



Obr. 1. Náhodný charakter některých veličin (schematicky):
a – rozdělení (histogram) pevnosti nebo doby do poruchy,
b – časový průběh zatížení mostu, trupu letadla apod.

To je způsobeno tím, že na ně má vliv mnoho činitelů, z nichž mnohé nejsou konstantní, ale náhodně kolísají. Skutečnost, že naměřené hodnoty vykazují určitý rozptyl, byla známa již v dobách Gausse. Teprve mnohem později se však začalo chápat, že často nejde o náhodné chyby měření, ale o inherentní vlastnost zkoumané veličiny. Příkladem náhodných vstupních veličin na straně zatížení je rychlost větru, výška vrstvy sněhu, hustota betonu, teplota, hmotnost a rychlost vozidel jedoucích po mostě atd. Na straně konstrukce to je mez kluzu oceli, modul pružnosti pryže, odolnost materiálu vůči šíření trhlin, ale i rozměry jednotlivých dílů. Již při konstrukčním návrhu proto musíme brát v úvahu možné kolísání nebo odchylky vstupních veličin, zejména nejsou-li zanedbatelné ve srovnání s jejich jmenovitými hodnotami.

Pravděpodobnostními otázkami spolehlivosti a bezpečnosti se začali podrobněji zabývat nejdříve v elektrotechnice a ve stavbě letadel, o něco později ve stavebnictví a konečně v klasickém strojírenství. Podobně jako v letectví byly také ve stavebnictví hnací silou pro výzkum velké následky havárií stavebních konstrukcí a navíc relativně velké kolísání zatížení a vlastností stavebních materiálů (např. betonu nebo základové půdy), ale i rozměrů a tvaru jednotlivých prvků, včetně různých imperfekcí. Strojírenská výroba je přesnější, takže u běžných konstrukcí se dlouho vystačilo s deterministickým přístupem a případné odchylky vstupních veličin od jmenovitých hodnot se spolu s dalšími neznalostmi zohledňovaly univerzálním součinitelem bezpečnosti. V poslední době však silně rostou nároky na přesnost výrobků a schopnost bezvadně plnit složité funkce, takže i výrobci strojírenské, dopravní nebo přístrojové techniky stále více využívají metody vyvinuté na základě nauky o spolehlivosti, včetně pravděpodobnostních metod zmíněných výše. V některých oborech, jako je např. letectví, jsou přímo předepsány hodnoty určitých spolehlivostních charakteristik (např. střední doba mezi poruchami) a výrobek, který je nesplňuje, nemůže být připuštěn do provozu. Ale i v řadě dalších oborů se při vysoké konkurenci různých výrobců stala spolehlivost mimořádně důležitým ukazatelem. Vždyť téměř každý z nás si pod pojmem kvalita představí nejprve právě spolehlivost.

Pro zvyšování spolehlivosti je důležitá klasifikace různých druhů poruch, například rozlišení poruch náhlých a postupných. Ukazuje se, že mnoho zdánlivě náhlých poruch má nejprve (skrytou) fázi postupného šíření zpočátku nepatrných vad až do dosažení kritické velikosti, kdy následuje rychlá fáze porušení. Jestliže máme dostatečně přesný popis rychlosti rozvoje poškození, můžeme předpovídat okamžik dosažení kritického stavu při únavě, creepu, pomalém růstu trhlin nebo opotřebení. Konstrukční přístup, který vychází z předpovědi doby do poruchy, se snaží součást dimenzovat tak, aby měla zajištěnou určitou dobu života, se označuje jako Safe-Life (popř. Damage-Tolerant Design, jestliže předpokládáme, že již v okamžiku uvedení do provozu budou v součásti přítomny různé trhliny nebo jiné vady). V některých případech se vysoká bezpečnost dociluje pomocí tzv. proof testu. Při něm jsou všechny výrobky před uvedením do provozu vystaveny určitému přetížení, které zničí všechny součásti s nepřípustně velkými vadami. U materiálů vykazujících tzv. statickou únavu (pomalý růst trhlin v zatíženém tělese korozním aj. působením okolního prostředí) lze s využitím aparátu lomové mechaniky takto například dokonce zajistit, že výrobky, které zkouškou projdou, budou mít požadovanou životnost.

Jde-li o poruchy náhlé, které nelze předpovědět předem nebo jim zabránit, užívá se filozofie Fail-Safe. Zde se vhodnými prostředky snažíme minimalizovat následky poruchy, například zálohováním příslušné součásti. Známým příkladem jsou dvouokruhové brzdy v automobilech. Na charakteru poruch závisí i strategie údržby a oprav. Náhodným poruchám (proražení pneumatiky) nelze předejít a oprava se provádí až po poruše. U poruch postupných (např. opotřebení pneumatiky nebo zanesení filtru úsadami) lze na základě známého časového průběhu vývoje stavu předpovědět okamžik, kdy bude vhodné provést výměnu součásti. Jsou-li rozdíly mezi rychlostmi rozvoje poruchy u různých výrobků téhož druhu poměrně malé, lze provádět údržbu nebo výměnu u všech výrobků podle pevného časového plánu. Jestliže jsou tyto rozdíly velké, může být takovýto přístup nebezpečný (u relativně velkého počtu nastane porucha ještě před dosažením plánovaného termínu výměny), nebo neekonomický (při příliš krátkém intervalu se velká část dílů bude vyměňovat předčasně). V takových případech je vhodnější provádět obnovu podle skutečného stavu, zjišťovaného prohlídkami nebo měřením. Velkou roli při volbě strategie obnovy hrají také následky možné poruchy. Samozřejmě i diagnostika něco stojí.

Dnes již považujeme za samozřejmé, že každé vyrobené zařízení, konstrukce nebo stavba má omezenou životnost, a při konstrukčním návrhu obvykle vycházíme z požadované délky života. Avšak ještě do devatenáctého století byly tyto pojmy spojovány jenom se živými bytostmi. Postupně se ukazují i další společné rysy spolehlivosti objektů vytvořených člověkem a živých bytostí. Některých z nich si všimneme v následujícím oddílu.

Podobnosti mezi spolehlivostí technických zařízení a živých organismů

Nejprve připomeneme dva obecné rysy společné pro obě kategorie. Za prvé, každý biologický druh se vyskytuje v mnoha exemplářích a také různé součásti a výrobky se zpravidla vyrábějí ve velkých množstvích. Za druhé, vlastnosti určitého jedince (z obou těchto skupin), a podobně i vlivy, které na něj působí, závisí zčásti na náhodě. Pokud se týče spolehlivosti, byla definice v úvodu článku vytvořena pro výrobky. Ale podobně můžeme předpokládat, že každý živý organismus má určitý účel, a proto i zde můžeme spolehlivost jedince nebo jeho orgánů chápat jako schopnost plnit funkce potřebné k tomuto účelu.

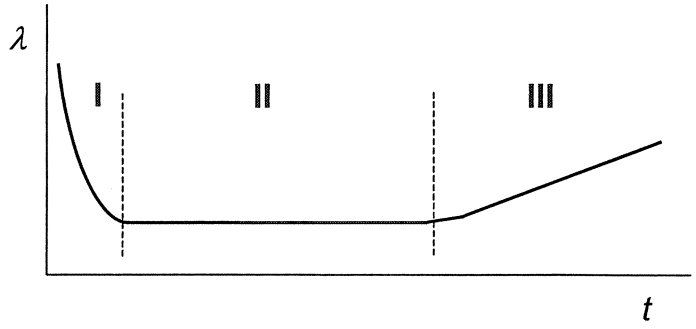
Obecně se spolehlivost vytváří a zajišťuje ve třech etapách. U výrobků se předpoklady pro maximální možnou (požadovanou) úroveň spolehlivosti vytvářejí v etapě návrhu – dimenzováním, volbou materiálů, předepsaným zálohováním některých funkcí apod. Takovéto spolehlivosti se říká

inherentní. Podobně si každý člověk – ale i jakýkoliv jiný živý organismus – přináší na svět ve svých genech, jak vysokého věku se může dožít v ideálním případě, k čemu bude mít vlohy, nebo naopak, k jakým chorobám bude náchylný. Na délku života a spolehlivost má dále vliv výroba a montáž (resp. podmínky života v prenatálním stadiu u živých bytostí) a ve značné míře také způsob provozu. V posledním případě se hovoří o spolehlivosti provozní. Vhodným způsobem provozu, s minimalizací nepříznivých vlivů, přizpůsobením zatížení a podmínek provozu aktuálnímu stavu konstrukce (zjištěnému kontrolami), jakož i prováděním včasné údržby a oprav se lze přiblížit k nejdelší možné životnosti předpokládané v projektu. Podobně například diabetik, který disciplinovaně dodržuje předepsaný režim, se může dožít vysokého věku. Na druhou stranu člověk s předpoklady pro dlouhověkost může při nevhodném způsobu života (pití, kouření, pobyt v rizikovém prostředí) zemřít poměrně mladý. Ale nejde jen o lidi. Jakmile například medvěd žijící v přírodě přijde o zuby (tzv. nezávislá porucha), umírá v poměrně krátké době hlady, neboť jeho žaludek není schopen dobře trávit nedostatečně rozžvýkanou potravu (závislá porucha).

Důležitou veličinou pro hodnocení spolehlivosti je tzv. intenzita poruch. U neopravitelných výrobků, kde porucha znamená vyřazení z provozu, je intenzita poruch definována jako pravděpodobnost, s jakou může během jednotkového časového úseku dojít k poruše objektů, které byly až do příslušné doby v provozu. Jestliže budeme sledovat velké množství součástí určitého druhu a zaznamenávat časový průběh intenzity poruch, dostaneme křivku, která se označuje jako vanová, neboť připomíná podélný řez vanou (obr. 2). V prvém úseku (I) je intenzita poruch vyšší a postupně klesá. Následuje dlouhé období normálního provozu, kdy intenzita poruch je zhruba konstantní. Později opět narůstá. (Podobný průběh má také intenzita opotřebení nebo deformování creepem. Těmito případy se však zde nebudeme zabývat.)

Poruchy v prvém úseku vznikají v důsledku nedostatků v návrhu, použitím nevhodných materiálů, mimotolerančními odchylkami rozměrů nebo technologickými chybami, které nebyly odhaleny mezioperační kontrolou. Někdy vzniknou také náhodnou kombinací hodnot vstupních veličin: i když každá samostatně byla ještě v toleranci, výstupní parametr se již může dostat mimo povolené meze. Takovéto poruchy se často zjistí při kolaudaci, popřípadě se projeví v krátké době po uvedení do provozu. Tato etapa se proto označuje jako období časných poruch nebo dětských nemocí. Vadné výrobky jsou vyřazeny z provozu, popřípadě se opraví, takže podobné poruchy se již neobjeví.

V následující etapě ustáleného provozu (označené jako II na obr. 2), která představuje hlavní část života objektu, dochází k poruchám pouze z náhodných příčin (mimořádné přetížení, nečekané klimatické jevy, chyby obsluhy) a jejich intenzita je poměrně nízká a zhruba konstantní. V poslední etapě (III) se vedle poruch z náhodných příčin začnou ve stále větší míře objevovat poruchy zejména v důsledku



Obr. 2. Časový průběh intenzity poruch λ:
I – etapa časných poruch,
II – etapa ustáleného provozu,
III – etapa stárnutí a dožívání

opotřebení, koroze, únavy materiálu nebo jeho stárnutí (například u polymerů účinkem ultrafialového záření nebo ozónu). Tato etapa se označuje jako období stárnutí nebo dožívání.

Podobný průběh má i křivka intenzity úmrtnosti lidí. Prvý úsek odpovídá relativně vyšší úmrtnosti novorozenců, kojenců a malých dětí. Ta postupně klesá, až se ustálí na relativně nízké hodnotě, odpovídající úmrtím z náhodných příčin, jako jsou dopravní nehody, úrazy, utonutí, násilné činy, nakažlivé nemoci apod. Tato etapa trvá až do relativně vysokého věku, kdy úmrtnost opět postupně narůstá v důsledku chorob stáří a celkového opotřebení organismu. Roli hraje i celoživotní kumulace škodlivých vlivů. (Ve skutečnosti není prostřední část křivky zcela konstantní. Například v období puberty a rané adolescence mají zejména muži větší sklon riskovat, což vede ke zvýšenému počtu úmrtí.)

U odlišných výrobků, resp. objektů mají jednotlivé etapy různé trvání. V některých případech mohou být některé z nich prakticky potlačeny. Kvalitní konstrukční návrh, včetně použití analýzy způsobů a následků poruch (FMEA) a metod robustního designu (zajišťujícího co nejmenší citlivost odezvy na kolísání vstupních veličin), dále důsledné prověřování kvality polotovarů i výrobních a montážních procesů, popřípadě i záběh vybraných prvků či dvojic, umožní prakticky eliminovat etapu časných poruch. (Takzvané zahořování, užívané u některých elektrotechnických výrobků, neznamená celkové zvýšení spolehlivosti vyrobeného předmětu. Pouze se zajistí, že rané poruchy odezní ještě před jeho uvedením do skutečného provozu.) U složitých systémů sestávajících z mnoha prvků je zase možné systematickými výměnami porušených dílů za nové prakticky odstranit etapu dožívání. Podobně v přírodě organismy, které se blíží ke své inherentní délce života a nejsou již schopny plnit dostatečně svoje funkce, umírají. Jsou však průběžně nahrazovány novými jedinci, takže příslušný biologický druh může existovat neomezeně, anebo alespoň velmi dlouho.

Také v období ustáleného provozu je možné ovlivnit intenzitu poruch vhodným způsobem provozu a údržby. Tak například u určitého typu vojenské stíhačky dodávané do různých zemí bylo zjištěno, že zpočátku byla intenzita poruch všude stejná (převažoval vliv inherentní spolehlivosti). Ale po několika letech provozu se začaly objevovat rozdíly v poruchovosti v jednotlivých zemích. Příčinou byly rozdíly ve způsobu provádění údržby a běžných oprav; roli přitom hrála i mentalita obyvatel. Pro podobné příklady nemusíme chodit daleko. Na našich silnicích umírá ročně (v přepočtu na ujeté kilometry) několikanásobně více lidí než například ve Švédsku. Zčásti je za to odpovědný náš způsob jízdy, zčásti technický stav vozidel. I zde se naše pojetí toho, co je ještě vyhovující, zřejmě liší od švédského.

Existují i další podobnosti mezi spolehlivostí technických zařízení a živých organismů. Jedním z prostředků pro zvýšení spolehlivosti je zálohování. Existují dva druhy: strukturální a algoritmické. První spočívá v přidání „nadbytečných" hmotných prvků, druhé v přidání nadbytečné operace nebo informace. Jako příklad strukturálního zálohování u výrobků můžeme uvést dvouokruhové brzdy, záložní zdroj energie nebo přídavné výztuhy v konstrukci. Příkladem algoritmického zálohování je opakování defektoskopické kontroly pro zvýšení pravděpodobnosti odhalení trhlin v trupu letadla nebo přidání paritního bitu při přenosu informací. Ale také mnoho orgánů u lidí nebo dalších živočichů je zdvojených nebo dokonce vícenásobných, i když důvodem nebývá vždy pouze zálohování. A pokud jde

o zajištění existence určitého biologického druhu, je příroda při zálohování (například množství semen jedné rostliny) skutečně důkladná.

Mezi prostředky pro zajištění spolehlivosti provozu patří také diagnostika, resp. sledování stavu a provádění oprav. U technických zařízení jejich význam chápeme a cílevědomě je provádíme. Ale také naše smysly nás informují o stavu okolí a únava nebo bolest nám jasně říkají, že zatížení našeho organismu je vyšší, než je zdrávo. Kupodivu tato hlášení často ignorujeme nebo dokonce potlačujeme, místo abychom odstranili příčinu, a někdy si tak trochu zkracujeme život. Podobně zanedbáváme různá diagnostická vyšetření. Jedním z důsledků například je, že muži v naší republice mají nejvíce úmrtí na rakovinu tlustého střeva na světě.

Pokud se týče provádění oprav, používá příroda jiné nástroje než člověk – výrobce. Příkladem je hojení ran a dorůstání tkání. V tomto směru provádějí lidé v nebiologické oblasti teprve první pokusy. Příkladem může být transformačně zpevňovaná zirkoničitá keramika. Vysoké napětí v malé oblasti před vrcholem trhliny v zatížené součásti vyvolává přeměnu tetragonální fáze na monoklinickou. Ta má vyšší měrný objem a vnáší tam tak tlakové předpětí, které růstu trhliny brání. Výsledkem je zhruba desetinásobné zvýšení lomové houževnatosti.

Podobně se liší i cesty k odstraňování tzv. systematických poruch, tj. takových, které se za určitých podmínek vyskytují opakovaně. V přírodě každý jednotlivec po určité době umírá. Trvale však probíhá nahrazování novými jedinci. V důsledku náhodných mutací se vlastnosti některých jedinců v následující generaci poněkud liší od vlastností rodičů. Dále pak přežívají a množí se takoví, jejichž vlastnosti lépe vyhovují okolnímu prostředí. Pokud nějaké řešení bylo „nevyhovující", takový jedinec a později celý druh vyhyne a jeho místo zaujme druh jiný, s lepším vybavením. Čas přitom nehraje žádnou roli. U lidských výtvorů však čas hraje velice významnou roli a náprava musí být provedena co nejdříve. Naštěstí zpravidla víme poměrně přesně, jaké funkce by měl daný výrobek plnit. Můžeme také odhalovat systematické poruchy statistickým rozborem provozních dat, provádět podrobnou analýzu konkrétních poruch a při nápravě využívat teoretické poznatky z mechaniky i dalších oborů.

Živá příroda využívá zákony mechaniky také při optimalizaci svých výtvorů. Základním pravidlem je, že přežít může pouze druh, resp. organismus, který je dostatečně adaptován na své okolí a spolehlivě plní svoje funkce. V průběhu dlouhé evoluce příroda vyvinula i vlastní nástroje pro optimalizaci tvaru. Příkladem optimalizace tvaru z hlediska odolnosti vůči mechanickému namáhání je „obyčejný" strom. Jeho kmen musí odolávat zatížení větrem (které vnímá). Pokud větry foukají všemi

směry, je průřez kmene kruhový (přibližně; uplatňují se i další vlivy). Je-li však strom vystaven převážně působení větrů určitého směru, přirůstá nová dřevní hmota přednostně tak, aby to zvýšilo ohybový modul průřezu kmene v tomto směru. Jiným příkladem jsou koncentrátory napětí. Každé napojení větve do kmene představuje místo zvýšeného napětí. Pokud by strom „konstruoval" člověk s klasickým strojařským vzděláním, navrhl by nejspíše přechod se zaoblením kruhového (resp. anuloidového) tvaru. Důsledkem by bylo mnohem více ulomených větví než nyní. Skutečný přechod z větve do kmene má takový tvar, že koncentrace napětí zde je mnohem nižší. Ale nejsou to jen stromy; mimořádně nízká koncentrace napětí je také v oblasti rozvidlení srnčích parohů, a též i u mnoha dalších biologických objektů. Tyto poznatky již byly využity v algoritmech některých počítačových programů pro optimalizaci součástí počítaných metodou konečných prvků. Zlepšením tvaru závitů tímto způsobem se například podařilo desetinásobně prodloužit únavovou životnost šroubů pro spojování obratlů.

Bylo by možné uvést ještě řadu dalších příkladů. Protože však účelem tohoto článku bylo pouze ukázat vztah mechaniky a spolehlivosti a upozornit na některé podobnosti mezi spolehlivostí mechanických konstrukcí a živých organismů, omezíme se závěrem na konstatování, že příroda představuje nevyčerpatelný zdroj poučení a že vždycky bude stát za to hledat v ní i další mechanismy a postupy (nejenom ty, které se vztahují k mechanice nebo spolehlivosti) a využívat je.

Dodatek – pár slov k literatuře

Hlavním cílem článku bylo ukázat nenáročnou formou souvislosti mechaniky s některými dalšími oblastmi, a proto v něm nebyly odkazy na literaturu. Při jeho omezeném rozsahu by ani nebylo možné uvést všechny prameny a zejména u mechaniky by to v tomto Bulletinu bylo nošením dříví do lesa. Pouze pro čtenáře, kteří chtějí nahlédnout do oblastí, jimiž se nezabývají, je dále uvedeno několik knih, které mohou poskytnout základní představu. Navíc jsou většinou psány velmi čtivě. Z oblasti pružnosti, kmitání a lomové mechaniky to je například Timoshenko [1], Bishop [2] a Broek [3]. K haváriím se vztahují knihy od Petroského [4] a Wearna [5]. Základy aplikované spolehlivosti jsou pěkně vyloženy v knize Bednaříkově [6] – navzdory názvu i pro neelektroniky - dále v knize Znamirovského [7] a ve skriptech Teplého a Nováka [8]. O optimalizaci tvarů v přírodě pojednávají knihy C. Matthecka [9, 10], který některé poznatky také využil pro optimalizaci konstrukcí.

[1] TIMOSHENKO, S. P.: *History of strength of materials.* Dover Publications, New York, 1953 (1983).

[2] BISHOP, R. E. D.: *Kmitání.* SNTL, Praha, 1978.

[3] BROEK, J. D.: *Elementary Engineering Fracture Mechanics.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1991.

[4] PETROSKI, H.: *To Engineer is Human. The Role of Failure in Successful Design.* St. Martin's Press, New York, 1985.

[5] WEARNE, P.: *Collapse. When Buildings Fall Down.* TV Books, New York, 2000.

[6] BEDNAŘÍK, J. a kolektiv: *Technika spolehlivosti v elektronické praxi.* SNTL, Praha, 1990.

[7] ZNAMIROVSKÝ, K. a kolektiv: *Provozní spolehlivost strojů a agregátů.* SNTL, Praha, 1981.

[8] TEPLÝ, B., NOVÁK, D.: *Spolehlivost stavebních konstrukcí.* CERM, Brno, 1999.

[9] MATTHECK, C.: *Design in der Natur – der Baum als Lehrmeister.* Rombach Verlag, Freiburg, 1992.

[10] MATTHECK, C. KUBLER, H.: *Wood – The Internal Optimization of Trees.* Springer Verlag, Berlin – Heidelberg, 1995.

***

Oznámení

Novým kolektivním členem České společnosti pro mechaniku se stal Ústav termomechaniky AV ČR, Dolejškova 5, 182 00 Praha 8, jehož zástupcem je prof. Ing. Jaromír Příhoda, CSc., prihoda@it.cas.cz

Kronika

Chronicle

Profesor Jiří Šejnoha – 65 let

Je to téměř neuvěřitelné, ale ten optimisticky vyhlížející sportovec se letos na začátku srpna dožívá šedesáti pěti let. Nepochybuji o tom, že jste všichni poznali předního českého odborníka v oboru stavební mechaniky, profesora Jiřího Šejnohu. Jeho široké aktivity jsou jistě dostatečně známé, přesto si dovolím uvést několik nejdůležitějších údajů z jeho života.

Narodil se v krkonošském podhůří v Nové Pace, odtud pochází jeho celoživotní nadšení pro lyžování. K jeho všestrannému nadání patří kromě technického myšlení i talent hudební, musel proto před maturitou řešit dilema – umělec nebo technik. Zvolil si stavební inženýrství, v roce 1961 absolvoval Fakultu architektury a pozemního stavitelství ČVUT v Praze. Poté působil tři roky jako projektant v Pozemních stavbách a v Pražském projektovém ústavu. Během tohoto relativně krátkého období však dokázal získat veliké množství praktických zkušeností, které pak dále s úspěchem využíval při svém působení na vysoké škole. Na Fakultu stavební ČVUT v Praze nastoupil v roce 1964, profesorem mechaniky je od roku 1984, v letech 1987 – 1999 úspěšně vedl katedru stavební mechaniky.

Během svého působení na fakultě si profesor Šejnoha získal značný respekt a přirozenou autoritu. Postupně se stal členem různých vědeckých rad (fakulta, ČVUT, ÚTAM), komisí (pro obhajoby disertačních prací, habilitačních a jmenovacích), oborových rad doktorského studia, redakčních rad (např. Building Journal). Byl též předsedou Akademického senátu fakulty, v letech 1998 – 2000 byl prorektorem ČVUT pro výstavbu, je členem Inženýrské akademie. Často přednáší na zahraničních univerzitách (například na RPI, Troy a University of Wisconsin, Milwaukee v USA nebo RWTH, Aachen v SRN). Je řešitelem mnoha významných projektů a autorem několika set publikací, mezi nejvýznamnější patří monografie Numerical Methods in Structural Mechanics z roku 1996 (ASCE Publ., USA a T. Telford, U.K.). Vychoval kolem 20 mladých vědeckých pracovníků. Za všechnu tuto záslužnou činnost právem získal i mnohá ocenění, např. Felberovu medaili ČVUT, Cenu rektora ČVUT, Medaili ministra školství a další.

Milý Jiří, pokud jsem v předcházejících odstavcích zapomněl připomenout něco významného z Tvé akademické dráhy, tak se Ti za to omlouvám. Možná je to tím, že pro mne je důležitější představit Tě všem ostatním především jako vynikajícího učitele, vědce a inženýra.

Jak se pozná dobrý pedagog od špatného? Určitě i podle toho, že dokáže věci složité sdělovat jazykem jednoduchým a všem srozumitelným. Že své přednášky a svůj čas nevěnuje pouze studentům nadaným a sedícím vždy v předních řadách, ale i těm méně schopným z řad vzdálených. Že dokáže nejen nesmlouvavě vystoupit proti lenosti a podvodům, ale někdy i zamhouřit oko nad chybou a neznalostí. Že má pochopení pro výstřelky mládí. Z vlastní zkušenosti mohu potvrdit, že Jiří jednoznačně patří k nejlepším pedagogům na fakultě. K vynikajícím výkonům mu stačí jen tabule a křída (a učitelské nadání).

Proč je Jiří uznávaným vědcem? Jistě vás napadá řada vážných důvodů, já bych zde rád zdůraznil pouze jediný. Jiří patří k těm vzácným lidem, kteří dokáží pozorně naslouchat druhým a na úrovni s nimi diskutovat – a to vše i v situacích, kdy s řešenou problematikou není detailně seznámen. Jak povzbudivé může být pro začínajícího vědce prohlášení významného profesora – bylo to zajímavé, jsem rád, že jsem se dnes zase dozvěděl něco nového.

Konečně bych rád představil Jiřího jako inženýra, který úspěšně projektuje a konzultuje (a také i vlastnoručně buduje). A opět uvedu jeden důvod za všechny – jednoduchost a srozumitelnost navrhovaných řešení. K ověření složitých výpočtů mnohdy nepotřebuje výpočetní programy, stačí mu papír, tužka, kalkulačka (a inženýrský cit). A tak jistě mnozí, kteří vyhledali jeho radu a pomoc, odcházeli s myšlenkou – tak jednoduché řešení, proč jsem na to sám nepřišel.

Jiří Šejnoha vždy důsledně propojoval své učitelské, vědecké a inženýrské poslání. A vždy na něm bylo vidět, že ho to vše také baví. Kdo v tomto okamžiku nabyl přesvědčení, že Jiří patří mezi jednostranně zaměřené workoholiky, mýlí se. K jeho schopnostem totiž patří i umění dobře si zorganizovat čas. Proto mu nedělá problém najít si volné chvíle pro svou rodinu, lyžování a hudbu i pro odpočinek na své chalupě, kterou s citem opravil a různými technickými vymoženosti vylepšil. Dokáže si v klidu posedět s přáteli a kolegy při dobrém víně. Zkrátka žádný zachmuřený a roztržitý profesor, ale příjemný společník, jehož upřímných a dobře míněných rad (a někdy i rad méně příjemných, ale pravdivých) si všichni váží.

Milý Jiří, dovol, abych Ti jménem všech Tvých studentů a kolegů, všech těch, kteří měli tu čest s Tebou spolupracovat, popřál všechno nejlepší v osobním životě i ve Tvém pedagogickém, vědeckém a

inženýrském působení na fakultě. Přeji Ti hodně zdraví, času a energie, aby ses mohl věnovat všemu, co Ti dělá radost.

Jiří Máca

*

K pětašedesátinám prof. ing. Vladimíra Zemana, DrSc.

Neuvěřitelným kvapem uteklo pět let od chvil, kdy jsem měl tu čest psát do Bulletinu České společnosti pro mechaniku několik vzpomínek u příležitosti dosažení šedesáti let mého kolegy a především přítele Vladimíra Zemana. S radostí se této příležitosti ujímám i letos, kdy jsme již opět o něco starší. Na rozdíl od mnohých (mě nevyjímaje) tento časový přírůstek není na jubilantovi téměř vidět!

Nebudu zde opakovat výčet nejvýznamnějších milníků jeho bohatého života. Letos bych chtěl jen zdůraznit, že i poslední pětiletí vyplnil houževnatou prací vědeckou i organizační ve prospěch kolektivu katedry, kterou tak výborně vede. Zajistil velmi úspěšné plnění výzkumného záměru, který letos končí, a připravil s velkým nasazením i projekt záměru nového. Nadále rozvíjel originální metodu modální syntézy, kterou plikoval v oblasti jaderných reaktorů. Nesmírně náročná a úspěšná byla i aplikace na automobilní převodovky, kde jím navržená metodika dovolila dovést simulaci až do vyzařovaného akustického výkonu na jejím povrchu.

Prof. Zeman publikoval řadu dalších prací na mezinárodních konferencích i v časopisech – prostě pracoval tak, jak ho znám od studentských let! A přitom ovšem plní příkladně i roli manžela a dědečka! Co říci více? Především to, že mu přeji spolu s celou katedrou mechaniky Západočeské univerzity v Plzni a spřízněnými pracovníky výzkumného centra Nové technologie i do dalších let mnoho štěstí, zahrnujícího především zdraví, pracovní úspěchy a rodinnou harmonii.

Josef Rosenberg

Prof. Ing. Jaroslav Menčík, CSc. – 60 let

V červenci letošního roku oslavil své 60. narozeniny jeden z velice všestranných odborníků, v současné době působící na Dopravní fakultě Jana Pernera Univerzity Pardubice, Prof. Ing. Jaroslav Menčík, CSc.

Narodil se v roce 1944 ve Zlíně. Základní školu však navštěvoval v Jablonci nad Nisou, kam se celá rodina přestěhovala v roce 1947. Školní docházku ukončil – i přes velmi dobrý prospěch – s nechutí k dalšímu soustavnému studiu, a proto se přihlásil do učení v oboru elektromontér. Řemeslo ho bavilo, ale přece jen po určité době začal pociťovat potřebu hlubšího vzdělání. Po vyučení proto vystudoval při zaměstnání Střední elektrotechnickou průmyslovou školu v Liberci. Původně zamýšlel pokračovat po maturitě v dálkovém studiu elektrotechniky na vysoké škole. Protože však v nevhodnou chvíli kritizoval vedoucí pracovníky podniku, kde pracoval, dostal odtud posudek, který by dálkové studium spíše znemožnil. Na štěstí se psal rok 1966, kdy na denní studium nebyl posudek zaměstnavatele zapotřebí, a tak se čerstvý maturant přihlásil k dennímu studiu na Strojní fakultě Vysoké školy strojní a textilní v Liberci. (Možná k tomu přispěla i záliba ve sportovních motocyklech.) Studium na VŠST bylo velmi náročné a zpočátku měl strach, že jej bude muset zanechat. S pomocí spolužáků se mu však podařilo počáteční těžkosti brzy překonat. Ještě jednou měl velké obavy. To když začal navštěvovat přednášky z pružnosti a pevnosti profesora Cyrila Höschla. Ten byl znám jako vynikající odborník a pedagog, ale také přísný zkoušející. Ze strachu se student Menčík tak dlouho pružnost a pevnost „dřel", až si ji zamiloval. Jako specializaci si později zvolil stavbu výrobních strojů a zařízení. Studium ukončil v roce 1971 s červeným diplomem; jeho diplomová práce (Návrh přístroje pro měření rovinnosti) byla mj. oceněna na mezinárodní soutěži v Moskvě. V roce 1971 nastoupil – spíše náhodou – do Výzkumného ústavu skla a bižuterie v Jablonci nad Nisou. Zde se jako výzkumný pracovník zabýval až do roku 1979 konstrukcí zařízení pro sklářský a bižuterní průmysl a výzkumem mechanického opracování skla a tvarování skloviny. Sklo se stalo jeho další láskou. V letech 1972 – 1977 absolvoval externí aspiranturu na katedře pružnosti a pevnosti Strojní fakulty ČVUT v Praze. Zde rovněž obhájil disertační práci Příspěvek k výzkumu sekání skleněných tyčinek. V letech 1979 – 1985 pracoval na Vysoké škole strojní a textilní v Liberci, nejprve na katedře obrábění a montáže, později na katedře sklářských a keramických strojů. Protože však těžko snášel politickou atmosféru na tehdejší VŠST, přešel počátkem roku 1986 do Výzkumného ústavu potravinářské, chemické a chladicí techniky v Hradci Králové. Zde se jako výzkumný pracovník zabýval pevnostními výpočty strojů a konstrukcí pro chemický a potravinářský

průmysl. Praktické zkušenosti, které zde získal, mu slouží dodnes. Od července 1993 do října 1995 působil jako hostující vědecký pracovník v Austrálii a Německu. Na univerzitě v Sydney a v Ústavu aplikované fyziky CSIRO tamtéž, později pak v Ústavu pro materiálový výzkum Výzkumného centra v Karlsruhe se zabýval zkoumáním mechanických vlastností povrchových vrstev materiálu nanoindentací i dalšími metodami. Po návratu domů nastoupil začátkem roku 1996 na Univerzitu Pardubice, Dopravní fakultu Jana Pernera. Vedoucí katedry dopravní infrastruktury, profesor Hynek Šertler, jej tenkrát získal pro další oblast – spolehlivost, kterou profesor Menčík přednáší spolu s pružností a pevností dodnes, v současné době však na katedře provozní spolehlivosti, diagnostiky a mechaniky v dopravě. Po habilitačním řízení, které se uskutečnilo na Strojní fakultě Technické univerzity v Liberci v roce 1996, byl jmenován docentem pro obor aplikovaná mechanika. O dva roky později pak proběhlo na téže univerzitě jmenovací řízení a získal titul profesora. Tolik k odborné genezi jubilanta.

Profesor Menčík pracuje více než 30 let ve výzkumu v různých oblastech aplikované mechaniky. Zabýval se experimentálním zkoumáním pochodů při mechanickém opracování skla a matematickým modelováním teplotních procesů při jeho tvarování, analýzou napjatosti konstrukcí, únavou materiálů a lomovou mechanikou, výzkumem mechanických vlastností tenkých vrstev a povlaků a vývojem metod pro jejich určování, novější době spolehlivostí strojních zařízení a stavebních konstrukcí, včetně aplikací simulační metody Monte Carlo. Mimo jiné byl členem řešitelského kolektivu nebo odpovědným řešitelem čtyř grantových projektů GAČR. Pedagogicky působí déle než 15 let; především na VŠST v Liberci a na Univerzitě Pardubice, ale měl i řadu krátkodobých stáží a přednášek na zahraničních univerzitách a výzkumných pracovištích v Německu, Anglii, Japonsku a Lucembursku. Vedl řadu diplomových a doktorských prací a projektů FRVŠ. Aktivně se podílel na přípravě několika předmětů inženýrského i doktorského studia na DFJP Univerzity Pardubice. Je členem vědecké rady Univerzity Pardubice a Strojní fakulty TU v Liberci, na obou školách působí v komisích pro státní závěrečné zkoušky. Je členem České společnosti pro mechaniku a Odborné skupiny pro spolehlivost při České společnosti pro jakost. Je autorem dvou monografií vydaných v zahraničí (Mechanics of Components with Coated or Treated Surfaces, a Strength and Fracture of Glass and Ceramics). Poslední vyšla pod názvem Pevnost a lom skla a keramiky i u nás. Je také autorem jedné učebnice, spoluautorem vysokoškolských skript a autorem nebo spoluautorem 90 výzkumných zpráv a více než 100 článků v časopisech a příspěvků na domácích i zahraničních konferencích.

Profesor Menčík se je toho času na vrcholu svých tvořivých možností, kdy se jeho žízeň po stále nových a nových poznatcích transformuje do tvůrčích aktivit jak na poli pedagogickém, tak i vědeckém. Jeho tvůrčí potence spolu s nesmírnou houževnatostí, obětavostí a jazykovými znalostmi z něho postupně udělala uznávaného odborníka u nás i v zahraničí, oblíbeného jak mezi studenty, tak i jeho spolupracovníky. Přejeme proto profesoru Menčíkovi především hodně zdraví, které je základním předpokladem toho, aby jeho zápal pro práci a jeho tvůrčí aktivity co nejdéle vydržely a přinesly tak naší vysoké škole, společnosti a jeho rodině ještě mnoho dobrého.

Prof. Ing. Hynek Šertler, DrSc.

*

Prof. Ing. Josef Jíra, CSc. šedesátníkem

Jak ten čas letí. Když jsem v roce 1969 byl přijat k aspirantskému studiu v Ústavu teoretické a aplikované mechaniky ČSAV, sdílel jsem místnost s ing. Josefem Jírou. Ze studií na Stavební fakultě ČVUT jsme se neznali, protože jsme studovali každý jiný směr. Brzy jsme však poznali, že máme velmi blízké odborné zaměření a že si vyhovujeme povahou i názory. Stali se z nás nejen spolupracovníci, ale i přátelé. A toho si stále velmi vážím. Dnes už je rok 2004 a neúprosný kalendář připomíná, že Josef oslaví v tomto roce kulaté narozeniny.

Josef Jíra se narodil 7. 8. 1944 v Mladé Boleslavi a po absolvování gymnázia v Praze začal studovat v roce 1962 na Stavební fakultě ČVUT obor inženýrské konstrukce a dopravní stavby. Již tam projevil zájem o mechaniku a začal si prohlubovat znalosti jako student individuálního studia na katedře stavební mechaniky.

Po ukončení studia na ČVUT byl přijat v roce 1967 jako aspirant v Ústavu teoretické a aplikované mechaniky ČSAV. V oddělení nelineární mechaniky se zaměřil na teorii skořepin, teorii

plasticity a viskoelasticity a výpočty konstrukcí variačními metodami. V roce 1973 po obhajobě kandidátské disertační práce v oboru mechaniky tuhých a poddajných těles a prostředí získal vědecký titul CSc. V oblasti výpočtu skořepin pracoval dál. A to nejen v naší republice, ale i v zahraničí, např. na stáži ve Finsku nebo Kanadě. Brzy se ukázalo, že má předpoklady nejen k vědecké práci, ale i k práci s lidmi a že má organizační talent. Začal ve funkci zástupce vedoucího oddělení, ale od počátku 80. let již byl vědeckým tajemníkem ústavu, dále zástupcem ředitele a v letech 1987-1990 ředitelem ÚTAM. Ve svých funkcích neúnavně pracoval pro rozvoj ústavu. Prokázal svou schopnost odhadu vývoje vědecké činnosti ve svém oboru, ale i v oblastech mezioborových. Má zásadní zásluhu na rozvoji biomechaniky v ústavu a na vytvoření experimentální a počítačové základny ústavu. Byly vybudovány experimentální laboratoře s velmi kvalitním vybavením, které je zčásti využíváno dosud, a počítačová laboratoř, kde se sbíraly zkušenosti s numerickými výpočty a se sběrem experimentálních dat a jejich zpracováním.

Kromě své práce vědecké se Josef Jíra věnoval i práci pedagogické. Od roku 1972 působil na katedře stavební mechaniky Stavební fakulty ČVUT jako externí pedagog a v roce 1986 se stal docentem pro obor stavební mechaniky. V roce 1997 přešel na Fakultu dopravní ČVUT v Praze, kde začal s výukou mechaniky a v roce 1998 vytvořil samostatnou katedru mechaniky a materiálu, v jejímž čele stojí dodnes. Dále aktivně pracoval v oblasti mechaniky potrubních systémů, experimentální mechaniky a biomechaniky a v roce 1999 se na Fakultě dopravní habilitoval jako docent v oboru dopravní systémy a technika, v roce 2001 byl jmenován profesorem. Opět se vší energií a vůlí vykonával a dále vykonává nelehké akademické funkce. Nejprve jako proděkan pro výstavbu se zasloužil o rekonstrukci budovy FD ČVUT na Florenci. Nyní od roku 2000 jako děkan usiluje o další rozvoj fakulty a zvyšování jejího kreditu.

Profesor Jíra se těší uznání svých kolegů, doktorandů a studentů. V roce 1985 byla kolektivu, jehož byl členem, udělena Cena ČSAV za soubor prací o předkritickém a pokritickém chování skořepin. Byl řešitelem projektů GA AV a GA ČR z oblasti prodlužování zbytkové životnosti a zvyšování provozních parametrů vysokotlakých plynovodů, modelování mezních stavů plochých skořepin, vyšetřování vlivu lokálních účinků na napjatost a porušení válcových skořepin, spolehlivosti plynovodních potrubí, nebo biomechanické analýzy lokálních účinků soustavy endoprotéza – pánev. O výsledcích jeho práce mluví i publikační činnost. Je autorem nebo spoluautorem více než 200 článků, zpráv a příspěvků na konferencích, je spoluautorem 2 monografií a 1 skripta. Je organizátorem nebo spoluorganizátorem

mnoha vědeckých konferencí národních i mezinárodních. Je místopředsedou výboru EAN České společnosti pro mechaniku, místopředsedou národního komitétu IASS a členem několika vědeckých a oborových rad.

Nejen prací je člověk živ a to platí i o prof. Jírovi. Plně se věnuje své rodině, dětem a nyní i vnukům, rád navštíví divadlo nebo si přečte dobrou knihu. Na dovolené je spokojený, když může prohlížet hrady, zámky a jiné historické a kulturní památky. A je-li příležitost posedět s přáteli u dobrého vínka, neodmítne.

Milý Josefe, dovol mi, abych Ti jménem svým i jménem kolegyň a kolegů popřál pevné zdraví, hodně elánu a energie do další práce, hodně sil k překonání všech překážek, spokojenost v osobním životě a hodně času pro Tvé koníčky a záliby.

Michal Micka

*

Šedesátiny dr. Náprstka

V neobyčejné tvůrčí aktivitě se Ing. Jiří Náprstek, DrSc. dožívá šedesáti let. Narodil se dne 24. září 1944 v Praze, kde také maturoval na SVVŠ a studoval na Stavební fakultě ČVUT 1961-1966. Patřil k těm studentům, které fakulta vybrala ke studiu na katedře mechaniky. Její absolventi se vynikajícím způsobem uplatnili v teorii i praxi a byli tak předchůdci dnešního doktorandského studia. Po dokončení vysoké školy se stal vědeckým aspirantem v Ústavu teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, kde pracuje dodnes. Pod vedením školitele prof. Kolouška obhájil v roce 1972 kandidátskou disertační práci a v roce 1997 i doktorskou disertační práci. V ústavu je vedoucím oddělení dynamiky a v letech 1990-1999 byl i zástupcem ředitele.

Dr. Náprstek se věnuje teoretickým problémům mechaniky, do které zavedl celou řadu nových originálních přístupů. Vysoce jsou oceňována zejména jeho řešení některých úloh z oborů lineární a

nelineární stochastické mechaniky, dynamiky mechanických soustav s náhodnými imperfekcemi, statické a dynamické stability, interakce konstrukce s tekutinou, aeroelastické nestability, lineárního a nelineárního vlnění, identifikace stochastických soustav, Bayesovských procesů, počítačové mechaniky atd.

Široký záběr teoretických znalostí dr. Náprstka umožnil jejich aplikace v celé řadě oborů, jako jsou seismické a větrové inženýrství, dynamika základů strojů, dynamika dopravních cest a mostů, aplikace analytických i počítačových metod na řešení inženýrských problémů atd.

Dr. Náprstek uveřejnil zatím 192 původních prací ve vědeckých časopisech a mezinárodních sbornících, je spoluautorem 4 monografií a 89 výzkumných zpráv a jako koeditor vydal 4 sborníky z mezinárodních konferencí. Přednášel na mnoha domácích i zahraničních universitách a konferencích, kde bývá často obávaným diskutérem, protože mívá trefné kritické připomínky k přednášeným příspěvkům. Organizuje oblíbené vědecké konference ve Svratce a v současné době jako předseda připravuje 4. evropsko-africkou konferenci větrového inženýrství v Praze 2005. Sluší se podotknout, že jím pořádané konference vynikají perfektní organizací a minimem mimořádných událostí.

Dr. Náprstek je mnohostranně činným v mateřském ústavu, kde je předsedou vědecké rady, v hodnotitelské komisi AV ČR, v grantových agenturách ČR i AV ČR, redakčních radách časopisů Probabilistic Engineering Mechanics, European Earthquake Engineering a Inženýrská mechanika, recenzentem mnoha vědeckých prací. Je místopředsedou naší České společnosti pro mechaniku, spolupracuje se zahraničím na projektu COST a česko-japonském programu KONTAKT a zastává mnoho dalších odborných funkcí a aktivit doma i v zahraničí.

Dr. Náprstek je nesmírně pracovitý a náročný na sebe i své spolupracovníky. Cele se věnuje vědecké práci, které obětuje svůj pracovní i volný čas. Nezná pojem pracovní doba, dovolená, chalupa a ostatní výdobytky moderní doby. Všichni jeho spolupracovníci mu přejí pevné zdraví, aby vynakládanou duševní i tělesnou námahu dlouho vydržel. Zároveň mu přejeme, aby při svém vysokém pracovním zatížení našel dostatek času nejenom k rekreaci, ale i k sepsání svých hlubokých a rozsáhlých vědomostí do obsáhlé monografie.

L. Frýba

NOVÍ ČLENOVÉ - NEW MEMBERS

Ing. Milan HOKR Ph.D.
21.5.1976
Praha
Technická univerzita v Liberci, KMO

Adresa zaměstnavatele:	*Adresa bydliště:*
Hálkova 6	Rychtářská 1
Liberec	Liberec
461 17	460 14
Tel.: 485 353 470	*Tel.:*
Fax: 485 353 112	*Fax:*
milan.hokr@vslib.cz	

TM,PM,GE

Ing. Lubomír HOUFEK Ph.D.
12.9.1973
Ivančice
VUT v Brně, FSI, ÚMT
odborný asistent

Adresa zaměstnavatele:	*Adresa bydliště:*
Technická 2	U Mlýnka 6
Brno	Oslavany
616 69	664 12
Tel.: 541 142 887	*Tel.:* 546 423 802
Fax: 541 142 876	*Fax:*
houfek@umt.fme.vutbr.cz	Luba.houfek@volny.cz

EM

Ing. Adam JIRÁSEK
27.10.1972
Ústí nad Labem
Swedish Defence Research Agency, FOI
research engineer

Adresa zaměstnavatele:	*Adresa bydliště:*
Ranhammarsvagen 14	Letovská 557
Stockholm, Sweden	Praha 9
172 90	199 00
Tel.: +46 8 5550 4480	*Tel.:*
Fax:	*Fax:*
jka@foi.se	

LE

Anna KUČEROVÁ
11.3.1981
Praha

Adresa zaměstnavatele:	*Adresa bydliště:*
	Bryksova 953
	Praha 9
Tel.:	198 00
Fax:	*Tel.:* 608 219 787
	Fax:
	anicka@cml.fsv.cvut.cz

PM,MM,IK,EM

Mgr. Martin LANZENDÖRFER
28.8.1980
Vsetín

Adresa zaměstnavatele:	*Adresa bydliště:*
	Dukelská 1820
	Vsetín
Tel.:	755 01
Fax:	*Tel.:* 732 751 835
	Fax:
Lanz@csmat.karlin.mff.cuni.cz	

PM,TM,EM

Ing. Zdeněk OBRUČA Ph.D.
26.1.1976
Kmov
OSVČ
technický poradce

Adresa zaměstnavatele:	*Adresa bydliště:*
Včelínek 362	Včelínek 362
Ostrava - Hošťálkovice	Ostrava - Hošťálkovice
725 28	725 28
Tel.: 732 868 147	*Tel.:* 732 868 147
Fax:	*Fax:*
zdenek.obruca@seznam.cz	

PM,MM,EM,IK

Jan ZEMAN
19.5.1976
Praha
ČVUT v Praze, Fakulta stavební
výzkumný pracovník

Adresa zaměstnavatele:	*Adresa bydliště:*
Thákurova 7	Flájská 8
Praha 6	Praha 10
166 29	100 00
Tel.: 224 354 482	*Tel.:* 603 778 410
Fax: 224 310 775	*Fax:*
zemanj@cml.fsv.cvut.cz	

TM,PM,MS

ZMĚNY K ADRESÁŘI SPOLEČNOSTI (CHANGES)

Ing. Oldřich **DRAHOŠ**
22.11.1953
Zlín

Adresa zaměstnavatele:
Tel.:
Fax:

Adresa bydliště:
Obilná 604
Zlín, Kostelec
763 14
Tel.: 577 434 770
Fax: 577 434 770

TM,GE

Doc. Ing. Nikolaj **GANEV** CSc.
24.3.1953
Bulharsko

ČVUT v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská
vědecký pracovník

Adresa zaměstnavatele:
Trojanova 13
Praha 2
120 00
Tel.: 224 358 604
Fax: 224 358 601
ganev@troja.fjfi.cvut.cz

Adresa bydliště:
U valu 862/2
Praha 6
161 00
Tel.:
Fax:

TM,EM,UP,MS

Ing. Jan **HEISLER**
8.8.1964
Praha

Relsie, spol. s.r.o.

Adresa zaměstnavatele:
Plzeňská 221
Praha 5
150 00
Tel.: 257 212 115
Fax: 257 212 024

Adresa bydliště:
Na Stárce 12
Praha 5
150 00
Tel.:
Fax:

MT

Prof. Ing. Milan **HÝČA** DrSc.
17.11.1939
Mladá Boleslav

Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní

Adresa zaměstnavatele:
Hálkova 6
Liberec 1
461 17
Tel.: 485 354 132
Fax: 485 354 160
milan.hyca@vslib.cz

Adresa bydliště:
Tel.:
Fax:
hyca@seznam.cz

Doc. Ing. Hynek **KLÁŠTERKA** CSc.
31.3.1939
Strakonice

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní, KKE

Adresa zaměstnavatele:
Univerzitní 22
Plzeň
306 14
Tel.: 377 638 139
Fax: 377 638 102
klast@kke.zcu.cz

Adresa bydliště:
Manětínska 63
Plzeň
323 30
Tel.:
Fax:

MT

Ing. Jiří **KOTINA** CSc.
14.10.1943
Plzeň

KontaktBüro, "Bayern - Tschechien"

Adresa zaměstnavatele:
Auf der Scanze 0
Cham
D-93413
Tel.: 0049-9971-9944-25
Fax: 09971-9944-19
kotina@wandos.de

Adresa bydliště:
Mánesova 3
Plzeň
301 00
Tel.:
Fax:

TM

Prof. RNDr. Karel **KOZEL** DrSc.
24.12.1939
Benešov

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, ÚTM

Adresa zaměstnavatele:
Technická 4
Praha 6
166 07
Tel.: 224 357 301
Fax: 224 920 677
kozelk@fsik.cvut.cz

Adresa bydliště:
Frýdlantská 1308
Praha 8
182 00
Tel.: 286 583 100
Fax:

MT

Ing. Anna **MACHOVÁ** CSc.
27.7.1943
Považská Teplá (Slovensko)

Ústav termomechaniky AV ČR
vědecká pracovnice, tajemnice VR

Adresa zaměstnavatele:
Dolejškova 5
Praha 8
182 00
Tel.: 266 053 023
Fax: 286 889 732
machova@it.cas.cz

Adresa bydliště:
Učitelská 1549
Praha 8
182 00
Tel.:
Fax:

PM,RM

ZMĚNY K ADRESÁŘI SPOLEČNOSTI (CHANGES)

Prof. Ing. Eduard **MALENOVSKÝ** DrSc.
15.6.1951
Zlín

VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Adresa zaměstnavatele:
Technická 2
Brno
616 69
Tel.: 541 142 855
Fax: 541 142 876
malenovsky@umt.fme.vutbr.cz

Adresa bydliště:
Černého 43
Brno
635 00
Tel.: 721 959 516
Fax:

TM

Prof. Ing. Jaromír **PŘÍHODA** CSc.
26.6.1939
Praha

Ústav termomechaniky AV ČR
ředitel

Adresa zaměstnavatele:
Dolejškova 5
Praha 8
182 00
Tel.: 286 890 383
Fax: 286 584 695
prihoda@it.cas.cz

Adresa bydliště:
Fügnerova 251
Černošice I
252 28
Tel.:
Fax:

PM,LE

Ing. Václav **VLČEK** CSc.
10.9.1935
Praha

Ústav termomechaniky AV ČR
vědecký pracovník

Adresa zaměstnavatele:
Dolejškova 5
Praha 8
182 00
Tel.: 266 053 402
Fax: 286 584 695
vlcek@it.cas.cz

Adresa bydliště:
Lehárova 13
Praha 4
143 00
Tel.: 241 773 370
Fax:

VI

Očekávané akce

Prospective Events

Tématické konference pořádané Evropskou společností pro výpočetní metody v aplikovaných vědách v roce 2005

1) **Computational Methods for Coupled Problems in Science and Engineering**
25. – 28. 5. 2005, Řecko, http://congress.cimne.upc.es/coupledproblems

2) **International Conference on Computational Combustion**
21. – 24. 6. 2005, Portugalsko, http://navier.ist.utl.pt/compcomb05

3) **II International Conference on Advanced in Computational Multibody Dynamics**
21. – 24. 6. 2005, Španělsko, http://www.mecanica.upm.es/multibody2005

4) **Computational Methods in Marine Engineering**
27. – 29. 6. 2005, Norsko, http://congress.cimne.upc.es/marine05

5) **International Symposium on Neural Networks and Soft Computing in Structural Engineering**
30. 6. – 2. 7. 2005, Polsko, http://www.pk.edu.pl/nnsc

6) **International Conference on Meshless Methods**
11. – 14. 7. 2005, Portugalsko, http://www.math.ist.utl.pt/meshless

7) **II International Conference on Smart Structures and Materials**
18. - 21. 7. 2005, Portugalsko, http://www.dem.ist.utl.pt/~smart05

8) **10th International Conference on Numerical Methods in Continuum Mechanics (NMCM) & 4th Workshop on Trefftz Methods**
23. – 26. 8. 2005, Slovensko, http://mppserv.utc.sk/NMCM2005

9) **VIII International Conference on Computational Plasticity** - Fundamentals and Applications
5. – 8. 9. 2005, Španělsko, http://congress.cimne.upc.es/complas05

10) **II International Conference on Adaptive Modeling and Simulation**
8. – 10. 9. 2005, Španělsko, http://congress.cimne.upc.es/admos05

11) **Evolutionary Methods for Design, Optimization and Control with Applications to Industrial Problems**
12. – 14. 9. 2005, Německo, http://www.lhm.mw.tu-muenchen.de/EUROGEN05

12) **International Conference on Computational Bioengineering**
14. – 16. 9. 2005, Portugalsko, http://www.dem.ist.utl.pt/~iccb2005

13) **EMG08 – 8th European Multigrid Conference**
27. – 30. 9. 2005, Holandsko, http://pcse.tudelft.nl/emg2005

14) **II International Conference on Textile Composites and Inflatable Structures**
2. – 4. 10. 2005, Německo, http://congress.cimne.upc.es/membranes05

PROCEEDINGS:

- Book of abstracts (two-page abstracts)
- The full papers on CD-ROM

ABSTRACTS:

Authors are invited to submit two A4-page abstracts by e-mail (cmm2005@icis.pcz.pl) or by post to the conference address. The abstracts should state concisely the purposes, methods, results and conclusions of the work with supporting figures and references as appropriate. All summaries must include names, affiliations, addresses, telephone and fax numbers, and e-mail addresses of all authors. Keywords (five maximum) are required.

PUBLISHING:

Papers must be accompanied by a signed copyright form (available on the web site).

We would be grateful if the authors would confirm their acceptance by signing and returning the publishing agreement.

Please return the agreement by mail or by fax before May 15, 2005 to the conference address.

IMPORTANT DATES:

20 November 2004
deadline for submission of two-page abstracts

15 January 2005
notification on acceptance of papers

15 March 2005
deadline for submission of papers

15 March 2005
payment of registration fee

21 June 2005
beginning of the Conference

REGISTRATION FEE: 200 EURO

The fee covers: book of abstracts, proceedings on CD-ROM, participation in all scientific sessions, coffee breaks, lunches, welcome reception and banquet.

HONORARY CHAIRMAN:

O.C. Zienkiewicz

CONFERENCE WEB SITE:

cmm2005.pcz.pl

CMM 2005

16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
COMPUTER METHODS
IN MECHANICS

June 21-24, 2005,
Czestochowa, Poland

UNDER THE AUSPICES OF:

Ministry of Scientific Research
and Information Technology
Central European Association
for Computational Mechanics

ORGANIZED BY:

Polish Academy of Sciences - Department
of Technical Sciences
Polish Association for Computational
Mechanics
Czestochowa University of Technology

ADDRESS OF CONFERENCE OFFICE:

Faculty of Mechanical Engineering
and Computer Sciences
Czestochowa University of Technology
Dabrowskiego 73
42-201 Czestochowa
Phone, fax: +48-34-3250589
e-mail: cmm2005@icis.pcz.pl