

Bulletin

České společnosti pro mechaniku

3 / 2022

1 / 2023



Bulletin

České společnosti pro mechaniku

3 / 2022

1 / 2023

ČESKÁ SPOLEČNOST PRO MECHANIKU

Asociovaný člen
European Mechanics Society
(EUROMECH)



Bulletin je určen členům České společnosti pro mechaniku.

Vydává Česká společnost pro mechaniku, Dolejškova 1402/5, 182 00 Praha 8-Libeň. Bulletin České společnosti pro mechaniku je vydáván s finanční podporou Akademie věd ČR.

Vychází: 3x ročně
Místo vydávání: Praha
Datum vydání: listopad 2023

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

Redakce

Prof. Ing. Iva Petříková, Ph.D.
Studentská 1402/2, 46117 Liberec
Fakulta strojní, Technická univerzita v Liberci
Tel.: 485 352 947
E-mail: bulletin@csm.cz

Jazyková korektura českých textů

Eva Koudelková

Jazyková korektura anglických textů

Nicola Susanne Karásková

Sazba a grafická úprava

Pavel Koudelka

Tisk

Marten, spol. s r. o.
Českobrodská 876/48
190 00 Praha 9

Předseda

Ing. Jiří Náprstek, DrSc.

Tajemnice sekretariátu

Ing. Jitka Havlínová

Sekretariát

Dolejškova 1402/5, 182 00 Praha 8
Tel.: 266 053 045, tel./fax: 286 587 784
E-mail: csm@it.cas.cz

Domovská stránka

<http://www.csm.cz>

IČO společnosti

444766

Obsah

Ze života společnosti.....	2
Oznámení výsledků voleb do hlavního výboru České společnosti pro mechaniku	2
Oznámení výsledků voleb do výboru pobočky Liberec ČSM.....	4
Výsledky soutěže o Cenu profesora Babušky v roce 2022.....	5
Protokol ze zasedání komise pro udělení Ceny prof. Z. P. Bažanta pro inženýrskou mechaniku za rok 2022	9
Zpráva o činnosti národního komitétu IFToMM za rok 2022.....	11
Mezinárodní kolokvium DYMAMESI 2023	14
Vydání publikace k stému výročí narození docenta Rudolfa Brepta	15
Články.....	17
Modální analýza poddajných soustav s tlumením (dodatek pro nesympetrické matice).....	17
Umělá inteligence, průhyb nosníku a profesor Emanuel Ondráček.....	25
Nekrology.....	31
Prof. Ing. Miroslav Škaloud, DrSc., dr. h. c. mult. (1930–2023)	31
Prof. Dr. Ing. Ivo Babuška, DrSc., dr. h. c. mult. (1926–2023).....	34
Prof. Ing. Jiří Šejnoha, DrSc., FEng. (1939–2023).....	37

Contents

From the Life of the Society	2
Announcement of Election Results to the Council of the Czech Society of Mechanics	2
Announcement of Election Results to the Committee of the Liberec CSM Local Branch.....	4
Results of the 2022 Professor Babuška Prize	5
Session Proceedings of the Committee Awarding the 2022 Prof. Z. P. Bažant Prize for Engineering Mechanics.....	9
Report of the Activities of the National Committee of the IFToMM in 2022.....	11
International Colloquium DYMAMESI 2023	14
Publication of Book on the Centenary of the Birth of Rudolf Brepta	15
Papers.....	17
Modal Analysis of Elastic Systems with Damping (Appendix for Non-Symmetric Matrices) ..	17
Artificial Intelligence, Deflection of a Beam and Professor Emanuel Ondráček.....	25
Obituaries.....	31
Prof. Ing. Miroslav Škaloud, DrSc., dr. h. c. mult. (1930–2023)	31
Prof. Dr. Ing. Ivo Babuška, DrSc., dr. h. c. mult. (1926–2023).....	34
Prof. Ing. Jiří Šejnoha, DrSc., FEng. (1939–2023).....	37

Oznámení výsledků voleb do hlavního výboru České společnosti pro mechaniku

Announcement of Election Results to the Council of the Czech Society of Mechanics

V období od 15. do 30. listopadu 2022 proběhla tajná elektronická volba členů do hlavního výboru České společnosti pro mechaniku ze seznamu navržených kandidátů. Na základě vyhodnocení počtu získaných hlasů ve volbách do orgánů České společnosti pro mechaniku bylo zvoleno 21 členů Společnosti. Dle volebního řádu tito členové zvolili na společném zasedání ČSM stávajícího a nově zvoleného HV nové zástupce do předsednictva a revizní komise.

Ing. Jiří Náprstek, DrSc.
Prof. Ing. Milan Růžička, CSc.

Zvolení členové hlavního výboru a revizní komise

Ing. Dušan Gabriel, Ph.D.	ÚT AV ČR, v. v. i., Praha
Doc. Ing. Michal Hajžman, Ph.D.	ZČU v Plzni, FAV, Plzeň
Prof. Ing. Radim Halama, Ph.D.	VŠB-TU Ostrava, FS, Ostrava-Poruba
Doc. Ing. Pavel Hutař, Ph.D.	ÚFM AV ČR, v. v. i., Brno
Prof. Ing. Ondřej Jiroušek, Ph.D.	ČVUT v Praze, FD, Praha
Ing. Radek Kolman, Ph.D.	ÚT AV ČR, v. v. i., Praha
Prof. Ing. Jaroslav Kruis, Ph.D.	ČVUT v Praze, FSv, Praha
Prof. Ing. Jiří Křen, CSc.	ZČU v Plzni, FAV, Plzeň
Prof. Ing. Vladislav Laš, CSc.	ZČU v Plzni, FAV, Plzeň

Ing. Jiří Náprstek, DrSc.	ÚTAM AV ČR, v. v. i., Praha
Ing. Luděk Pešek, CSc.	ÚT AV ČR, v. v. i., Praha
Prof. Ing. Iva Petříková, Ph.D.	TU v Liberci, FS, Liberec
Prof. Ing. Jindřich Petruška, CSc.	VUT v Brně, FSI, Brno
Ing. Jiří Plešek, CSc.	ÚT AV ČR, v. v. i., Praha
Doc. Dr. Ing. Pavel Polach	VZÚ Plzeň, Plzeň
Prof. Ing. Milan Růžička, CSc.	ČVUT v Praze, FS, Praha
Prof. Ing. Zbyněk Šika, Ph.D.	ČVUT v Praze, FS, Praha
Doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.	ČVUT v Praze, FS, Praha
Prof. Ing. Stanislav Vejvoda, CSc.	Vítkovice, a. s.
Doc. Ing. Jan Vimmr, Ph.D.	ZČU v Plzni, FAV, Plzeň
Prof. Ing. Jaroslav Zapoměl, DrSc.	VŠB-TU Ostrava, FS, Ostrava-Poruba

Oznámení výsledků voleb do výboru pobočky Liberec ČSM

Announcement of Election Results to the Committee of the Liberec CSM Local Branch

Podle volebního řádu společnosti se v termínu od 9. do 15. ledna 2023 konaly tajné volby nového výboru pobočky Liberec pro období 2023–2026. Volby proběhly prostřednictvím volebního systému vyvinutého firmou Arbitron.

Do výboru pobočky ČSM v Liberci byli zvoleni (v abecedním pořadí):

Doc. Ing. Martin Bílek, Ph.D. (TU v Liberci)

Doc. Ing. David Cirkl, Ph.D. (TU v Liberci)

Ing. Jiří Ondrášek, Ph.D. (VUTS, a. s.)

Prof. Ing. Iva Petříková, Ph.D. (TU v Liberci)

Předsedou pobočky byl zvolen doc. Ing. Martin Bílek, Ph.D.

Výsledky soutěže o Cenu profesora Babušky v roce 2022

Results of the 2022 Professor Babuška Prize

V roce 2022 byl uspořádán 29. ročník soutěže o Cenu profesora Babušky v oboru počítačových věd se zaměřením na počítačovou mechaniku, počítačovou analýzu a numerickou matematiku.

Cena je určena pro vysokoškolské studenty, diplomanty, doktorandy nebo mladé vědecké pracovníky do 36 let. Je udílána každoročně a je spojena s finanční odměnou. Cenu založil v roce 1994 významný český matematik Ivo Babuška, který v letech 1968–2018 působil ve Spojených státech amerických.

Hodnotitelská komise se sešla dne 30. listopadu 2022 ve složení:

Předseda: Ing. Jiří Náprstek, DrSc., ÚTAM AV ČR, v. v. i.

Členové komise (v abecedním pořadí):

- Prof. RNDr. Miloslav Feistauer, DrSc., MMF UK v Praze
- Doc. RNDr. Jan Chleboun, CSc., Fakulta stavební ČVUT v Praze
- Ing. Jiří Plešek, CSc., Ústav termomechaniky AV ČR, v. v. i.
- Prof. RNDr. Karel Segeth, CSc., Matematický ústav AV ČR, v. v. i.
- Prof. Ing. Michael Valášek, DrSc., Fakulta strojní ČVUT v Praze

Do soutěže se prostřednictvím České společnosti pro mechaniku přihlásilo celkem 13 soutěžících (7 prací v kategorii A, 6 prací v kategorii S). Každý člen komise prostudoval a vyhodnotil všech 13 předložených prací. Po dodání hodnocení všemi členy vznikl podklad, který se stal součástí diskuse na zasedání komise. Po diskusi komise vybrala k ocenění následující práce:

Kategorie A

1. Ing. Hana Horníková, Ph.D.

Preconditioning for Linear Systems Arising from Discretization of the Navier-Stokes Equations Using Isogeometric Analysis
Faculty of Applied Sciences, UWB in Pilsen

2. Ing. Jan Rendl, Ph.D.

Nonlinear Dynamics of Rotating Systems with Journal Bearings
Faculty of Applied Sciences, UWB in Pilsen

3. Ing. Marek Tyburec, Ph.D.

Modular-Topology Optimization of Structures and Mechanisms
Faculty of Civil Engineering, CTU in Prague

Kategorie S

1. Mgr. Martina Šarmanová

Mathematical Modeling of Vibrational Dynamics in Electron Scattering from Molecule
Faculty of Mathematics and Physics, Charles University Prague

2. Ing. Tomáš Hlavatý

Developing a Non-Isothermal Numerical Model for Multi-Scale Simulations of Catalytic Filters for Automotive Exhaust Gas Aftertreatment
Faculty of Chemical Engineering, Univ. Chem. Eng. in Prague

3. Mgr. Jan Hrůza

Numerical Simulations of Interaction between Fluid Flow and Rigid Particles
Faculty of Mathematics and Physics, Charles University Prague

Seznam prací přihlášených do 29. kola soutěže o Cenu prof. Babušky za rok 2022

Dizertační práce

1. Mgr. Jakub Janoušek, Ph.D.

Existence and Bifurcation of Periodic Solutions in Models of Suspension Bridge
Faculty of Applied Sciences, UWB in Pilsen

2. Ing. Jan Rendl, Ph.D.

Nonlinear Dynamics of Rotating Systems with Journal Bearings
Faculty of Applied Sciences, UWB in Pilsen

3. Ing. Marek Tyburec, Ph.D.

Modular-Topology Optimization of Structures and Mechanisms

Faculty of Civil Engineering, CTU in Prague

4. Ing. Johanna Ruth Blöcher, Ph.D.

Numerical Modelling of Freezing Soil and Snow Considering Coupled Water and Heat Flow

Faculty of Environmental Sciences, Czech University of Life Sciences in Prague

5. Ing. Hana Horníková, Ph.D.

Preconditioning for Linear Systems Arising from Discretization of the Navier-Stokes Equations Using Isogeometric Analysis

Faculty of Applied Sciences, UWB in Pilsen

6. Ing. Martin Hanek, Ph.D.

Numerical Solution of the Incompressible Flow Using a Domain Decomposition Method

Faculty of Mechanical Engineering, CTU in Prague

7. Ing. Jana Camprová-Turjanicová, Ph.D.

Microstructurally Oriented Model of Ionic Transport in Porous Medium

Faculty of Applied Sciences, UWB in Pilsen

Diplomové a bakalářské práce

1. Ing. Martin Hřabačka

Design and Dynamic Analysis of Active Tensegrity Structures

Faculty of Applied Sciences, UWB in Pilsen

2. Ing. Tomáš Hlavatý

Developing a Non-Isothermal Numerical Model for Multi-Scale Simulations of Catalytic Filters for Automotive Exhaust Gas Aftertreatment

Faculty of Chemical Engineering, Univ. Chem. Eng. in Prague

3. Mgr. Martina Šarmanová

Mathematical Modeling of Vibrational Dynamics in Electron Scattering from Molecule

Faculty of Mathematics and Physics, Charles University Prague

4. Mgr. Jan Hrůza

Numerical Simulations of Interaction between Fluid Flow and Rigid Particles

Faculty of Mathematics and Physics, Charles University Prague

5. Ing. Anežka Švandová

Simulace proudění v porézním prostředí se zaměřením na puklinová prostředí a hrubozrnné materiály

Faculty of Applied Sciences, UWB in Pilsen

6. Bc. Tomáš Medřický

Porovnání a úprava duálních metod dělení oblasti pro úlohy modulární topologické optimalizace

Faculty of Civil Engineering, CTU in Prague

Slavnostní vyhlášení výsledků 29. ročníku soutěže o Cenu prof. Babušky proběhlo ve středu 14. prosince 2022 v Ústavu termomechaniky AV ČR, v. v. i. Po zahájení předsedou České společnosti pro mechaniku Ing. J. Náprstkem, DrSc., byly vyhlášeny výsledky a vítězům předány ceny a čestné diplomy. Následovaly prezentace nejlepších oceněných prací a na závěr vystoupil zástupce Jednoty českých matematiků a fyziků doc. RNDr. Josef Benda, CSc., předseda matematického oddělení pražské pobočky JČMF.

Více informací: <http://www.csm.cz/soutez-o-cenu-prof-babusky/>

Protokol ze zasedání komise pro udělení Ceny prof. Z. P. Bažanta pro inženýrskou mechaniku za rok 2022

Session Proceedings of the Committee Awarding the 2022 Prof. Z. P. Bažant Prize for Engineering Mechanics

Česká společnost pro mechaniku udělila Cenu prof. Z. P. Bažanta pro inženýrskou mechaniku za rok 2022, spojenou s finanční odměnou 1200 USD, **prof. Ing. Františku Maršíkovi, DrSc.**, z Ústavu termomechaniky AV ČR, v. v. i.

Do konce roku 2022 přišel jediný návrh na udělení ceny. Kandidátem se stal prof. Ing. František Maršík, DrSc. Návrh a příslušné dokumenty byly členům komise rozeslány na začátku ledna 2023 k prostudování. Komise se sešla dne 8. února 2023 ve složení: Ing. Jiří Náprstek, DrSc., prof. Ing. M. Okrouhlík, CSc., prof. Ing. J. Petruška, CSc., a Ing. J. Plešek, CSc. Zbývající členové komise prof. Ing. M. Jirásek, DrSc., prof. Ing. J. Příhoda, CSc., prof. Ing. M. Valášek, DrSc., se vyjádřili ke kandidatuře prof. Maršíka písemně. Na základě písemných stanovisek členů komise a po podrobné diskusi na zasedání přijala komise předložený návrh a rozhodla se udělit Cenu prof. Z. P. Bažanta za rok 2022 prof. Ing. Františku Maršíkovi, DrSc.

Prof. Maršík se ve své vědecké činnosti zabýval širokou škálou problémů od proudění stlačitelné tekutiny s uvažováním nerovnovážné termodynamiky a kinetiky fázových přechodů přes modelování transportních a elektrochemických procesů ve vodíkových palivových článcích až po bio-termodynamiku s aplikací na svalovou energetiku, remodelaci tkání vlivem dynamické zátěže a termodynamiku srdečně cévního systému člověka. Kromě nesporných výsledků v oblasti základního výzkumu vždy dbal i na jejich uplatnění v oblasti aplikovaného výzkumu. Zanedbatelná není ani jeho spolupráce se zahraničními pracovišti, zejména s Universitě Libre de Bruxelles v Belgii a s Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt. V jeho činnosti nelze přehlédnout pedagogické působení na Matematicko-fyzikální fakultě UK v Praze a na Fakultě strojní ČVUT v Praze, kde vychoval řadu mladých vědeckých pracovníků, z nichž někteří se úspěšně uplatňu-

jí v Ústavu termomechaniky. Za svůj přínos v mechanice tekutin a termodynamice i v biomechanice byl odměněn v roce 1914 Čestnou medaili Františka Křížíka a v roce 2017 Čestnou medaili České lékařské společnosti J. E. Purkyně.

V Praze dne 8. února 2023

Zpráva o činnosti národního komitétu IFToMM za rok 2022

Report of the Activities of the National Committee of the IFToMM in 2022

Poslední zasedání Českého národního komitétu IFToMMu se uskutečnilo 8. listopadu 2022 při příležitosti konání konference Výpočtová mechanika 2022.

V polovině prosince roku 2022 rozeslal prof. Ceccarelli informaci o stavu nominace členů do vrcholných funkcí vedení IFToMMu, především na funkci prezidenta IFToMMu, generálního tajemníka IFToMMu a na členy Výkonné rady na funkční období 2024–2027. Na prezidenta IFToMMu je opět navržen prof. Andres Kecskemethy a na funkci generálního tajemníka IFToMMu prof. Lovasz. V době podání této informace neměl žádný z těchto kandidátů protikandidáta.

Před koncem roku 2022 se v prosinci uskutečnila schůzka Technického komitétu pro dynamiku rotačních strojů (TC for Dynamics of Rotating Machines). Schůzka byla svolána formou online. V jejím průběhu

- Prof. Fulei informoval o stavu příprav mezinárodní konference IFToMMu o dynamice rotorů.
- Předsedkyně komitétu prof. Katia Cavalca jmenovala volební komisi pro volbu nového předsedy komitétu, protože její vlastní funkční období se blíží svému konci. Předsedou volební komise se stal prof. Gupta z Indie.
- Za nového člena komitétu byl přijat dr. Fahdi Dohnal z rakouské členské organizace IFToMMu.
- Prof. Correa, člen Výkonné rady IFToMMu a také technických komitétů pro dynamiku rotačních strojů a tribologii, požádal o upořádání semináře o rotačních strojích v rámci 16. světového kongresu IFToMMu. Bylo osloveno několik členů komitétu a někteří z nich pozvání přijali.

Těsně před koncem roku 2022 ocenil předseda Technického komitétu pro motory a pohony (TC for Engines and Powertrains) dr. Tigran Parykian z rakouského Grazu práci dr. Pavla Novotného z české členské organizace IFToMMu, zejména jeho příspěvek k publikační a recenzní činnosti konané pro technický komitét.

Začátkem ledna 2023 popřál prezident IFToMMu prof. Kecskemethy všem členským organizacím vše nejlepší do nového roku a vyjádřil naději, že už bude možné se setkávat na všech akcích pořádaných IFToMMem a jeho členskými organizacemi prezenční formou, a tím usnadnit přirozenou vzájemnou výměnu vědeckých poznatků a informací.

V lednu 2023 oznámila předsedkyně Technického komitétu pro dynamiku rotačních strojů prof. Katia Cavalca smutnou zprávu o úmrtí prof. Davida Ewinse. Prof. Ewins se věnoval problematice mechanického kmitání a modální analýzy. Pracoval na Imperial College v Londýně a Univerzitě v Bristolu a spolupracoval s významnými institucemi, jako byla americká NASA nebo firmy Bosch či Boeing. Prof. Ewins byl již v důchodu a zemřel ve věku 80 let.

Z plánovaných akcí pravidelně pořádaných pod záštitou Českého národního komitétu IFToMMu se uskutečnila konference DYMAMESI 2023, která byla v letošní roce pořádána v polském Krakově.

Další akce, které se budou konat pod záštitou Českého národního komitétu IFToMMu v tomto roce, jsou Inženýrská mechanika 2023 v květnu a Výpočtová mechanika 2023 patrně v říjnu.

Nejdůležitější akcí IFToMMu letošního roku bude 16. světový kongres IFToMMu, který se bude konat v hotelu Keio Plaza v Tokiu v Japonsku ve dnech 5.–10. listopadu 2023. Kromě plenárních přednášek a přednášek v technických sekcích se budou konat i zasedání technických komitétů, proběhne zasedání Výkonné rady IFToMMu a zejména se bude konat zasedání Valného shromáždění IFToMMu, na kterém bude jedním z jednacích bodů i volba nových členů vrcholných orgánů IFToMMu, včetně prezidenta a generálního tajemníka.

Z dalších významnějších akcí pořádaných IFToMMem se konaly následující konference:

- The 6th Conference on Mechanisms, Transmissions and Applications, Francie, květen 2023,
- RAAD 2023 – 32nd International Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region, Slovinsko, červen 2023,
- CableCon 2023 – Sixth International Conference on Cable-Driven Parallel Robots, Francie, červen 2023,
- Rotordynamics 2023 – 11th IFToMM International Conference on Rotordynamics, Peking, Čína, říjen 2023.

Kromě těchto konferencí byly uspořádány i dvě letní školy:

- HumANIFTToMM – Italy Summer School on Human-Centered Robotics, Itálie, červen 2023,
- SIMERO 2023 – 4th Summer School on Singularities of Mechanisms and Robotic Manipulators, Francie, červen 2023.

Hlavním posláním IFToMMu je rozšiřovat vědecké poznatky a vytvářet podmínky pro spolupráci mezi vědeckými komunitami na národní a mezinárodní úrovni. Oboje pořádané akce a události naplňují.

Mezinárodní kolokvium DYMAMESI 2023

International Colloquium DYMAMESI 2023

Letošní ročník mezinárodního kolokvia DYMAMESI 2023 se uskutečnil ve dnech 28. února – 1. března 2023 v polském Krakově a jeho hlavním organizátorem byla Krakovská technická univerzita v čele s prof. Markem S. Kozienem.

Mezi spoluorganizátory kolokvia byly mimo jiné také Česká společnost pro mechaniku, z. s., a Ústav termomechaniky AV ČR.

Jednání probíhalo částečně online pro účastníky kolokvia z ČR, pro něž byl příjezd do Krakova obtížný z řady technických důvodů.

Celkový počet 28 účastníků byl složen z odborníků z akademických ústavů a technických univerzit – 16 z Polska, 12 z ČR. Významně byla zastoupena jako obvykle Energetická sekce, sekce Dynamiky strojů a sekce Interakce. Sborník kolokvia, který vydal Ústav termomechaniky AV ČR, obsahuje 17 referátů a má příslušné ISBN 978-80-87012-85-7.

Příští ročník kolokvia, DYMAMESI 2024, se bude ve dnech 5.–6. března 2024 konat v Praze.

Vydání publikace k stému výročí narození docenta Rudolfa Brepty

*Publication of Book on the Centenary
of the Birth of Rudolf Brepta*

U příležitosti stého výročí narození docenta Rudolfa Brepty, zakladatele oboru šíření vln v elastickém kontinuu, byla Českou společností pro mechaniku vydána publikace o jeho životě a díle. Editorem je prof. Ing. Miloslav Okrouhlík, CSc.

V roce 2022 by docent Rudolf Brepta oslavil svoje sté narozeniny. V našich zemích byl zakladatelem oboru šíření napěťových vln, přičemž jeho přístup, vycházející ze studia myšlenek otců zakladatelů jako byli Love, Rayleigh, Kolsky a další,



byl založen na analytických postupech aplikovaných na pohybové rovnice popisující nestacionární kmitání elastického kontinua. Pro rázově zatížená tělesa, definovaná zadanými počátečními a okrajovými podmínkami, používal Laplaceovu transformaci v čase a Fourierovu transformaci v prostoru, našel řešení v příslušných obrazech, po nichž následovala transformace inverzní. Výsledky pro rozložení kinematických a silových veličin v rázově zatíženém tělese v prostoru a v čase dostal ve tvaru nekonečných řad nevlastních integrálů. Jednalo se o komplikovaný úkol, který byl dokončen numerickým vyčíslením. To vše v šedesátých letech minulého století, kdy tato úloha byla na hranici schopností nám dostupných počítačů.

V publikaci jsou přepsány Breptovy rukou psané paměti. Jsou tam zajímavé informace o jeho mládí na Slovensku, o životě za Protektorátu, o jeho vnímání válečných let, o studii po válce, o jeho přínosu k budování kateder mechaniky v Česku i na Slovensku, o osobnostech československé mechaniky, o komplikovaném období po invazi spřátelených armád, o výchově doktorandů, o jeho těžkém životním osudu apod.

Modální analýza poddajných soustav s tlumením (dodatek pro nesymetrické matice)

Modal Analysis of Elastic Systems with Damping (Appendix for Non-Symmetric Matrices)

Jan Marek, Ondřej Marek

Polemika s chybami ze starší literatury

V dobách počítačového středověku, kdy jsme programovali v klonech Fortranu 4 a já byl student Aplikované mechaniky, začínal každý druhý referát o dynamice pohybovou rovnicí

$$\mathbf{M}\mathbf{x}'' + \mathbf{B}\mathbf{x}' + [\mathbf{K} + i\mathbf{H}'] \mathbf{x} = \mathbf{f}(t) \quad (\text{značení matic viz [1]}) \quad (1)$$

Až se nám, silozpytcům, ostatní kolegové smáli, že prý si tuhle rovnici musíme napsat třeba i v hospodě na stůl prstem namočeným do piva, jinak bychom se neměli o čem bavit.

Jako vtípek dobré, ale diskuse se vedla skoro vždycky o jejím řešení. V něm jsme tápali, neboť maticová a komplexní aritmetika programovacích jazyků tehdy nebyla zdaleka tak propracovaná, jako je dnes. A tak se stávalo, že mylné neproověřené předpoklady se vlekly po desetiletí, některé možná dodnes.

Často šlo o záměnu transpozice prosté s transpozicí Hermiteovskou. Tj. o QU rozklad, viz např. [3], str. 364, zbytečně složitě definovaný pro $\mathbf{Q}^{-1} = {}^H\mathbf{Q}$, (2) či rozšíření Choleskiho rozkladu do oboru komplexních čísel jako $\mathbf{A} = \mathbf{L}{}^H\mathbf{L}$. (3)

Když se na vztah (3) podíváme obráceně, jako na součin, kde \mathbf{L} je libovolná komplexní matice, třeba i dolní trojúhelníková, pak matice \mathbf{A} je hermiteovsky symetrická, ale ne libovolná. Ona musí mít na hlavní diagonále druhé mocniny absolutních hodnot řádků matice \mathbf{L} a to jsou reálná čísla NEZÁPORNÁ.

Z toho hned plyne, že rozklad (3) lze použít jenom na takovou matici. A musíme se ptát:

- Jaká jsou vlastní čísla takové matice A? *No, přece reálná.*
- Aha. A vedou problémy M.A. k Hermiteovským maticím? *No, asi nevedou.*

Vždyť už jen matice $[\mathbf{K} + i\mathbf{H}']$ má na diagonále čísla komplexní. A jestli navíc víme, že neexistuje reálná transformace souřadnic, která by společně převedla tři matice na diagonální, pak abychom mohli řešit M.A. pohybových rovnic (1), nejdřív převádíme soustavu n rovnic II. řádu na soustavu 2n rovnic I. řádu např. takto:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{B} & \mathbf{M} \\ \mathbf{M} & \mathbf{0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x}' \\ \mathbf{x}'' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{K} + i\mathbf{H}' & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & -\mathbf{M} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x} \\ \mathbf{x}' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{f} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix} \quad (4)$$

a hledáme vlastní čísla komplexní – tj. útlum a vlastní frekvenci, reálná by nebyla k ničemu. Navíc matice nalevo není diagonálně dominantní, což bychom asi k rozkladu (3) potřebovali, a matice napravo má na diagonále komplexní i záporná reálná čísla. Rozklad (3) je tudíž pro potřeby modální analýzy nepoužitelný.

Ale co horšího, jde totiž o základ pro navazující teorie, které pak začínají slovy:

K dané soustavě pohybových rovnic sestrojíme soustavu adjungovanou (...), s Hermiteovsky transponovanými maticemi (...)

Následují úvahy o spektrálních maticích obecného Jordanovského typu, o nilpotentních maticích atd.

Otázkou je PROČ?

- Proč se vůbec zabývat nějakou „adjungovanou“ soustavou rovnic, když chceme vyřešit tu naši (1)?
- Jak se mohlo stát, že máme najednou spektrální matici Jordanovského typu, když nám základní Věta o maticích říká, že ke každému jejímu vlastnímu číslu existuje nejméně jeden pár vlastních vektorů, tvořený jedním levostranným \mathbf{w} a jedním pravostranným \mathbf{v} , které jsou přes tuto matici bi-ortogonální?

Vždyť Jordanovská struktura znamená, že ${}^T\mathbf{w}_k \mathbf{A} \mathbf{v}_j = 0,0$, ale ${}^T\mathbf{w}_j \mathbf{A} \mathbf{v}_k = 1,0$ a to ještě jen pro některé sousední indexy $k = j + 1$, pro větší rozdíly čísel indexů ne. Kdo zkusil módy počítat, ví, že pořadí vlastních čísel a módů není nic, co by nešlo zvolit libovolně, tak proč jen sousední?

A proč zrovna číslo 1.0 a ne jakékoli jiné?

To je až podezřele divné, nebo ne? Vypadá to, že jde o následek nedokonalého postupu řešení, nikoli o vlastnost řešené soustavy pohybových rovnic.

A tady si dovolím odbočku s další provokací

Všimli jste si, že ať složíme tzv. „dynamickou matici“ jakýmkoliv způsobem a jakoukoli, vždycky ji skládáme pouze operacemi maticové algebry, a v nich není žádný předpoklad o tvaru hledaného řešení?

A že výsledek stavových vlastních vektorů dynamické matice rovnice (4) má vždy tvar ${}^+[\mathbf{v}_j; \pm\lambda_j \mathbf{v}_j]$, kde λ_j jsou příslušná vlastní čísla (minus $2\times$ podtrženo), (5) což odpovídá následnému předpokladu řešení ve tvaru $\mathbf{x} = \sum \mathbf{v}_j \times \exp(-\lambda_j t)$? (6)

Tak proč tedy pořád máme skoro ve všech učebnicích mechaniky předpoklad řešení ve tvaru $\mathbf{x} = \sum \mathbf{v}_j \times \exp(\lambda_j t)$? Vždyť pak všechny výsledky řešených příkladů uváděné ve tvaru ${}^+[\mathbf{v}_j; \lambda_j \mathbf{v}_j]$ musejí být zfalšované.

Vlastní čísla dynamických matic stabilních mechanických soustav totiž leží v pravé polovině komplexní roviny. Je to dáno tím, že matice \mathbf{K} , \mathbf{H}' , \mathbf{B} i \mathbf{M} jsou vesměs pozitivně (semi)definitní. Ale my učíme studenty, že vlastní čísla stabilních mechanických soustav leží v její levé polovině.

Proč? Protože kvůli naší nesourodé volbě tvaru řešení $\mathbf{x} = \sum \mathbf{v}_j \times \exp(\lambda_j t)$ potřebujeme reálné části vlastních čísel záporné.

Dynamické matice přizpůsobit nelze, proto bych se přimlouval za to, abychom přizpůsobili výklad teorie ve smyslu vzorce (6) a opravili uváděné příklady.

Ale vraťme se k modální analýze a dovolte, bych spolu s klasikem suše předpokládal, že monografii MAPSsT [1], vydanou r. 2020, znáte už.

Je zaměřená hlavně na to, jak v M.A. pracovat s tlumením, jež je netradičně popsáno třemi charaktery, různě se projevujícími v soustavách pohybových rovnic. V jejích šesti kapitolách je řešena modální analýza tlumených mechanických soustav jen s maticemi symetrickými, což nám bylo opatrně vytknuto jak recenzentem, tak některými dalšími čtenáři.

Vzali jsme výtky vážně a dopsali Dodatek [2] s kapitolou sedmou, kde se problému nesymetrických matic a jeho řešení věnujeme.

Stručný obsah dodatku k MAPSsT

Tak jako matice jsou symetrické a nesymetrické, tak i operace s nimi (rozklady, transformace souřadnic) lze rozdělit na symetrické a nesymetrické. Namátkou:

Choleskiho rozklad $\mathbf{L}^T \mathbf{L}$ je symetrický, LU rozklad nesymetrický, rozklad $\mathbf{L}^H \mathbf{L}$ nesymetrický (a navíc nepoužitelný), transformace ${}^T \mathbf{V} \mathbf{A} \mathbf{V}$ symetrická, podobnostní transformace $\mathbf{P}^{-1} \mathbf{A} \mathbf{P}$ s výjimkou pro $\mathbf{P}^{-1} = {}^T \mathbf{P}$ nesymetrická atp.

V MAPSsT je na str. 33 poznámka 16 a v ní je napsána obecně známá banalita, že nesymetrická dynamická matice $\mathbf{M}^{-1} \mathbf{K}$ a symetrická matice $\mathbf{L}^{-1} \mathbf{K}^T \mathbf{L}^{-1}$ jsou podobné. Podobnostní transformaci podle §3 lze při $\det[\mathbf{M}] \neq 0$ (7) a $\mathbf{L}^T \mathbf{L} = \mathbf{M}$ snadno odvodit.

Otázkou je:

- a) zda ke každé nesymetrické matici existuje jí podobná matice symetrická,
- b) zda tuto matici lze vypočítat s rozumným vynaložením paměti a času počítače i v případě velkých matic $2n > 2000$ úsporně uložených v paměti.

Cíl je zřejmý. Přes podobnostní transformaci se dostat k symetrickým maticím. Těm lze přiřadit mnohem efektivnější postupy řešení vlastních hodnot než maticím nesymetrickým.

Z provedených odvození ověřených programováním vyplývá, že:

- ad a) ano, existuje. Omezující podmínky jsou jenom takového typu jako výše uvedená (7), říkájící, že matice \mathbf{M} a $[\mathbf{K} + \mathbf{B} + \mathbf{M}]$ musejí být regulární, aby byly rozložitelné. Ovšem symetrický Choleskiho rozklad musí být nahrazen vhodným rozkladem nesymetrickým.
- ad b) ano, jde to. Spotřeba paměti a počítačového výkonu je sice asi $2\times$ větší než u úloh se symetrickými maticemi, ale to je i pro velké úlohy pořád ještě snesitelné.

A z toho plyne

Jestli k symetrickým maticím přednostně patří i symetrické operace výpočtu vlastních čísel a vlastních vektorů, jako je např. QR transformace (neboť nesymetrické transformace k vlastním vektorům nevedou), pak výsledkem řešení nikdy nemůže být nesymetrická spektrální matice Jordanovského typu.

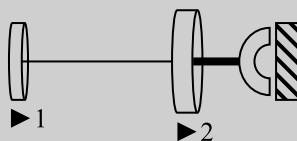
Tak jako u metody SI (viz MAPSsT, str. 62) budou k násobným vlastním číslům patřit nezávislé, nejčastěji (bi-)unitární vlastní vektory.

Nezbývá než předvést, že tento postup funguje a je efektivní: Zadání následujícího příkladu odpovídá modifikaci PŘÍKLADU 5 ze str. 48 MAPSsT, použitá metoda je inverzní s posunutím spektra o jedničku:

100.00000 -99.000000 NESYMETRICKÁ REÁLNÁ MATICE KK
 -101.00000 100.00000

0.0000000 MATICE BB
 2.0000000

1.0000000 MATICE MM
 3.0000000



3.6285104 PODOBNÁ SYMETRICKÁ KOMPLEXNÍ MATICE
 0.0000000

-0.0000000 -2.5590674
 -3.0583078 0.0000000

-0.0000000 -1.3791723
 -0.29813577E-01 0.0000000

-0.0000000 1.9895973
 -1.6499454 0.0000000

ÚTLUM a V1. FREKVENCE [rad/s] PO 23 ITERACÍCH LR: ÚTLUM
 0.5051024E-02 0.4952675 0.8317405E-01 0.8317405E-01 V1.FREKV.
 0.3579797E-16 -0.1915162E-14 -11.54299 11.54299

ÚTLUM a VLASTNÍ FREKVENCE PO NÁSLEDNÝCH 5 ITERACÍCH QR:
 0.5051024E-02 0.4952675 0.8317405E-01 0.8317405E-01
 0.9070853E-16 -0.5110581E-15 -11.54299 11.54299

KONTROLA $TW*PPaNN*V$ (JEDNOTKOVÁ MATICE)

1.0000000 -0.1092495E-15 0.8056265E-13 0.8047848E-13
 -0.3145895E-16 0.8535174E-13 0.3306735E-13 -0.3281658E-13

0.8617820E-16 1.0000000 -0.4265651E-13 0.4232027E-13
 -0.4582362E-13 0.1319158E-16 0.3021621E-13 0.2965627E-13

-0.4310811E-13 0.7468532E-13 1.0000000 -0.2396733E-13
 -0.2048822E-13 -0.3241741E-13 -0.3858025E-13 -0.8962242E-13

-0.4319784E-13 -0.7507974E-13 -0.2438607E-13 1.0000000
 0.2045253E-13 -0.3300117E-13 0.8955620E-13 0.3891332E-13

KONTROLA $TW*NN*V$ (SPEKTRÁLNÍ MATICE)

0.9949744 -0.2140603E-15 0.8137420E-13 0.8124774E-13
 -0.3130084E-16 0.8374814E-13 0.3580823E-13 -0.3558034E-13

-0.1230397E-16 0.6687766 -0.1497733E-13 0.1480841E-13
 -0.4221656E-13 0.8822223E-17 0.2910824E-13 0.2919335E-13

-0.3564729E-13 -0.2400153E-14 0.8058494E-02 0.9925883E-14
 -0.6931440E-14 0.1269388E-13 0.8587645E-01 -0.5376312E-14

-0.3575761E-13 0.2520147E-14 0.9958926E-14 0.8058494E-02
 0.6803775E-14 0.1280220E-13 0.5401949E-14 -0.8587645E-01

```

ÚTLUM a VLASTNÍ FREKVENCE PO 5 ITERACÍCH QR
0.5051024E-02 0.4952675 0.8317405E-01 0.8317405E-01
0.9070853E-16 -0.5110581E-15 -11.54299 11.54299

VLASTNÍ VEKTORY LEVOSTRANNÉ, NORMOVANÉ „NA JEDNIČKU“
1.000000 1.000000 1.000000 1.000000
0.000000 0.000000 0.000000 0.000000

0.9900993 0.9925276 -0.3290472 -0.3290472
0.5312902E-17 0.2107691E-16 -0.1901144E-01 0.1901144E-01

-0.5051024E-02 -0.4952675 -0.8317405E-01 -0.8317405E-01
-0.1033271E-15 -0.6024615E-15 11.54299 -11.54299

-0.5001016E-02 -0.4915667 0.2468171 0.2468171
-0.1373954E-15 0.3549593E-15 -3.796608 3.796608

VLASTNÍ VEKTORY PRAVOSTRANNÉ, NORMOVANÉ „NA JEDNIČKU“
0.9899997 0.9875776 1.000000 1.000000
-0.9660495E-17 -0.7465776E-16 0.000000 0.000000

1.000000 1.000000 -0.3356946 -0.3356946
0.000000 0.000000 -0.1939550E-01 0.1939550E-01

-0.5000513E-02 -0.4891151 -0.8317405E-01 -0.8317405E-01
-0.9910290E-16 -0.4635719E-15 11.54299 -11.54299

-0.5051024E-02 -0.4952675 0.2518033 0.2518033
-0.1298121E-15 0.4987957E-15 -3.873308 3.873308

```

Singularita původní matice \mathbf{K} byla přičtením antisymetrické části porušena, jak je vidět. Avšak u takto jednoduchého příkladu není problémem singularitu (tj. závislost obou řádků) obnovit, položíme-li $K_{12} = K_{11} K_{22} / K_{21}$:

```

100.00000 -99.009901 NESYMETRICKÁ MATICE KK PO OPRAVĚ
-101.00000 100.00000

0.0000000 MATICE BB
2.0000000

1.0000000 MATICE MM
3.0000000

```


VLASTNÍ FREKVENCE PO 5 ITERACÍCH QR

0.6439294E-14	0.5003123	0.8317718E-01	0.8317718E-01
0.1511056E-15	-0.1027297E-14	-11.54310	11.54310

VEKTORY LEVOSTRANNÉ „NA JEDNIČKU“

1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.9900990	0.9925774	-0.3290720	-0.3290720
-0.7208946E-17	-0.1455872E-16	-0.1901233E-01	0.1901233E-01
0.1239122E-13	-0.5003123	-0.8317718E-01	-0.8317718E-01
-0.1671992E-15	-0.2606118E-15	11.54310	-11.54310
-0.8662086E-14	-0.4965987	0.2468325	0.2468325
-0.1163818E-15	0.2770289E-15	-3.796929	3.796929

VEKTORY PRAVOSTRANNÉ „NA JEDNIČKU“

0.9900990	0.9876269	1.000000	1.000000
0.2677164E-17	0.3526592E-17	0.000000	0.000000
1.000000	1.000000	-0.3356863	-0.3356863
0.000000	0.000000	-0.1939448E-01	0.1939448E-01
0.3148796E-13	-0.4941219	-0.8317718E-01	-0.8317718E-01
-0.1597347E-15	-0.1804694E-15	11.54310	-11.54310
-0.1842117E-13	-0.5003123	0.2517939	0.2517939
-0.1239243E-15	0.2299206E-15	-3.873248	3.873248

Je zajímavé, že po této opravě se vrátily na původní hodnoty všechny vlastní frekvence původně symetrické úlohy, nejenom ta první, nulová (porovnej se str. 50 MAPSsT), ale původně shodné levo- a pravostranné módy jsou nyní různé.

Ovšem u větší soustavy by podobná kouzla s čísly při „opravě“ nebyla jednoznačná, takže praktický význam má pouze zjištění, že na vlastní čísla mají vliv obě části matice $\mathbf{K}_{\text{sym}} + \mathbf{K}_{\text{asym}}$.

Více v Dodatku k MAPSsT [2].

Závěrem

Rád bych připojil pár slov ke vzpomínce na prof. Ing. Milana Žmindáka, CSc., viz Bulletin 3/2021. Byl to můj spolužák a kamarád a byl to právě on, kdo mi předal k opožděné recenzi knihu Dynamika a spolehlivost mechanických systémů [4]. On je autorem její souhrnné první části, právě té o maticových metodách a modální analýze. Seznam literatury, ze které čerpal, je připojen tamtéž.

Jedině s kamarádem můžete mluvit otevřeně a nalezené nesrovnalosti nemusíte schovávat za „korektní mluvu“. On určitě věděl, že jako praktik nevěřím starým výpočtům a jsem hodně skeptický i k nekritickému přejímání vzorců z literatury, takže výsledek „recenze“ může být i trochu zdrcující. Přesto, nebo možná právě proto do toho šel.

Jestli se nám tedy v Dodatku k MAPSsT podařilo postrčit vědění na vyšší level a blíž k praxi, je to i jeho zásluha. Milane, díky!

Jan Marek
kontakt i telefon na adrese
www.stat-dyn.pageride.cz

Seznam literatury

- [1] MAREK, Jan, MAREK, Ondřej. *Modální analýza poddajných soustav s tlumením*. Uničov: RePro – Jaromír Niessner, 2020.
- [2] MAREK, Jan, MAREK, Ondřej. *Modální analýza poddajných soustav s tlumením: Dodatek pro nesymetrické matice*. Uničov: RePro – Jaromír Niessner, 2022.
- [3] JULIŠ, Karel, BREPTA, Rudolf a kol. *Mechanika. Díl 2., Dynamika*. Praha: SNTL, 1987. Technický průvodce; sv. 66.
- [4] DEKÝŠ, Vladimír, SÁGA, Milan, ŽMINDÁK, Milan. *Dynamika a spolehlivost mechanických ústav*. Žilina: Žilinská univerzita, 2004. ISBN 80-969165-2-1.
- [5] Otakar DANĚK a další: přednášky pro A. M., různá skripta ÚT ČSAV; viz [4], lit. ke kap. 1.

Umělá inteligence, průhyb nosníku a profesor Emanuel Ondráček

Artificial Intelligence, Deflection of a Beam and Professor Emanuel Ondráček

Miloslav Okrouhlík

Umělá inteligence je všude kolem nás. Zkusme ji vyzkoušet ze základních znalostí z pružnosti a pevnosti. Zeptal jsem se aplikace Bing.

Q:

Imagine a simply supported beam, of the length L , circular cross section A , Young modulus E , loaded in its middle part by a single force F . What is a maximum deflection?

A:

The maximum deflection of a simply supported beam with circular cross section A , length L , and Young's modulus E , loaded in its middle part by a single force F can be calculated using the following formula:

$$\delta_{\max} = (5FL^4)/(384EI),$$

where δ_{\max} is the maximum deflection, F is the force applied at the center of the beam, L is the length of the beam, E is Young's modulus, and I is the moment of inertia of the cross section.

The moment of inertia I for a circular cross section can be calculated using the following formula:

$$I = \pi D^4/64$$

where D is the diameter of the cross section.

So if you know the values of F , L , E , and D you can calculate δ_{\max} using these formulas.

(...)

Komentář zkoušejícího:

Formulka pro výpočet průhybu vypadá na první pohled důvěrně známá. Ty číselné konstanty jsou však jiné, než nám utkvělo v paměti. Vzorec neseď ani rozměrově, průhyb vychází v metrech čtverečních, neboť

$$\frac{FL^4}{EI} \dots \frac{Nm^4}{m^2m^4} = m^2.$$

Kromě toho, veličina I se nenazývá momentem setrvačnosti (moment of inertia), ten má rozměr hmotnost \times čtverec vzdálenosti, tj. $[kg \times m^2]$ – správně se označuje termínem kvadratický moment průřezu – plocha \times čtverec vzdálenosti, tj. $[m^2 \times m^2]$. Vztah pro výpočet kvadratického modulu průřezu pro kruhový průřez je správně. Takže nic moc, to je tak za tři mínus.

Vyzkoušejme i Wikipedii.

Q: simply supported beam.

A: Wikipedia [https://en.wikipedia.org/wiki/Deflection_\(engineering\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Deflection_(engineering))

Simply supported beams [edit]

Simply supported beams have supports under their ends which allow rotation, but not deflection.

Center-loaded simple beams [edit]

The deflection at any point, x , along the span of a center loaded simply supported beam can be calculated using:^[1]

$$\delta_x = \frac{Fx}{48EI}(3L^2 - 4x^2)$$

for

$$0 \leq x \leq \frac{L}{2}$$

The special case of elastic deflection at the midpoint C of a beam, loaded at its center, supported by two simple supports is then given by:^[1]

$$\delta_C = \frac{FL^3}{48EI}$$

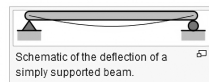
where

F = force acting on the center of the beam

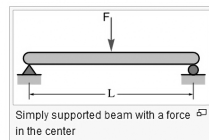
L = length of the beam between the supports

E = modulus of elasticity

I = area moment of inertia of cross section



Schematic of the deflection of a simply supported beam.



Simply supported beam with a force in the center

(...)

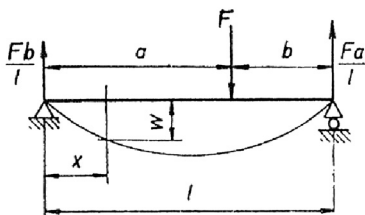
Zkoušející je spokojen. Tady není takřka co dodat. I když termín *area moment of inertia* nemá se setrvačností (inertia) nic společného. Takže jedna mínus.

Do třetice sáhneme pro kontrolu ke klasikům. Viz např. Höschl, C.: Pružnost a pevnost ve strojnictví, SNTL, Praha, 1971.

Příklad – prostě podepřený nosník zatížený osamělou silou.

Dáno: Rozměry, síla F . Viz Obr. 1.

Uřčit: Průhybovou křivku $w = w(x)$ a její sklon $\varphi = w'(x)$, a maximální průhyb, a to v závislosti na poloze zatěžovací síly. Youngův modul pružnosti je E , kvadratický moment průřezu je J_y , délka nosníku l a poloha síly je dána souřadnicí a .



Obr. 1. Prostě podepřený nosník

Reakce dostaneme z rovnovážných podmínek $R_A = \frac{Fb}{l}$, $R_B = \frac{Fa}{l}$.

Ohybový moment pro část $0 \leq x \leq a$ je $M_1(x) = \frac{Fb}{l}x$.

Ohybový moment pro část $a \leq x \leq l$ je $M_2(x) = \frac{Fb}{l}x - F(x - a)$.

Dosažením $M_1(x)$, $M_2(x)$ do vztahu platného pro tenký nosník s malými průhyby, tj. $w''(x) = -\frac{M(x)}{EJ_y}$, dostaneme pro druhou derivaci průhybu dva vztahy.

$$w_1''(x) = -\frac{M_1(x)}{EJ_y} = -\frac{Fb}{lEJ_y}x, \quad \text{pro } 0 \leq x \leq a$$

$$w_2''(x) = -\frac{M_2(x)}{EJ_y} = -\frac{Fb}{lEJ_y}x + \frac{F}{EJ_y}(x - a), \quad \text{pro } a \leq x \leq l$$

Vztahy pro druhou derivaci průhybu je třeba v každé oblasti dvakrát integrovat a čtyři neznámé integrační konstanty získat ze čtyř okrajových podmínek, tj. nulového posuvu v podporách a spojitosti průhybu a jeho první derivace (sklonu) průhybovky pod silou.

Sklon a průhyb pro $0 \leq x \leq a$ nakonec vyjde

$$\varphi_1(x) = w_1'(x) = \frac{Fb}{6lEJ_y}(l^2 - b^2 - 3x^2), \quad w_1(x) = \frac{Fbx}{6lEJ_y}(l^2 - b^2 - x^2) \quad (\text{a})$$

Sklon a průhyb pro $a \leq x \leq l$ jsou

$$\varphi_2(x) = w'_2(x) = \frac{Fb}{6EJ_y} (l^2 - b^2 - 3x^2) + \frac{F}{2EJ_y} (x - a)^2,$$

$$w_2(x) = \frac{Fbx}{6EJ_y} (l^2 - b^2 - x^2) + \frac{F}{6EJ_y} (x - a)^3.$$

Tyto vztahy jsou vykresleny v Obr. 2. Maximální průhyb nosníku pro zadanou sílu F , působící ve vzdálenosti b od pravé podpory, dostaneme z podmínky $w'_1(x_{\max}) = 0$, tedy $\frac{Fb}{6EJ_y} (l^2 - b^2 - 3x_{\max}^2) = 0$.

V tomto případě maximální průhyb nastane ve vzdálenosti

$$x_{\max} = \sqrt{\frac{1}{3}(l^2 - b^2)}.$$

Kontrolou, pro symetrické zatížení, tj. $b = l/2$, dostaneme

$$x_{\max} = \sqrt{\frac{1}{3}\left(l^2 - \frac{l^2}{4}\right)} = \frac{l}{2}.$$

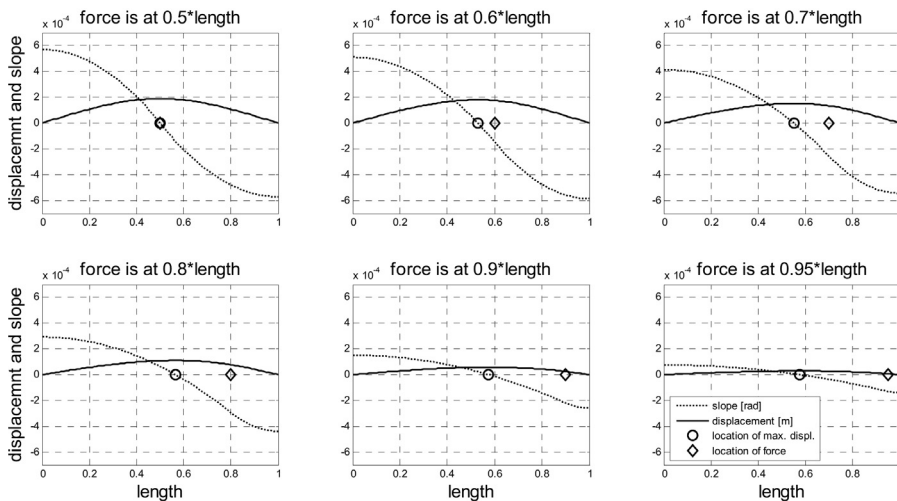
Dosazením $x_{\max} = \sqrt{\frac{1}{3}(l^2 - b^2)}$ do vztahu (a) dostaneme maximální průhyb jako funkci vzdálenosti b ve tvaru $w_{\max} = w_1(x_{\max}) = \frac{Fb(l^2 - b^2)^{\frac{3}{2}}}{9\sqrt{3}EJ_y l}$.

Přibližuje-li se síla F k pravé podpoře, tj. $b \rightarrow 0$, poloha maxima průhybu se přibližuje k hodnotě dané limitou $x_{\max}^{\text{limit}} = \lim_{b \rightarrow 0} x_{\max} = \sqrt{\frac{1}{3}}l \approx 0,577l$, která není příliš vzdálená od střední části nosníku. Známa, ale přesto trochu překvapující skutečnost. Vypočtíme na závěr průhyb pod silou působící ve středu nosníku, tj. $x = l/2$. Dostaneme $w_1\left(\frac{l}{2}\right) = \frac{Fb\frac{l}{2}}{6EJ_y} \left(l^2 - b^2 - \frac{l^2}{4}\right) = \frac{Fb}{48EJ_y} (3l^2 - 4b^2)$.

V tomto případě $b = l/2$, a nakonec tedy, ve shodě s Wikipedií a ostatními učebnicemi pružnosti a pevnosti, dostaneme známý vztah $w_1\left(\frac{l}{2}\right) = \frac{Fl^3}{48EJ_y}$.

Rozměrová analýza, $\frac{Fl^3}{EJ_y} \dots \frac{Nm^3}{m^2 m^4} = \frac{m^5}{m^4} = m$, taky sedí.

Obrázek je lepší než tisíc slov. V Obr. 2 jsou znázorněny průhyby a první derivace průhybů (sklony) podél délky nosníku pro různé polohy zatěžovací síly. Poloha síly (z poloviny délky nosníku se po krocích postupně posouvá doprava) je indikována kosočtvercem, poloha maxima průhybu kroužkem. Kladný průhyb je vynášen v kladném směru pořadnice, tedy „nahoru“.



Obr. 2. Prostě podepřený nosník – natočení a průhyb pro měnící se polohu zatěžovací síly.

Tedy, maximální průhyb prostě podepřeného nosníku obecně není (kromě síly působící ve středu nosníku) pod působící silou. To přece každý ví. Ale...

Vzpomněl jsem si při této příležitosti na úvodní přednášku profesora Emanuela Ondráčka pro studenty prvního kurzu pružnosti a pevnosti na VUT v Brně, kde před posluchárnou plnou začínajících inženýrů popsal následující úlohu: Představte si prostě podepřený nosník zatížený osamělou silou, která se pohybuje od levé podpory k pravé (nakreslil). A položil otázku: Bude největší průhyb nosníku pod působící silou, nebo mimo? Studenti váhali. Profesor Ondráček je nechal hlasovat. Bylo to tak půl na půl. A pak studentům silnými slovy (síla jeho hlasu byla příslovečná) vyčínil a dal radu do života:

O výsledku řešení úloh v technické praxi se nehlasuje.

Zlatá slova, platná obecně, a to i mimo technickou praxi.

Dodejme triviální sdělení, že totiž všechny nástroje, včetně umělé inteligence, mohou být dobrým sluhou. A kromě toho každý výsledek je třeba ověřit.

Profesor Emanuel Ondráček (1931–2018) byl odborníkem širokého záběru. Zasloužil se mimo jiné i o implementaci a rozšíření metody konečných prvků v Československu, byl vynikajícím pedagogem, autorem mnoha vědeckých a výukových textů, vedoucím katedry mechaniky, děkanem a pak i rektorem VUT a též náměstkem ministra školství. Hodně úsilí věnoval teorii modelování fyzikálních jevů a sta-

novení oboru jejich platnosti. Pamatujeme si ho jako přátelského kolegu a jako zapáleného diskutéra na setkáních při příležitosti rozličných konferencí a seminářů. Jeho nekrolog s podrobným popisem jeho životních osudů vyšel v Bulletinu 3/2018.

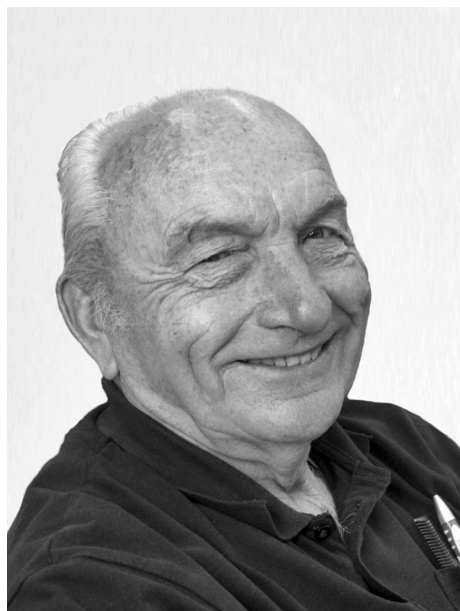
Citace:

HÖSCHL, Cyril. *Pružnost a pevnost ve strojnictví: učebnice pro vysoké školy*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1971. 375 s. Řada teoretické literatury.



Profesor E. Ondráček (vpravo) v diskusi s profesorem C. Kratochvílem
v osmdesátých letech minulého století

Prof. Ing. Miroslav Škaloud, DrSc., dr. h. c. mult. (1930–2023)



Brzy po Novém roce 2023 přišla smutná zpráva, že nás 23. ledna opustil prof. Ing. Miroslav Škaloud, DrSc., dr. h. c. mult., zakládající člen Inženýrské akademie ČR a vážený celoživotní kolega pracovníků Ústavu teoretické a aplikované mechaniky AV ČR. Uplynulo sedm let od chvíle, kdy profesor Vladimír Křístek přál v tomto bulletinu profesoru Škaloudovi k osmdesátým pátým narozeninám pevné zdraví a mnoho dalších úspěchů. Při té příležitosti podal i výběrový výčet výsledků, kterých profesor Škaloud ve své vědecké kariéře dosáhl (viz Bulletin ČSM 3/2015), zejména počty publikací. Jeho velmi plodný život je lemován mnoha dalšími

aktivitami a úspěchy, které nelze všechny na pár stránkách ukázat.

Zopakujme jen základní životopisné údaje. Miroslav Škaloud se narodil 25. října 1930 v Turnově. Po ukončení turnovského reálného gymnázia vystudoval Vysokou školu inženýrského stavitelství ČVUT a v roce 1955 nastoupil do interní vědecké aspirantury ÚTAM ČSAV. V roce 1959 úspěšně obhájil kandidátskou dizertační práci a stal se vědeckým pracovníkem ÚTAM. Po habilitaci v roce 1963 obhájil doktorskou dizertační práci (DrSc.) v březnu 1970 a v květnu 1990 byl jmenován profesorem ČVUT v Praze. Práci v ÚTAM ukončil 31. prosince 2018.

Profesor Škaloud je právem považován za předního představitele teorie konstrukcí a tvůrce české školy stabilitního výzkumu, kterému zasvětil celý život. Již jeho první výzkumné projekty, iniciované profesorem Františkem Faltusem, přinesly výsledky, které se staly základními monografiemi v oboru. Miroslav Škaloud prozíravě zaměřil svou pozornost na chování tenkých stěn v podkritickém stavu, což mu otevřelo cestu do světa. Uskutečnil tři dlouhodobé pobyty u významných vědců – u profesora Charlese Massonneta na univerzitě v belgickém Liège (1962–1963) a později ve Velké Británii u profesora Kennetha C. Rokeyho na univerzitách ve Swansea (1966–1967) a v Cardiffu (1968–1969). Po návratu z Velké Británie založil v ÚTAM vlastní oddělení stability tenkostěnných konstrukcí a úspěšně ho vedl více než třicet let. Snažil se přitom v maximální míře rozvíjet mezinárodní spolupráci i reagovat na aktuální problémy inženýrské praxe. Výzkumná témata využil pro výchovu vlastních aspirantů, u kterých podporoval v tehdejší době nesnadno realizovatelné zahraniční stáže.

Výsledkem výzkumu tenkých stěn upnutých do pásů a zatížených smykem byla teorie Rokey–Škaloud, která významně posouvala dosavadní poznání a promítla se i do norem. Stejně tak byl využit výzkum stěn namáhaných lokálně, který vedl k odhadu mezní únosnosti stěny, zahrnujícímu parametry stěny, pásnice a délky zatížení. Koncem osmdesátých let výzkum pokračoval na nosnících s podélnými výztuhami zatěžovaných jak staticky, tak pulsujícím zatížením, rozšířený až k únávoým zkouškám na přelomu tisíciletí. Profesor Škaloud přitom podporoval aplikaci i rozvoj nových experimentálních metod. Po haváriích velkých ocelových komorových mostů se rychle soustředil na výzkum poskytující projektantům spolehlivé metody pro bezpečný návrh těchto konstrukcí. Šlo především o posouzení snížení únosnosti soustavy nejen vlivem boulení tenké stěny mezi výztuhami, ale také vlivem tzv. smykového ochabnutí. Tandem Škaloud–Křístek pak vyvinul novou teorii řešení stabilitních problémů tenkostěnných mostních konstrukcí s výztuhami, která je modelovala jako soustavu tenkých desek.

Výsledky výzkumu publikoval v osmi monografiích, ve více než 400 odborných článcích a na stovce mezinárodních kongresů a konferencí, kde často zastával předsednické funkce nebo úkoly generálního reportéra. Působil v osmi mezinárodních komisích nebo pracovních skupinách.

Stabilitní výzkum tenkostěnných mostních systémů a jejich prvků v ÚTAM, založený na masivním experimentálním programu a nových teoretických přístupech, získal domácí i světový věhlas. Miroslav Škaloud obdržel v roce 1975 společně s Jozefem Djubekem ze slovenského ÚSTARCH Státní cenu Klementa Gottwalda

a kolektiv Miroslava Škalouda a Vladimíra Křístka získal v roce 1983 Cenu ČSAV. V USA byl zvolen dopisujícím členem Structural Stability Research Council. Technická a ekonomická univerzita v Budapešti a Université de Liège jej poctily čestnými doktorskými tituly. V Japonsku byl oceněn diplomem Honorary Visiting Professor na Osaka City University, stal se rovněž čestným členem Českého svazu stavebních inženýrů a České komory autorizovaných inženýrů a techniků. Rodné město Turnov ho jmenovalo čestným občanem.

V inženýrské praxi se Miroslav Škaloud podílel na optimalizaci tvaru a dimenzí prolisovaných výztuh stěn, sloupů a rámových příčlích konstrukcí hal RD Jeseník. Výsledky jeho stabilitního výzkumu byly dále uplatněny při stavbě dálničního mostu přes řeku Oslavu ve Velkém Meziříčí, mostu Barikádníků v Praze či při tvorbě nového vydání ČSN 73 6205, týkajícího se navrhování ocelových mostních konstrukcí. V sedmdesátých letech působil na žádost východoněmeckého ministerstva dopravy jako poradce pro výpočet ocelových mostů v NDR. Působil jako expert firmy METROSTAV při zhotovení ocelové konstrukce nového Trojského mostu v Praze, pro Ředitelství silnic a dálnic se jako člen expertní skupiny Inženýrské akademie ČR podílel na řešení poruch konstrukce nového velkého mostu přes Lochkovské údolí a v neposlední řadě konzultoval stabilitu velkých nádrží na ropu v Nelahozevsi.

Profesor Škaloud byl také významně zapojen do výuky studentů doma i v cizině, v průběhu života přednášel na 23 zahraničních univerzitách. V roce 1991 uskutečnil přednáškové turné po sedmi japonských univerzitách. V letech 1993–1994 opětovně působil na University College v britském Cardiffu. Čtyřikrát vykonával funkci ředitele mezinárodních postgraduálních kurzů, z toho dvakrát v Budapešti a dvakrát v italském Udine. Do vysokého věku působil na Fakultě stavební ČVUT v Praze, na Fakultě stavební VUT v Brně a zejména na Fakultě architektury Technické univerzity v Liberci, kde vedl katedru a výrazně přispěl k úspěšnému startu fakulty.

Na profesora Škalouda nelze zapomenout ani jako na člověka. Všechny problémy řešil v neobyčejném klidu a s úsměvem. Přispěly k tomu asi i jeho záliby z mládí, kdy se úspěšně věnoval lezení po pískovcových skalách rodného kraje, či nutnost vyrovnat se s těžkými životními ranami, které se mu bohužel také nevyhnuły. Bude mu navždy patřit čestné místo v historii světové vědy, v historii Akademie věd ČR i v našich vzpomínkách.

Praha, únor 2023

Prof. Ing. Miloš Drdácký, DrSc.
ÚTAM AVČR

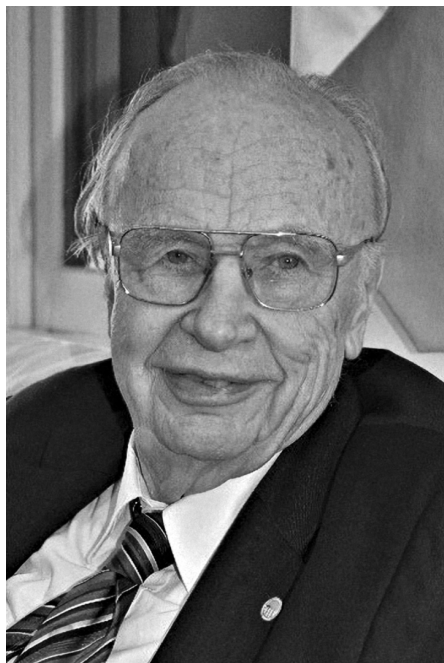
Prof. Dr. Ing. Ivo Babuška, DrSc., dr. h. c. mult. (1926–2023)

Dne 12. dubna 2023 zemřel v Albuquerque v Novém Mexiku (USA) ve věku 97 let prof. Ivo Babuška, přední světový odborník v oblasti výpočtové matematiky.

Ivo Babuška se narodil 22. března 1926 v Praze v rodině známého architekta a stavitele Milana Babušky. Pokusíme se přiblížit hlavní časové úseky jeho plodného života. Po druhé světové válce Ivo studoval stavební inženýrství na Českém vysokém učení technickém a v roce 1949 získal titul Ing. Pod vedením svého školitele profesora Františka Faltuse pokračoval ve studiu a v roce 1951 získal titul Dr. tech. (Ph.D.). Poté se Ivo věnoval studiu matematiky v Ústředním ústavu matematickém v Praze jako postgraduální student profesora Vladimíra Knichala.

Rok 1952 přinesl reorganizaci československé vědy a vysokoškolského vzdělávání. Pro Iva Babušku to znamenalo, že se stal pracovníkem Matematického ústavu ČSAV v Praze (v současné době se ústav nazývá Matematický ústav AV ČR). V roce 1955 získal vědeckou hodnost CSc. (Ph.D.) v matematice a v roce 1960 hodnost DrSc. V letech 1955–1968 byl vedoucím oddělení konstruktivních metod matematické analýzy tohoto ústavu.

V tomto období začala výstavba vltavské kaskády, jejímž jedním článkem byla 91 metrů vysoká orlická přehrada. Matematickou úlohou spojenou s technologií stavby bylo řešení nelineární parciální diferenciální rovnice. Ivo Babuška vedl skupinu pracovníků, kteří navrhli způsob řešení a provedli všechny výpočty na me-



chanických stolních kalkulačkách. Jiná výpočetní technika nebyla v té době v Československu dostupná. Všechny potřebné výpočty zabraly tři roky. Celá záležitost měla ještě jeden důsledek: při řešení úlohy vznikla celá řada doktorských disertací a současně i první generace českých výpočtových matematiků.

V roce 1956 Ivo Babuška založil časopis Aplikace matematiky, který pod názvem Applications of Mathematics vychází dodnes. Letos vychází už 68. ročník. S dalšími spolupracovníky položil základy pro sérii vědeckých konferencí EQUA-DIFF (Conference on Differential Equations), které se i v současnosti konají s čtyřletou periodou v Praze, Bratislavě a Brně.

V roce 1961 Ivo publikoval překvapující zjištění, zvané dnes Babuškův paradox. Ukázal, že když použijeme klasický model ohybu tenké desky, pak zatížená kruhová prostě podepřená deska se prohne podstatně jinak než stejně zatížená a stejně podepřená mnohoúhelníková deska, ať je jakkoli blízka k původnímu kruhu.

Zajímavým projektem řešeným Ivem Babuškou a jeho spolupracovníky v šedesátých letech bylo matematické a výpočtové modelování relaxace reziduálních napětí v průběhu tepelného zpracování tlustostěnných ocelových válců pro Škodu Plzeň. Takový válec byl pak použit jako vnější plášť reaktoru v první československé jaderné elektrárně v Jaslovských Bohunicích.

Státní orgány v tehdejší Československu jen výjimečně projevovaly souhlas s dlouhodobými studijními a přednáškovými pobyty našich vědců na Západě. Ivo Babuška však takový souhlas získal, a na konci srpna 1968 s celou rodinou odcestoval na plánovaný roční pobyt na University of Maryland v College Park. To už bylo Československo obsazeno vojsky Varšavské smlouvy.

Na University of Maryland se věnoval zejména různým aspektům metody konečných prvků, která se v té době začala slibně rozvíjet. Způsob Ivovy vědecké práce by se dal popsat celkem jednoduše. Byl zdrojem spousty nápadů, kterých měl však tolik, že nebyl sám schopen ověřit správnost každého z nich, zejména pak zjistit pomocí výpočetních experimentů, zda budou v praxi dobře fungovat, nebo ne. To jsem poznal už za několik let práce v Babuškově oddělení Matematického ústavu v Praze. Jeho nápady se proto zabývali pracovníci jeho oddělení a dováděli je k závěrečnému rozhodnutí: není to pravda, zapomeneme na to, nebo je to pravda, formálně přesně to dokážeme, podpoříme numerickým příkladem a pošleme k publikaci. U takových publikací se Ivo většinou ani neucházel o spoluautorství, měl radost, že se podařilo dokázat nějakou novou vlastnost, třeba metody konečných prvků.

Takový způsob práce ovšem jako osamocený badatel nemohl uplatnit v Marylandu. Zařídil proto u svých amerických nadřízených ve školním roce 1969–1970 na

University of Maryland roční pobyt pro mou ženu (také numerickou matematicku) a pro mě. Odjet na roční zahraniční pobyt v roce 1969 ještě nebylo příliš obtížné, a tak jsme s Ivem a jeho rodinou strávili rok plný práce i poznávání amerického světa. Později se Ivova situace stabilizovala: získal doktorské studenty, kteří s ním při zkoumání metody konečných prvků spolupracovali. Celkem Ivo vychoval kolem čtyřiceti Ph.D. studentů z nejrůznějších zemí světa.

V roce 1969 se Ivo Babuška rozhodl zůstat s rodinou ve Spojených státech.

V roce 1970 spoluzaložil Finite Element Circus, neformální pravidelná vědecká setkání o metodě konečných prvků, která se na různých místech konala dvakrát ročně po více než třicet let. Po dobu „normalizace“ Ivo udržoval vědecký styk s kolegy v Československu a po roce 1989 začal do Československa a Česka jezdit, zejména na vědecké konference. V roce 1994 založil společně s Českou společností pro mechaniku a Jednotou českých matematiků a fyziků cenu pro mladé vědecké pracovníky, kterou finančně podporoval z vlastních prostředků. Cenu nyní spravuje nadace, kterou Ivo obdaroval.

„A podepíšete se pod ten projekt?“ byla oblíbená otázka Iva Babušky, dobře známá mezi účastníky konferencí a seminářů. Ze své zkušenosti věděl, že nestačí modelovat reálné procesy na počítači, ale že je nesmírně důležité umět posoudit kvalitu získaných výsledků. Proto rozvíjel obecný koncept validace a verifikace, který se ve vědeckém a technickém počítání ujal v 90. letech.

V roce 1995 Ivo Babuška odešel z University of Maryland do důchodu, ale ještě v téže roce přijal místo vědeckého pracovníka a profesora v Institute for Computational Engineering and Sciences (dnes Oden Institute) na University of Texas v Austinu. Ve své plodné vědecké práci tu pokračoval ještě 23 let a do důchodu odešel ve věku 92 let až v roce 2018.

Ivovy vědecké aktivity byly velmi všestranné. Získal velké množství čestných titulů, medailí a čestných členství ve vědeckých společnostech v řadě zemí světa. Mezinárodní astronomická unie po něm pojmenovala planetku č. 36060. Připomeňme ještě medaili De scientia et humanitate optime meritis, nejvyšší vyznamenání, které udílí Akademie věd České republiky, jež obdržel v roce 2005.

Profesor Ivo Babuška výrazně ovlivnil rozvoj vědy v oblasti matematiky a mechaniky. Kromě toho ovlivnil životní dráhy řady matematiků v Česku i v zahraničí. Věnujme mu tichou vzpomínku.

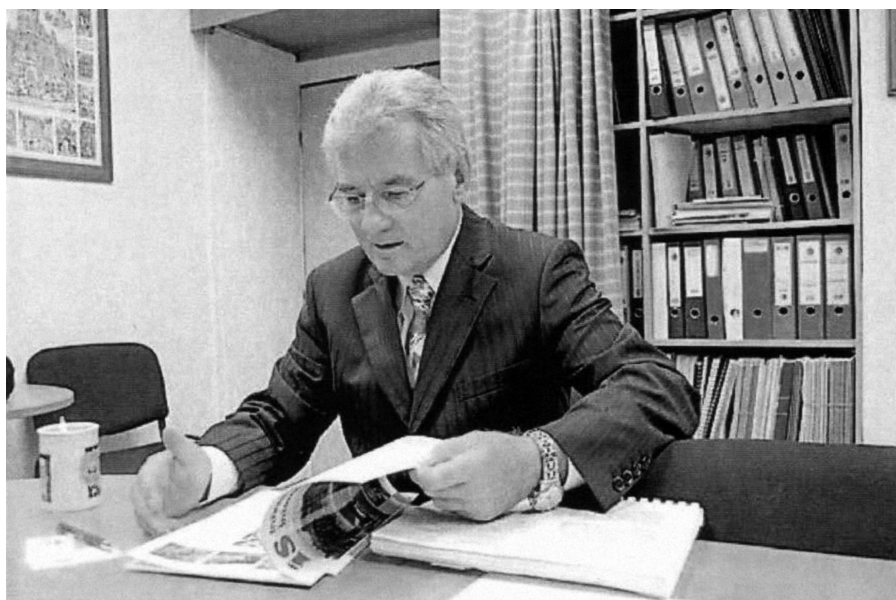
Praha, květen 2023

Prof. RNDr. Karel Segeth, CSc.

Prof. Ing. Jiří Šejnoha, DrSc., FEng. (1939–2023)

Profesor Jiří Šejnoha se narodil 2. srpna 1939 v Nové Pace. V roce 1961 dokončil studium na Fakultě stavební ČVUT v Praze. Poté odešel do praxe, pracoval v Pozemních stavbách Praha a v Pražském projektovém ústavu. V roce 1964 nastoupil jako odborný asistent na Katedru stavební mechaniky Fakulty stavební ČVUT. V roce 1968 získal vědeckou hodnost CSc., v roce 1974 se habilitoval. V roce 1983 získal hodnost DrSc. a následujícího roku byl jmenován profesorem.

V období 1987–1999 byl vedoucím Katedry stavební mechaniky, v l. 1998–2000 prorektorem ČVUT pro výstavbu. V období 2005–2011 působil jako vedoucí Centra integrovaného navrhování progresivních stavebních konstrukcí CIDEAS. Byl členem vědeckých rad Fakulty stavební, ČVUT, Ústavu teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, členem komisí pro obhajoby disertačních prací, habilitačních komisí a komisí pro jmenování profesorem, působil v oborových radách doktorského studia a v redakčních radách časopisů České stavebnictví a Building Research Journal.



Byl členem České společnosti pro mechaniku, International Society for Computational Engineering. V roce 1998 byl zvolen členem Inženýrské akademie ČR. Obdržel Felberovu medaili, Cenu rektora ČVUT, Medaili ministra školství, Medaili prof. Bažanta za vědeckou činnost a Medaili prof. Rektoryse za pedagogickou činnost. Přednášel na zahraničních univerzitách, např. RWTH Aachen, University of Wisconsin v Milwaukee, College of Engineering v Odense, Rensselaer Polytechnic Institute ve městě Troy ve státě New York. Je autorem více než 250 článků v prestižních časopisech a příspěvků na konferencích. Prof. Šejnoha je autorem nebo spoluautorem sedmi monografií, mj. je i spoluautorem knihy *Numerical Methods in Structural Mechanics* (Thomas Telford, U.K., a ASCE Press, USA).

Profesor Šejnoha řadu let přednášel na bakalářském a magisterském studiu zejména předmět Pružnost a pevnost, na doktorském studiu předměty Přetváření a porušování materiálů a Teorie spolehlivosti, vychoval řadu kandidátů věd a doktorandů, byl zodpovědným řešitelem mnoha výzkumných grantů a projektů, jeho soutěžní návrh výškové budovy na sídlišti La Défense v Paříži byl zařazen mezi projekty hodnocené v časopise *L'Architecture d'Aujourd'hui*. Podílel se na vypracování prognózy sedání jaderné elektrárny Jaslovské Bohunice a prognózy vývoje trhlin v ochranné obálce jaderné elektrárny Temelín. Pracoval na expertních posudcích stavu Karlova mostu v souvislosti s jeho rekonstrukcí.

Odešel uznávaný odborník v oboru nelineární mechaniky, mechaniky kompozitů a spolehlivosti konstrukcí. Odešel vynikající učitel, vynikající vědec, vynikající inženýr. Je mnoho vynikajících učitelů, vynikajících vědců, vynikajících inženýrů, ale je jen málo vynikajících učitelů, vědců a inženýrů současně. Jiří Šejnoha k této nepočetné skupině nepochybně patřil a patřit bude i nadále.

Jako kantor se významnou měrou zasloužil o výchovu špičkových stavebních inženýrů. Dokázal věci složité sdělovat jazykem jednoduchým a všem srozumitelným. Mladou generaci miloval a měl pochopení pro výstřelky mládeže. K vynikajícím výkonům mu stačila jen tabule a křída, a to nejdůležitější – učitelské nadání.

Jiří Šejnoha byl a zůstane uznávaným vědcem mimo jiné i proto, že patřil k těm vzácným lidem, kteří dokázali pozorně naslouchat druhým a na úrovni s nimi diskutovat – a to vše i v situacích, kdy s řešenou problematikou nebyl detailně obeznámen. Měl schopnost okamžitě zařadit nový poznatek do souvislostí, které znal.

Byl zkušeným inženýrem, který úspěšně projektoval, konzultoval a někdy i vlastnoručně budoval. Uměl navrhnout jednoduchá a srozumitelná řešení. K ověření složitých výpočtů mnohdy nepotřeboval výpočetní programy, stačil mu papír, tužka, kalkulačka a hlavně inženýrský cit. Mimo jiné vytvořil unikátní metodiku

navrhování stěnových systémů a zasloužil se tak o to, že mnohými tolik zatracované panelové budovy vykazují mimořádně vysokou trvanlivost.

Jiří Šejnoha vždy důsledně propojoval své učitelské, vědecké a inženýrské poslání. A vždy na něm bylo vidět, že ho to vše také baví. Toto nadšení dokázal přenést i do svého okolí. Kdo v tomto okamžiku nabyl přesvědčení, že Jiří neznal nic jiného než práci, mýlí se. K jeho schopnostem totiž patřilo i umění dobře si zorganizovat čas. Proto mu nečinilo problém najít si volné chvíle pro svou rodinu, sport a hudbu i pro odpočinek na chalupě.

Jiří Šejnoha byl a v našich myslích zůstane i nadále především *dobrým člověkem*. Získal si značný respekt a měl přirozenou autoritu. Nezištně dával rady a lidé mu za to byli vděční, měli ho zkrátka rádi. Není proto divu, že v období po listopadu 1989, kdy po létech centrálního řízení se na vysokých školách konstituovaly akademické orgány, se Jiří stal prvním předsedou Akademického senátu Fakulty stavební ČVUT v Praze.

Tyto řádky by tak především měly být *oslavou života dobrého člověka*, kterému mnozí z nás za mnohé vděčí.

Čest jeho památce!

Praha, červen 2023

Prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
děkan Fakulty stavební ČVUT v Praze
vedoucí Katedry mechaniky

