

ENGINEERING MECHANICS 2006

**NATIONAL CONFERENCE
WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION
MAY 15-18 2006, SVRATKA, CZECH REPUBLIC**



BOOK OF EXTENDED ABSTRACTS

Editors: Jiří Náprstek and Cyril Fischer

Association for Engineering Mechanics

**Institute of Solid Mechanics, Mechatronics and Biomechanics,
Faculty of Mechanical Engineering, Brno Technical University**

**Institute of Theoretical and Applied Mechanics,
Academy of Sciences of the Czech Republic**

**Institute of Thermomechanics,
Academy of Sciences of the Czech Republic**

ŽĐAS, a.s., Žďár nad Sázavou

Czech Society for Mechanics

Engineering Academy of the Czech Republic

**Copyright © 2006 Institute of Theoretical and Applied Mechanics
Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague**

ISBN 80-86246-27-2

ENGINEERING MECHANICS 2006

**NATIONAL CONFERENCE
WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION
MAY 15-18 2006, SVRATKA, CZECH REPUBLIC**



BOOK OF EXTENDED ABSTRACTS

Editors: Jiří Náprstek and Cyril Fischer

Association for Engineering Mechanics

**Institute of Solid Mechanics, Mechatronics and Biomechanics,
Faculty of Mechanical Engineering, Brno Technical University**

**Institute of Theoretical and Applied Mechanics,
Academy of Sciences of the Czech Republic**

**Institute of Thermomechanics,
Academy of Sciences of the Czech Republic**

ŽDAS, a.s., Žďár nad Sázavou

Czech Society for Mechanics

Engineering Academy of the Czech Republic

The editors did their best with the view to ensure a high printing quality of the Proceedings. However, their striving was partially hampered by the fact that some authors did not comply with instructions when preparing their manuscripts. Therefore, the editors cannot accept responsibility for the final appearance of these manuscripts.

Text and facts may be copied and used freely, but credit should be given to these Proceedings.

The complete set of EM2006 Conference Proceedings consists of two parts:

- **BOOK OF EXTENDED ABSTRACTS**
- **CD ROM (full text of papers and extended abstracts)**

**Copyright © 2006 Institute of Theoretical and Applied Mechanics
Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague**

First edition, 2006

ISBN 80-86246-27-2

Honorary committee:

Miroslav Šabart, MSc
František Peňáz

Managing Director of the ŽĎAS, a.s.
Mayor of Svratka

Scientific committee:

chairman:	Jiří Náprstek, DSc	ITAM ASCR, Prague
members:	Ivan Dobiáš, DSc	IT ASCR, Prague
	Assoc. Prof. Miloš Drdäcký, DSc	ITAM ASCR, Prague
	Michael Formánek, MSc	ŽĎAS, a.s., Žďár n.S.
	Jaromír Horáček, DSc	IT ASCR, Prague
	Prof. Přemysl Janíček, DSc	ISMMB FME, TU, Brno
	Prof. Ctírad Kratochvíl, DSc	ISMMB FME, TU, Brno
	Pavel Lamač, MSc	ŽĎAS, a.s., Žďár n.S.
	Jiří Minster, DSc	ITAM ASCR, Prague
	Ladislav Půst, DSc	IT ASCR, Prague
	Assoc. Prof. Jaromír Příhoda, PhD	IT ASCR, Prague
	Prof. Jan Vrbka, DSc, RNDr	TU, Brno

List of sections:

KEY	- Keynote Lectures	REL	- Reliability
BIO	- Biomechanics	SOL	- Mechanics of Solids
DYN	- Dynamics	TEC	- Technological Processes
FLU	- Fluid Mechanics	TER	- Thermodynamics
FRA	- Fracture Mechanics	POS	- Posters
MCT	- Mechatronics		

The Conference is hosted by the hotel ŽĎAS at Svratka

Main Headings

Table of Contents	v
(alphabetic ordering according to the name of the first author)	
Table of Contents	xiv
(ordering of papers in sections)	
Keynote Lectures	2
Papers	10
Author Index	448

Table of Contents

(alphabetic order according to the name of the first author)

KEYNOTE LECTURES

J. Šklíba <i>The research of vibroisolation at the technical university in Liberec</i>	2	#182
R. Zavadil, M. Formánek, V. Minář, M. Prokeš <i>ŽDAS, a. s. Company in Czech and world industry</i>	6	#306

PAPERS

P. Antoš <i>Assessment of the sensor temperature in HWA</i>	10	#251
P. Bača, P. Křivák <i>Optimalization of current tabs lay – out of electrodes in a cylindrical type VRLA cells</i>	12	#149
P. Bach <i>Optimal modal properties of milling spindles</i>	14	#195
I. Ballo <i>The necessary power for the operation of semiactive vibration control systems.</i>	16	#103
J. Barbora, J. Mevald <i>Energy-based evaluation method of dissipative properties of a biomechanical system</i>	18	#181
P. Bareš, Z. Knésl <i>Crack tip opening displacement determination for a crack terminating at the bimaterial interface</i>	20	#174
Z. Bayer <i>The development of the new type of simple, middle accurate approximations of caloric functions of state of wet steam</i>	22	#216
K. Bezpalcová, F. Harms, B. Leitl, Z. Jaňour <i>Flow within idealised urban canopy</i> . .	24	#217
T. Blejchar, M. Kozubková <i>Identification of sound sources in hydraulic valve</i>	26	#276
J. Blekta, J. Mevald <i>The multibody simulation of dynamic effects in passenger car trailer</i>	28	#111
J. Bořkovec, J. Petruška <i>EWK rupture model in the numerical simulation of the bolt head trimming</i>	30	#224
P. Brož <i>Prediction models for fatigue damage accumulation</i>	32	#107
A. Bubák <i>The computational modeling of the flying shears drive</i>	34	#248
Cs. Budinszky, Z. Florian <i>Mechanical properties of total knee replacement</i>	36	#155
M. Byrtus, V. Zeman <i>Modelling and dynamical analysis of gear drives vibration considering the influence of nonlinear couplings</i>	38	#281
D. Cirkl <i>Rheologic model of mechanical properties of polyurethane foam</i>	40	#113
J. Čečrdle <i>Whirl flutter analysis of the commuter aircraft aeroelastic model wing – engine component</i>	42	#119
V. Čech, J. Jevický <i>The experimental apparatus for measurement of characteristics of man-operator of special man-machine system</i>	44	#170

J. Čulík <i>Power grip of hand</i>	46	#237
V. Drobný <i>Mathematical model of the truck shoe brake</i>	48	#283
D. Dušek, K. Pellant <i>Influence of position of middle ear prosthesis on mechanics of hearing</i>	50	#156
R. Ďuriš <i>A nonlinear bar element with varying stiffness</i>	52	#225
I. Eisner, M. Lizoň, R. Melicher, M. Žmindák <i>The application of interactive computational system (ICS FEM) in engineering</i>	54	#227
Z. Fiala <i>Stress rate and incremental principle of virtual work in finite deformations</i> ..	56	#243
P. Filip, J. David, R. Pivokonský <i>Flow behaviour of Vočadlo-type fluids during back extrusion</i>	58	#139
O. Fischer <i>Compliance criteria to be proved by the analysis of a civil engineering structure</i>	60	#194
J. Frankl, M. Kloiber, J. Bryscejn <i>Non-destructive inspection of a historical wooden structure damaged by fire</i>	62	#140
L. Franta, Z. Jeníková, J. Pražák, J. Suchánek <i>UHMWPE failure in knee joint components</i>	64	#201
P. Frantík <i>Creation of the stable elastic loop</i>	66	#122
M. Frantová, O. Lojkásek <i>Model of concrete at the early ages</i>	68	#285
K. Frydryšek, L. Václavek <i>Solution of the beams on elastic foundation (deterministic and probabilistic approach)</i>	70	#311
K. Frydryšek, R. Fajkoš, J. Rojíček <i>Proposal calculations of a new machine for fatigue testing of railway axles</i>	72	#334
L. Frýba, C. Fischer <i>Dynamics of a beam coupled with a prestressed string</i>	74	#198
V. Fuis, P. Hlavoň, T. Návrát <i>Calculation of the ceramics material parameters from the testing destructions of the heads</i>	76	#268
J. Fuxa, R. Kubala, F. Fojtík <i>Strain gage used for stress and strain state of the torsion test quantification</i>	78	#134
R. Grepl, J. Hrabec, P. Honzík, F. Šolc <i>Dynamic model of differentially driven soccer robot</i>	80	#309
R. Grepl, R. Vlach, P. Krejčí <i>An effective approach to design of interactive mechatronic system</i>	82	#332
Z. Hadaš, V. Singule, Č. Ondrušek <i>Tuning up parameters of vibration generator</i>	84	#257
M. Hajžman, P. Polach <i>Multibody analysis of the control assembly drop in the VVER 440/213 nuclear reactor</i>	86	#190
L. M. Hlaváč, J. Kaličinský, V. Mádr <i>Testing of frequencies generated in water by submerged high-energy liquid jet</i>	88	#277

I. M. Hlaváčová, L. M. Hlaváč <i>Experimental verification of velocity modulation by strong electromagnetic field</i>	90	#278
T. Holkup, S. Holý <i>Prediction of thermally induced preload in high-speed bearing systems</i>	92	#196
R. Hollý, P. Hrušovská <i>Effect of the needle diameter on its fatigue failure resistance</i> .	94	#253
V. Horák, B. Hoření <i>Wing airfoil rime ice accretion prediction</i>	96	#313
V. Horák, D. Rozehnal <i>Determination of the small heat exchangers leak</i>	98	#336
T. Hornych, J. Smolík, J. Švéda, M. Valášek <i>Potential of adaptive state control for actuator regulation of machine tool motion axis</i>	100	#121
L. Horný, T. Adámek <i>Stress distribution in human artery based on several types of SEDF</i>	102	#294
M. Hortel, A. Škuderová <i>Influence of linear and nonlinear damping on the stability of motion of kinematic pairs of gears</i>	104	#215
J. Hostýnek, J. Král <i>Influence orography on design wind speeds in the Czech Republic</i>	106	#206
J. Hošek <i>Monolens system for bubble dimension and position measurement</i>	108	#325
J. Hošek, K. Studenovský <i>Optical set-up for small volume of liquid surface tension measurement</i>	110	#348
P. Houška, T. Marada, V. Ondroušek, V. Singule <i>Possibilities of improvement accuracy of the attitude sensor for walking robot</i>	112	#258
J. Hrubý, M. Müller, K. Richt, R. Mareš <i>Transient temperature field in the chamber for measurement of surface tension of supercooled liquids</i>	114	#290
Z. Hrubý, J. Papuga, M. Růžička, M. Balda, J. Svoboda <i>Prediction and verification of the lifetime for the various combined tensile and torsion load</i>	116	#138
V. Hrůza <i>Modeling of vocal folds function using FEM II</i>	118	#157
I. Monzón Hualde, P. Štemberk, O. Lojkásek <i>Description of material properties of hardening concrete inside deck of composite bridge</i>	120	#293
D. Hudeček, Z. Florian <i>Stress – strain analysis of an aging motion segment of the ligamentous spine under physiologic compression</i>	122	#228
M. Chalupa, J. Veverka, R. Vlach <i>Dynamic loading simulation of vehicle track</i>	124	#110
Z. Chára, B. Hoření <i>Local resistance of surface mounted obstacles</i>	126	#212
H. Chlup, F. Maršík, S. Konvičková <i>Self-excited oscillation of the thin-walled elastic tubes</i>	128	#326
H. Chlup, H. Macková, R. Žitný, S. Konvičková <i>Experimental measurement pulse wave velocity in elastic tube</i>	130	#349
P. Janas, M. Krejsa, V. Krejsa <i>Contemporary capability of direct determined probabilistic calculation</i>	132	#274

T. Janda, M. Šejnoha <i>Impact of the shape of the yield surface on the behavior of clayey soils</i>	134	#213
R. Jandora, J. Petruška, P. Janíček <i>Effect of periodic wheel and rail unevenness on behavior of wheel-rail system</i>	136	#158
L. Jirková, Z. Horák, R. Sedláček, P. Tichý, J. Michalec <i>Experimental measurements of the lumbar spine kinematics</i>	138	#204
O. Jiroušek, J. Jíra <i>Head injury criteria assessment through finite element modelling</i>	140	#298
F. Jirouš <i>Thermal cycle with extraction of steam for predrying of fuel</i>	142	#246
M. Jirsák, J. Král, D. Zachoval <i>BLWT approach a wind expose as measured on topography</i>	144	#222
A. Jíra, M. Petrtýl <i>Influence of biophysical interface on stability of implant stem</i>	146	#202
P. Jonáš, O. Mazur, V. Uruba <i>Control by blowing of the separated flow in a channel with a stepwise expansion</i>	148	#209
J. Jurenka, M. Španiel <i>Software development for simulation of general fatigue crack propagation. Pitting prediction application</i>	150	#245
Z. Kalousek, M. Vyšanská <i>The ropes bear more</i>	152	#269
J. Kašpárek, M. Škopán <i>Regulation of vibrating roller parameters in process of compacting cohesive and noncohesive soils</i>	154	#152
Z. Keršner, L. Náhlík, Z. Knésl <i>Influence of interfacial transition zone of cement paste–aggregate on crack propagation: finite element modelling</i>	156	#150
A. Kharlamov <i>2D numerical model of channel bed formed of randomly distributed spherical particles</i>	158	#207
J. Klusák <i>Estimation of generalized stress intensity factors by means of mean value of strain energy density factor</i>	160	#176
H. Konečná, I. Sedlák, J. Veselý <i>Determination of selected properties of nitridated steel samples by experiment and calculation</i>	162	#172
P. Konečný, P. J. Tikalsky, D. G. Tepke <i>Performance assessment of concrete bridge deck applying SBRA approach and fem model with regard to chloride ingress</i>	164	#185
L. Kopecký, P. Kabele, L. Novák <i>Engineered cementitious composites (ECC) manufacturing end verification</i>	166	#236
J. Korbel, Z. Knésl <i>Estimation of generalized stress intensity factor values for structures with thin protective coatings</i>	168	#320
P. Koudelka <i>Similarity of shallow foundations according to ČSN 73 1001</i>	170	#355
T. Koudelka, T. Krejčí <i>Analysis of foundation slab of commercial building in Prague Těšnov: Mechanical behavior</i>	172	#137
J. Koukalová, Z. Horák, P. Tichý <i>Experimental measurement of the characteristics of silicone MED 4550 for FEM simulation</i>	174	#136

C. Kratochvíl, L. Houfek, M. Houfek <i>Analysis of dynamic properties of multimotor driving systems</i>	176	#141
R. Král, S. Pospíšil, J. Náprstek <i>Numerical analysis of interaction of a moving body and streaming medium with high Re number</i>	178	#129
P. Krček, J. Dvořák <i>Mobile robot path planning by means of case-based reasoning and rapidly-exploring random trees</i>	180	#112
P. Krejčí, R. Vlach, R. Grepl <i>Contact sensor for robotic applications — verification of functionality</i>	182	#337
T. Krejčí, T. Koudelka <i>Analysis of foundation slab of administration building Praha Těšnov: Heat and moisture transfer</i>	184	#286
J. Krejsa, S. Věchet <i>Improving rapidly exploring random trees method using two trees</i>	186	#177
J. Kruis, P. Štemberk <i>Parallelization of fuzzy problems</i>	188	#235
A. Kruisová, J. Plešek <i>Application of the logarithmic strain in acoustoelasticity</i>	190	#250
J. Kryštůfek, T. Vampola, J. Horáček <i>Experimental investigation of acoustics of a simplified physical vocal tract model for phonation of vowel /a/ by LF pulse excitation</i> ..	192	#145
J. Křen, L. Hynčík, K. Koudela <i>Model of total knee replacement</i>	194	#282
P. Křivák, P. Bača <i>Simulation of the current distribution through the electrode system in a cylindrical type VRLA cells</i>	196	#128
V. Křivý, P. Marek <i>Stability assessment of steel frames using SBRA method</i>	198	#186
M. Kubíček, Z. Florian <i>Application of the reverse engineering in the sphere of biomechanics</i>	200	#159
A. Kučerová, D. Brancherie, A. Ibrahimbegović <i>Identification of damage model with cracks from results of tensile test and three point bending test</i>	202	#287
A. Kučerová, M. Lepš, J. Zeman <i>Inverse analysis using soft-computing methods: a review</i>	204	#203
P. Kunderát <i>Mathematical modeling via delay differential equations</i>	206	#359
J. Kunecký, O. Jiroušek, J. Jírová <i>Drop tests used for validation of FE models of human head for HIC assessment</i>	208	#299
L. Kupka, J. Šklíba, B. Janeček, M. Apetaur, J. Kozderka <i>Experimental research of the active vibration isolation system of the driver seat</i>	210	#183
D. Kytíř, M. Micka, J. Jírová, J. Jíra <i>Influence of the hip joint shape to stress field after hemiarthroplasty</i>	212	#300
B. Lacko <i>Making use of ball elements in multi-direction undercarriages of mobile robot</i>	214	#104
R. Lebiš, J. Burša <i>Computational modeling of mechanical behaviour of cell</i>	216	#259
J. Lenert <i>The probability method SBRA used in field of stress relaxation by creep</i>	218	#187

P. Macura, A. Fiala <i>The analysis of rolling forces and moments at weldless tube rolling</i>	220	#144
D. Makovička, D. Makovička <i>Limit response of masonry plate structure under explosion effect</i>	222	#242
J. Maláček <i>Orientation of stress tensors in transformed matters</i>	224	#160
T. Marada, P. Houška, T. Paseka <i>Small autonomous robot for practical verifying of artificial intelligence methods</i>	226	#161
P. Marek, M. Vlk <i>Probabilistic assessment of the fatigue life of tubular steel supports of Žďákov bridge</i>	228	#218
P. Markov, V. Valenta <i>Research reactor IRT-2000 in Sofia reconstruction- design and seismic computation</i>	230	#189
B. Marvalová, V. Klouček <i>Modelling of the rate-dependent behaviour of filled rubbers</i>	232	#331
B. Marvalová, J. Růžička <i>Viscoelastic behaviour of composites with rubber matrix reinforced by textile cords</i>	234	#354
I. Matoušek <i>Technological problems prediction of glass forming in pre-manufacture stage</i>	236	#270
J. Maxa, V. Neděla <i>Experience with the establishment of teaching solidworks.</i>	238	#131
J. Menčík, L. Beneš <i>Analysis of temperatures in the surface layer of a solid in short-term heating followed by cooling</i>	240	#323
J. Menčík <i>Failure rate, bathtub curve and reliability of components and systems</i>	242	#346
M. Micka, J. Minster, P. Václavík <i>Compression test of a timber core – ANSYS model and moiré interferometry experiment</i>	244	#219
V. Mík, L. Mihálka, J. Kořenář, J. Myška <i>Comparison of heat transfer in a straight and helical tube and influence of preset singularities on heat transfer in a straight tube at the flow of surfactant solutions</i>	246	#208
Š. Morávka <i>Oblique inclined surface voids of thick-walled concrete structures of nuclear power plants — numerical simulation of impact-echo diagnostic method.</i>	248	#279
J. Mudrik <i>Analysis of the transient processes in machine aggregates with gear</i>	250	#303
M. Nad' <i>Modification of dynamic properties of circular plate using constraining layers</i>	252	#304
L. Náhlík, P. Hutař <i>The influence of specimen geometry on plasticity induced crack closure</i>	254	#319
T. Nánási <i>Automatic generation of variational statement.</i>	256	#305
J. Náprstek, S. Pospíšil <i>Along wind random vibrations of a slender structure — modelling by continuous elements</i>	258	#310
J. Náprstek, S. Pospíšil <i>Along wind random vibrations of a slender structure — modelling by concentrated masses</i>	260	#333

J. Němeček, P. Kabele, P. Jůn <i>Effect of creep in evaluation of nanoindentation of cement pastes</i>	262	#200
V. Nováček, R. Cimrman, J. Rosenberg <i>Elastic cylinder with microstructure</i>	264	#135
J. Novák, M. Vokáč <i>Experimental assessment of masonry material characteristics</i> ...	266	#357
L. Novotný, J. Marek <i>Issues at tool clamping systems</i>	268	#171
V. Obdržálek, J. Klement, J. Vrbka <i>Post-impact compressive load carrying capacity of fibre-metal laminate plates</i>	270	#162
V. Ondroušek, T. Březina <i>The automatic generation of walking policies for a four-legged robot in a non-deterministic space</i>	272	#329
Z. Orság, P. Pernes <i>PLC - Power line communication</i>	274	#163
M. Pásek, M. Bébarová, P. Matejovič, J. Šimurda <i>A model of I_{K10}-channel function in rat ventricular cardiomyocytes</i>	276	#233
L. Pečínka <i>Comparison of nuclear and conventional seismic standards</i>	278	#179
P. Pejchal, J. Petruška <i>The material model of railway wheel for numerical simulations of cyclic deformation</i>	280	#123
L. Pešek, F. Vaněk, J. Veselý, J. Cibulka, T. Boháč <i>Contribution to experimental research of vibro-acoustics of railway wheels with add-on dampers</i>	282	#214
S. Piatsevich, N. Lukerchenko, Z. Chára, P. Vlasák <i>Calculation of the saltation characteristics as functions of the initial parameters</i>	284	#210
M. Pirner, Sh. Urushadze <i>Application of passive damper for suppressing footbridge motions</i>	286	#229
M. Pohanka <i>Estimation of discretization error in time and space domain of numerical heat conduction</i>	288	#164
K. Pohl <i>Non-linear analysis of reinforced concrete frame structures and assignment its response to seismic load</i>	290	#125
P. Polach, M. Hajžman <i>Utilization of multibody modelling for design of characteristics of air pressure controlled hydraulic shock absorbers in the SOR intercity bus</i>	292	#191
L. Popelka, M. Matějka <i>Optimization procedure for sailplane wing sections</i>	294	#146
P. Porteš <i>Longitudinal dynamics of race cars</i>	296	#105
S. Pospíšil, J. Lahodný, V. Janata, S. Urushadze <i>Life-time prediction of slender structures subjected to turbulent wind</i>	298	#101
P. Praks, J. Brožovský <i>Fast iterative solvers for the efficient probabilistic reliability assessment of special mechanical systems by the SBRA method</i>	300	#127
F. Pražák, I. Mazůrek <i>Simulation model of car wheel suspension</i>	302	#307
T. Profant, M. Kotoul, O. Ševeček <i>Stress field analysis near the semi-infinite crack tip terminating perpendicular to the interface between two orthotropic materials</i>	304	#261

P.P. Procházka, M.J. Válek, A.E. Yiakoumi <i>Simulation of freezing of rock during tunneling</i>	306	#324
P.P. Procházka, M.J. Válek, Š.Pešková <i>Development of stresses in fiber reinforced structures</i>	308	#347
J. Pulchart, M. Turek <i>Hardware implementation of active magnetic bearing control</i> .	310	#166
V. Radolf, T. Vampola, J. Horáček <i>1D model of the human vocal and nasal tract</i>	312	#273
Z. Ramík, D. Lehký, S. Vejvoda, D. Novák <i>Inverse analysis of loading of the walking undercarriage frame of giant machine ZP 10000</i>	314	#265
E. Rohan, R. Cimrman <i>Shape sensitivity analysis for flow optimization in closed channels</i>	316	#192
J. Rosenberg, L. Hynčík <i>Viscoelasticity and growth theory</i>	318	#106
D. Rozehnal <i>Experimental system for the small aircraft propeller testing</i>	320	#173
D. Rypl <i>Evaluation of geometrical properties of aggregate particles</i>	322	#291
I. Sedlák, H. Konečná <i>Validation and optimization of ISO container for dynamic load at transport</i>	324	#143
M. Schuster <i>Contribution to the simulations of flow during driver's cabin ventilation</i> .	326	#280
V. Singule, Z. Hadaš, Č. Ondrůšek <i>Analysis of vibration power generator</i>	328	#262
M. Sivčák, J. Šklíba <i>The dependence of the vibroisolation effect of the system with three degrees of freedom on the description applied dampers</i>	330	#244
J. Sobotka <i>On applications of generalized functions to calculations of beam design elements</i>	332	#232
P. Souček, A. Bubák <i>Using the residue theorem for computing of dynamic system response at impulse excitation</i>	334	#197
A. Suchánková, B. Kysela, Z. Chára, P. Dítl <i>Effect of ultrasound pulsations on suspension sedimentation</i>	336	#205
J. Svoboda, M. Balda, V. Fröhlich <i>Fatigue strength and life of real structures under combined random loading</i>	338	#115
L. Svoboda, D. Rypl <i>Three-dimensional analysis of RC beams</i>	340	#254
R. Svoboda, J. Šklíba <i>Model of hydraulic damper with both air and oil vapour caves</i>	342	#247
J. Sýkora, J. Vorel, M. Šejnoha <i>Numerical modeling of quarry-masonry with application to the Charles Bridge</i>	344	#180
H. Šeděnková, Z. Jaňour, B. Leitl <i>Pollutant diffusion in the idealized build-up area</i> .	346	#297
L. Šestáková, Z. Majer, L. Náhlík, Z. Knésl <i>Numerical analysis of a surface crack in protective layers</i>	348	#343

O. Ševeček, M. Kotoul, T. Profant <i>A construction of the fundamental solution for the dislocation in the anisotropic bi-material body by force of the finite element method</i>	350	#124
O. Šimek, V. Oliva, A. Materna <i>Influence of specimen thickness on elastic-plastic deformation mechanics ahead of the fatigue crack front</i>	352	#267
V. Šmilauer, J. Litoš <i>Simulation of autogenous shrinkage of young cement pastes</i>	354	#288
M. Španiel, C. Novotný, M. Růžička <i>Re-calibration of the methodology determining burst pressure of pipe with surface defect</i>	356	#249
M. Šperl, Ľ. Gajdoš <i>The effect of overloading of pipes on their fracture toughness in relation to the strength grade of steel</i>	358	#220
M. Štekl <i>Material characteristics of the biological materials like input values to the 3D FEM model of the physiological hip joint</i>	360	#317
M. Štekl <i>Influence of the head diameter of the THR on the value and distribution of the contact pressure inside the polyethylene cup of the THR</i>	362	#340
P. Štemberk, J. Kruis, Z. Bittnar <i>Fuzzy distribution of internal forces in seismically loaded frame structure</i>	364	#292
P. Švancara, J. Horáček <i>Computational modelling of effect of tonsillectomy on production of Czech vowels</i>	366	#263
K. Švaříček, M. Vlk <i>The residual stress determination by the hole drilling method by means of the influence function</i>	368	#330
K. Švaříček, M. Vlk <i>A development of the hole-drilling method with an off-center hole for the residual stress measurement</i>	370	#353
M. Švehlák, I. Křupka, M. Hartl <i>Influence of surface topography on lubricated contacts behaviour</i>	372	#167
J. Švéda, M. Sulitka, L. Novotný, Z. Šika, M. Valášek <i>Dynamic behaviour of experimental milling machine LM-2 z axis with active vibroabsorbtion design</i>	374	#295
J. Švígler, J. Vimmr <i>Contribution to modelling of wheel-rail contact</i>	376	#256
L. Tajč, L. Bednář, I. Šiková, L. A. Feldberg <i>The experimental investigation of the influence of the flow swirl and the tip clearance jet on aerodynamic characteristics of exhaust hoods</i>	378	#238
V. Tesař <i>Multi-lever flow branching</i>	380	#312
V. Tesař <i>Symmetry group analysis of suddenly accelerated flow past a flat plate</i>	382	#335
E. Tesker, S. Tesker, N. Yakovlev, E. Dovgalenko, S. Litvinov, V. Treshev <i>Increasing in loading capacity of highly loaded sliding bearings by surface modification of their friction surfaces</i>	384	#328
P. Tichý, Z. Horák, J. Koukalová, J. Michalec <i>Effect of laminectomy on stability of lumbar spine</i>	386	#289

A. Tondl <i>Effect of different alternatives of self-excitation and damping on the vibration quenching</i>	388	#199
Nam Thanh Tran, P. Štemberk, A. Kohoutková <i>Investigation of Poisson's ratio of early age concrete</i>	390	#175
M. Turek, T. Březina, J. Pulchart <i>Selflearning controller of active magnetic bearing</i>	392	#133
J. Tůma <i>Frequency spectrum estimation by autoregressive modeling</i>	394	#322
J. Tůma <i>Estimation of density function parameters with censored data from product life tests</i>	396	#345
J. Úradníček, M. Musil <i>An investigation of influence of the weighting constants to the optimal controlled active suspension</i>	398	#255
J. Valach, D. Vavřík, J. Bryscejn, J. Jakůbek <i>Optical measurement of surface displacements in the vicinity of crack tip</i>	400	#301
R. Valenta, J. Šejnoha, M. Šejnoha, T. Krejčí <i>Management of hydration heat evolution</i>	402	#358
D. Vališ <i>Mechatronics application influence and its estimation in military vehicles</i> ...	404	#142
T. Vampola, J. Horáček <i>Influence of velopharyngeal insufficiency on phonation of Czech vowels</i>	406	#108
D. Vavřík, J. Bryscejn, J. Jakůbek, M. Jakůbek, T. Holý, J. Valach, Z. Vykydal <i>Simultaneous radiographic observation of damaging and optical measurement of 3D surface displacement evolution in loaded specimen</i>	408	#296
L. Václavek, P. Marek, Ľ. Gajdoš <i>Probabilistic evaluation of unstable crack propagation in pipeline using SBRA method</i>	410	#275
M. Vejpustková, M. Vilímek, M. Sochor <i>Influence of the input muscle parameters to the resulting muscle forces</i>	412	#284
S. Veselý <i>Solution of temperature and stress fields for combustor flame tube</i>	414	#148
V. Veselý, Z. Keršner, L. Řoutil <i>Influence of constraint on determination of concrete fracture energy</i>	416	#153
S. Věchet, J. Krejsa <i>Fast solution of the mobile robot localization problem</i>	418	#168
D. Vincour, L. Charvát <i>Strain measurement on the main circulating pump pipeline system TF41 during running up of the nuclear power plant Dukovany, unit IV</i>	420	#266
R. Vlach, P. Krejčí, R. Grepl <i>New approach of electric machine winding water cooling</i>	422	#318
R. Vlach, R. Grepl, P. Krejčí <i>Drive of non-convictional stator winding slot cooling by water</i>	424	#341
P. Vlasák, Z. Chára, J. Konfršt <i>Effect of shearing, coarse particle and drag reducing additives contents on flow behaviour of dense fly ash-water mixtures</i>	426	#211
J. Vokřál, L. Černý, L. Lavička, P. Švancara, J. Horáček <i>Influence of tonsillectomy on voice and 3D mathematical models</i>	428	#239

J. Volek, J. Soukup, P. Polach, M. Hajžman <i>Investigation of vertical vibrations of the Škoda 21 TR low-floor trolleybus model - II</i>	430	#226
J. Vorel, J. Sýkora, M. Šejnoha <i>Evaluation of effective thermomechanical properties of masonry based on numerical homogenization</i>	432	#231
M. Vořechovský, D. Matesová <i>Interplay of size effects in concrete specimens by computational stochastic fracture mechanics</i>	434	#102
R. Votrubec <i>Application of magnetorheological damper in absorption system of car seat</i>	436	#271
J. Vyčichl, O. Jiroušek, J. Jírová <i>Interaction between pelvic bone and acetabular component with imperfections in the cement layer</i>	438	#252
V. Záda <i>Chosen problems of robots mechanisms control</i>	440	#321
V. Záda <i>Position control of robot under endpoint constraints</i>	442	#344
V. Zeman, Z. Hlaváč <i>Modelling of WWER 1000 type reactor vibration by means of decomposition method</i>	444	#193
P. Zubík, J. Šulc <i>Flow parameters measurement in the channel with negative step of extreme relative height</i>	446	#154

Table of Contents

(order according to the sequence of presentations)

KEY – Keynote Lectures

R. Zavadil, M. Formánek, V. Minář, M. Prokeš <i>ŽDAS, a. s. Company in Czech and world industry</i>	6	#306
J. Šklíba <i>The research of vibroisolation at the technical university in Liberec</i>	2	#182

BIO – Biomechanics

Cs. Budinszky, Z. Florian <i>Mechanical properties of total knee replacement</i>	36	#155
L. Franta, Z. Jeníková, J. Pražák, J. Suchánek <i>UHMWPE failure in knee joint components</i>	64	#201
J. Vyčichl, O. Jiroušek, J. Jírová <i>Interaction between pelvic bone and acetabular component with imperfections in the cement layer</i>	438	#252
A. Jíra, M. Petrtýl <i>Influence of biophysical interface on stability of implant stem</i>	146	#202
D. Kytíř, M. Micka, J. Jírová, J. Jíra <i>Influence of the hip joint shape to stress field after hemiarthroplasty</i>	212	#300
J. Čulík <i>Power grip of hand</i>	46	#237
J. Rosenberg, L. Hynčík <i>Viscoelasticity and growth theory</i>	318	#106
V. Nováček, R. Cimrman, J. Rosenberg <i>Elastic cylinder with microstructure</i>	264	#135
R. Lebiš, J. Burša <i>Computational modeling of mechanical behaviour of cell</i>	216	#259
J. Křen, L. Hynčík, K. Koudela <i>Model of total knee replacement</i>	194	#282
H. Chlup, F. Maršík, S. Konvičková <i>Self-excited oscillation of the thin-walled elastic tubes</i>	128	#326
T. Vampola, J. Horáček <i>Influence of velopharyngeal insufficiency on phonation of Czech vowels</i>	406	#108
V. Radolf, T. Vampola, J. Horáček <i>1D model of the human vocal and nasal tract</i>	312	#273
J. Kryštůfek, T. Vampola, J. Horáček <i>Experimental investigation of acoustics of a simplified physical vocal tract model for phonation of vowel /a/ by LF pulse excitation</i> ..	192	#145
P. Švancara, J. Horáček <i>Computational modelling of effect of tonsillectomy on production of Czech vowels</i>	366	#263
V. Hrůza <i>Modeling of vocal folds function using FEM II</i>	118	#157
J. Vokřál, L. Černý, L. Lavička, P. Švancara, J. Horáček <i>Influence of tonsillectomy on voice and 3D mathematical models</i>	428	#239

M. Vejputsková, M. Vilímek, M. Sochor <i>Influence of the input muscle parameters to the resulting muscle forces</i>	412	#284
J. Maxa, V. Neděla <i>Experience with the establishment of teaching solidworks.</i>	238	#131
M. Kubíček, Z. Florian <i>Application of the reverse engineering in the sphere of biomechanics</i>	200	#159
O. Jiroušek, J. Jíra <i>Head injury criteria assessment through finite element modelling</i>	140	#298
J. Kunecký, O. Jiroušek, J. Jírová <i>Drop tests used for validation of FE models of human head for HIC assessment</i>	208	#299
D. Dušek, K. Pellant <i>Influence of position of middle ear prosthesis on mechanics of hearing</i>	50	#156
L. Jirková, Z. Horák, R. Sedláček, P. Tichý, J. Michalec <i>Experimental measurements of the lumbar spine kinematics</i>	138	#204
D. Hudeček, Z. Florian <i>Stress – strain analysis of an aging motion segment of the ligamentous spine under physiologic compression</i>	122	#228
DYN – Dynamics		
A. Tondl <i>Effect of different alternatives of self-excitation and damping on the vibration quenching</i>	388	#199
M. Hortel, A. Škuderová <i>Influence of linear and nonlinear damping on the stability of motion of kinematic pairs of gears</i>	104	#215
J. Mudrik <i>Analysis of the transient processes in machine aggregates with gear</i>	250	#303
V. Zeman, Z. Hlaváč <i>Modelling of WWER 1000 type reactor vibration by means of decomposition method</i>	444	#193
M. Hajžman, P. Polach <i>Multibody analysis of the control assembly drop in the VVER 440/213 nuclear reactor</i>	86	#190
M. Byrtus, V. Zeman <i>Modelling and dynamical analysis of gear drives vibration considering the influence of nonlinear couplings</i>	38	#281
T. Holkup, S. Holý <i>Prediction of thermally induced preload in high-speed bearing systems</i>	92	#196
P. Bach <i>Optimal modal properties of milling spindles</i>	14	#195
P. Souček, A. Bubák <i>Using the residue theorem for computing of dynamic system response at impulse excitation</i>	334	#197
M. Nad' <i>Modification of dynamic properties of circular plate using constraining layers</i>	252	#304
P. Frantík <i>Creation of the stable elastic loop</i>	66	#122
I. Ballo <i>The necessary power for the operation of semiactive vibration control systems.</i>	16	#103
J. Úradníček, M. Musil <i>An investigation of influence of the weighting constants to the optimal controlled active suspension</i>	398	#255

R. Svoboda, J. Šklíba <i>Model of hydraulic damper with both air and oil vapour caves</i>	342	#247
P. Polach, M. Hajžman <i>Utilization of multibody modelling for design of characteristics of air pressure controlled hydraulic shock absorbers in the SOR intercity bus</i>	292	#191
M. Sivčák, J. Šklíba <i>The dependence of the vibroisolation effect of the system with three degrees of freedom on the description applied dampers</i>	330	#244
F. Pražák, I. Mazůrek <i>Simulation model of car wheel suspension</i>	302	#307
J. Volek, J. Soukup, P. Polach, M. Hajžman <i>Investigation of vertical vibrations of the Škoda 21 TR low-floor trolleybus model - II</i>	430	#226
V. Drobný <i>Mathematical model of the truck shoe brake</i>	48	#283
J. Blekta, J. Mevald <i>The multibody simulation of dynamic effects in passenger car trailer</i>	28	#111
P. Porteš <i>Longitudinal dynamics of race cars</i>	296	#105
M. Chalupa, J. Veverka, R. Vlach <i>Dynamic loading simulation of vehicle track</i>	124	#110
L. Frýba, C. Fischer <i>Dynamics of a beam coupled with a prestressed string</i>	74	#198
D. Makovička, D. Makovička <i>Limit response of masonry plate structure under explosion effect</i>	222	#242
M. Pirner, Sh. Urushadze <i>Application of passive damper for suppressing footbridge motions</i>	286	#229
S. Pospíšil, J. Lahodný, V. Janata, S. Urushadze <i>Life-time prediction of slender structures subjected to turbulent wind</i>	298	#101
J. Náprstek, S. Pospíšil <i>Along wind random vibrations of a slender structure — modelling by concentrated masses</i>	260	#333
J. Náprstek, S. Pospíšil <i>Along wind random vibrations of a slender structure — modelling by continuous elements</i>	258	#310
R. Král, S. Pospíšil, J. Náprstek <i>Numerical analysis of interaction of a moving body and streaming medium with high Re number</i>	178	#129
J. Hostýnek, J. Král <i>Influence orography on design wind speeds in the Czech Republic</i>	106	#206
M. Jirsák, J. Král, D. Zachoval <i>BLWT approach a wind expose as measured on topography</i>	144	#222
K. Bezpalcová, F. Harms, B. Leitl, Z. Jaňour <i>Flow within idealised urban canopy</i>	24	#217
H. Šeděnková, Z. Jaňour, B. Leitl <i>Pollutant diffusion in the idealized build-up area</i>	346	#297
J. Švígler, J. Vimmr <i>Contribution to modelling of wheel-rail contact</i>	376	#256
R. Jandora, J. Petruška, P. Janíček <i>Effect of periodic wheel and rail unevenness on behavior of wheel-rail system</i>	136	#158

L. Pešek, F. Vaněk, J. Veselý, J. Cibulka, T. Boháč <i>Contribution to experimental research of vibro-acoustics of railway wheels with add-on dampers</i>	282	#214
J. Barbora, J. Mevald <i>Energy-based evaluation method of dissipative properties of a biomechanical system</i>	18	#181
D. Cirkl <i>Rheologic model of mechanical properties of polyurethane foam</i>	40	#113
J. Čečrdle <i>Whirl flutter analysis of the commuter aircraft aeroelastic model wing – engine component</i>	42	#119
J. Tůma <i>Frequency spectrum estimation by autoregressive modeling</i>	394	#322
I. Sedlák, H. Konečná <i>Validation and optimization of ISO container for dynamic load at transport</i>	324	#143
Š. Morávka <i>Oblique inclined surface voids of thick-walled concrete structures of nuclear power plants — numerical simulation of impact-echo diagnostic method</i>	248	#279
 FLU – Fluid Mechanics		
V. Horák, D. Rozehnal <i>Determination of the small heat exchangers leak</i>	98	#336
M. Schuster <i>Contribution to the simulations of flow during driver's cabin ventilation</i> ..	326	#280
T. Blejchar, M. Kozubková <i>Identification of sound sources in hydraulic valve</i>	26	#276
E. Rohan, R. Cimrman <i>Shape sensitivity analysis for flow optimization in closed channels</i>	316	#192
P. Jonáš, O. Mazur, V. Uruba <i>Control by blowing of the separated flow in a channel with a stepwise expansion</i>	148	#209
P. Zubík, J. Šulc <i>Flow parameters measurement in the channel with negative step of extreme relative height</i>	446	#154
Z. Chára, B. Hoření <i>Local resistance of surface mounted obstacles</i>	126	#212
V. Tesař <i>Multi-lever flow branching</i>	380	#312
J. Hošek, K. Studenovský <i>Optical set-up for small volume of liquid surface tension measurement</i>	110	#348
J. Hošek <i>Monolens system for bubble dimension and position measurement</i>	108	#325
P. Vlasák, Z. Chára, J. Konfršt <i>Effect of shearing, coarse particle and drag reducing additives contents on flow behaviour of dense fly ash-water mixtures</i>	426	#211
V. Mík, L. Mihálka, J. Kořenář, J. Myška <i>Comparison of heat transfer in a straight and helical tube and influence of preset singularities on heat transfer in a straight tube at the flow of surfactant solutions</i>	246	#208
L. M. Hlaváč, J. Kaličinský, V. Mádr <i>Testing of frequencies generated in water by submerged high-energy liquid jet</i>	88	#277

I. M. Hlaváčová, L. M. Hlaváč <i>Experimental verification of velocity modulation by strong electromagnetic field</i>	90	#278
A. Kharlamov <i>2D numerical model of channel bed formed of randomly distributed spherical particles.</i>	158	#207
M. Švehlák, I. Křupka, M. Hartl <i>Influence of surface topography on lubricated contacts behaviour</i>	372	#167
S. Piatsevich, N. Lukerchenko, Z. Chára, P. Vlasák <i>Calculation of the saltation characteristics as functions of the initial parameters</i>	284	#210
A. Suchánková, B. Kysela, Z. Chára, P. Dítl <i>Effect of ultrasound pulsations on suspension sedimentation</i>	336	#205
P. Filip, J. David, R. Pivokonský <i>Flow behaviour of Vočadlo-type fluids during back extrusion</i>	58	#139
L. Tajč, L. Bednář, I. Šíková, L. A. Feldberg <i>The experimental investigation of the influence of the flow swirl and the tip clearance jet on aerodynamic characteristics of exhaust hoods</i>	378	#238
V. Tesař <i>Symmetry group analysis of suddenly accelerated flow past a flat plate</i>	382	#335
L. Popelka, M. Matějka <i>Optimization procedure for sailplane wing sections</i>	294	#146
D. Rozehnal <i>Experimental system for the small aircraft propeller testing</i>	320	#173
V. Horák, B. Hoření <i>Wing airfoil rime ice accretion prediction</i>	96	#313

FRA – Fracture Mechanics

J. Valach, D. Vavřík, J. Bryscejn, J. Jakůbek <i>Optical measurement of surface displacements in the vicinity of crack tip</i>	400	#301
P. Brož <i>Prediction models for fatigue damage accumulation</i>	32	#107
J. Svoboda, M. Balda, V. Fröhlich <i>Fatigue strength and life of real structures under combined random loading</i>	338	#115
O. Šimek, V. Oliva, A. Materna <i>Influence of specimen thickness on elastic-plastic deformation mechanics ahead of the fatigue crack front</i>	352	#267
R. Hollý, P. Hrušovská <i>Effect of the needle diameter on its fatigue failure resistance</i> .	94	#253
J. Klusák <i>Estimation of generalized stress intensity factors by means of mean value of strain energy density factor</i>	160	#176
L. Náhlík, P. Hutař <i>The influence of specimen geometry on plasticity induced crack closure</i>	254	#319
P. Bareš, Z. Knésl <i>Crack tip opening displacement determination for a crack terminating at the bimaterial interface</i>	20	#174
O. Ševeček, M. Kotoul, T. Profant <i>A construction of the fundamental solution for the dislocation in the anisotropic bi-material body by force of the finite element method</i>	350	#124

T. Profant, M. Kotoul, O. Ševeček <i>Stress field analysis near the semi-infinite crack tip terminating perpendicular to the interface between two orthotropic materials</i>	304	#261
J. Korbel, Z. Knésl <i>Estimation of generalized stress intensity factor values for structures with thin protective coatings</i>	168	#320
L. Šestáková, Z. Majer, L. Náhlík, Z. Knésl <i>Numerical analysis of a surface crack in protective layers</i>	348	#343
M. Vořechovský, D. Matesová <i>Interplay of size effects in concrete specimens by computational stochastic fracture mechanics</i>	434	#102
Z. Keršner, L. Náhlík, Z. Knésl <i>Influence of interfacial transition zone of cement paste-aggregate on crack propagation: finite element modelling</i>	156	#150
V. Veselý, Z. Keršner, L. Řoutil <i>Influence of constraint on determination of concrete fracture energy</i>	416	#153

MCT – Mechatronics

V. Záda <i>Chosen problems of robots mechanisms control</i>	440	#321
V. Záda <i>Position control of robot under endpoint constraints</i>	442	#344
B. Lacko <i>Making use of ball elements in multi-direction undercarriages of mobile robot</i>	214	#104
P. Krček, J. Dvořák <i>Mobile robot path planning by means of case-based reasoning and rapidly-exploring random trees</i>	180	#112
P. Houška, T. Marada, V. Ondroušek, V. Singule <i>Possibilities of improvement accuracy of the attitude sensor for walking robot</i>	112	#258
V. Ondroušek, T. Březina <i>The automatic generation of walking policies for a four-legged robot in a non-deterministic space</i>	272	#329
T. Hornych, J. Smolík, J. Švéda, M. Valášek <i>Potential of adaptive state control for actuator regulation of machine tool motion axis</i>	100	#121
J. Švéda, M. Sulitka, L. Novotný, Z. Šika, M. Valášek <i>Dynamic behaviour of experimental milling machine LM-2 z axis with active vibroabsorbtion design</i>	374	#295
C. Kratochvíl, L. Houfek, M. Houfek <i>Analysis of dynamic properties of multimotor driving systems</i>	176	#141
J. Kašpárek, M. Škopán <i>Regulation of vibrating roller parameters in process of compacting cohesive and noncohesive soils</i>	154	#152
M. Turek, T. Březina, J. Pulchart <i>Selflearning controller of active magnetic bearing</i>	392	#133
J. Pulchart, M. Turek <i>Hardware implementation of active magnetic bearing control</i>	310	#166
Z. Hadaš, V. Singule, Č. Ondrušek <i>Tuning up parameters of vibration generator</i>	84	#257
V. Singule, Z. Hadaš, Č. Ondrušek <i>Analysis of vibration power generator</i>	328	#262

L. Kupka, J. Šklíba, B. Janeček, M. Apetaur, J. Kozderka <i>Experimental research of the active vibration isolation system of the driver seat</i>	210	#183
R. Votrubec <i>Application of magnetorheological damper in absorption system of car seat</i>	436	#271
V. Čech, J. Jevický <i>The experimental apparatus for measurement of characteristics of man-operator of special man-machine system</i>	44	#170
Z. Orság, P. Pernes <i>PLC - Power line communication</i>	274	#163
P. Kundrát <i>Mathematical modeling via delay differential equations</i>	206	#359
D. Vališ <i>Mechatronics application influence and its estimation in military vehicles</i> ...	404	#142

REL – Reliability

J. Menčík <i>Failure rate, bathtub curve and reliability of components and systems</i>	242	#346
O. Fischer <i>Compliance criteria to be proved by the analysis of a civil engineering structure</i>	60	#194
P. Praks, J. Brožovský <i>Fast iterative solvers for the efficient probabilistic reliability assessment of special mechanical systems by the SBRA method</i>	300	#127
P. Janas, M. Krejsa, V. Krejsa <i>Contemporary capability of direct determined probabilistic calculation</i>	132	#274
K. Frydryšek, L. Václavek <i>Solution of the beams on elastic foundation (deterministic and probabilistic approach)</i>	70	#311
P. Konečný, P. J. Tikalsky, D. G. Tepke <i>Performance assessment of concrete bridge deck applying SBRA approach and fem model with regard to chloride ingress</i>	164	#185
V. Křivý, P. Marek <i>Stability assessment of steel frames using SBRA method</i>	198	#186
P. Marek, M. Vlk <i>Probabilistic assessment of the fatigue life of tubular steel supports of Žďákov bridge</i>	228	#218
L. Václavek, P. Marek, Ľ. Gajdoš <i>Probabilistic evaluation of unstable crack propagation in pipeline using SBRA method</i>	410	#275
J. Lenert <i>The probability method SBRA used in field of stress relaxation by creep</i>	218	#187
J. Tůma <i>Estimation of density function parameters with censored data from product life tests</i>	396	#345
P. Štemberk, J. Kruis, Z. Bittnar <i>Fuzzy distribution of internal forces in seismically loaded frame structure</i>	364	#292
K. Pohl <i>Non-linear analysis of reinforced concrete frame structures and assignment its response to seismic load</i>	290	#125
L. Pečínka <i>Comparison of nuclear and conventional seismic standards</i>	278	#179

E. Tesker, S. Tesker, N. Yakovlev, E. Dovgalenko, S. Litvinov, V. Treshev <i>Increasing in loading capacity of highly loaded sliding bearings by surface modification of their friction surfaces</i>	384	#328
---	-----	------

SOL – Mechanics of Solids

Z. Fiala <i>Stress rate and incremental principle of virtual work in finite deformations</i> ..	56	#243
A. Kruisová, J. Plešek <i>Application of the logarithmic strain in acoustoelasticity</i>	190	#250
J. Sobotka <i>On applications of generalized functions to calculations of beam design elements</i>	332	#232
I. Eisner, M. Lizoň, R. Melicher, M. Žmindák <i>The application of interactive computational system (ICS FEM) in engineering</i>	54	#227
R. Ďuriš <i>A nonlinear bar element with varying stiffness</i>	52	#225
T. Nánási <i>Automatic generation of variational statement</i>	256	#305
J. Kruijs, P. Štemberk <i>Parallelization of fuzzy problems</i>	188	#235
A. Kučerová, M. Lepš, J. Zeman <i>Inverse analysis using soft-computing methods: a review</i>	204	#203
A. Kučerová, D. Brancherie, A. Ibrahimbegović <i>Identification of damage model with cracks from results of tensile test and three point bending test</i>	202	#287
L. Svoboda, D. Rypl <i>Three-dimensional analysis of RC beams</i>	340	#254
J. Bořkovec, J. Petruška <i>EWK rupture model in the numerical simulation of the bolt head trimming</i>	30	#224
Z. Hrubý, J. Papuga, M. Růžička, M. Balda, J. Svoboda <i>Prediction and verification of the lifetime for the various combined tensile and torsion load</i>	116	#138
K. Frydryšek, R. Fajkoš, J. Rojíček <i>Proposal calculations of a new machine for fatigue testing of railway axles</i>	72	#334
P. Pejchal, J. Petruška <i>The material model of railway wheel for numerical simulations of cyclic deformation</i>	280	#123
J. Malásek <i>Orientation of stress tensors in transformed matters</i>	224	#160
J. Menčík, L. Beneš <i>Analysis of temperatures in the surface layer of a solid in short-term heating followed by cooling</i>	240	#323
D. Vavřík, J. Bryscejn, J. Jakůbek, M. Jakůbek, T. Holý, J. Valach, Z. Vykydal <i>Simultaneous radiographic observation of damaging and optical measurement of 3D surface displacement evolution in loaded specimen</i>	408	#296
J. Fuxa, R. Kubala, F. Fojtík <i>Strain gage used for stress and strain state of the torsion test quantification</i>	78	#134
K. Švaříček, M. Vlk <i>The residual stress determination by the hole drilling method by means of the influence function</i>	368	#330

D. Vincour, L. Charvát <i>Strain measurement on the main circulating pump pipeline system TF41 during running up of the nuclear power plant Dukovany, unit IV</i>	420	#266
H. Konečná, I. Sedlák, J. Veselý <i>Determination of selected properties of nitridated steel samples by experiment and calculation</i>	162	#172
R. Valenta, J. Šejnoha, M. Šejnoha, T. Krejčí <i>Management of hydration heat evolution</i>	402	#358
J. Němeček, P. Kabele, P. Jůn <i>Effect of creep in evaluation of nanoindentation of cement pastes</i>	262	#200
V. Šmilauer, J. Litoš <i>Simulation of autogenous shrinkage of young cement pastes</i>	354	#288
I. Monzón Hualde, P. Štemberk, O. Lojkásek <i>Description of material properties of hardening concrete inside deck of composite bridge</i>	120	#293
Nam Thanh Tran, P. Štemberk, A. Kohoutková <i>Investigation of Poisson's ratio of early age concrete</i>	390	#175
M. Frantová, O. Lojkásek <i>Model of concrete at the early ages</i>	68	#285
D. Rypl <i>Evaluation of geometrical properties of aggregate particles</i>	322	#291
J. Novák, M. Vokáč <i>Experimental assessment of masonry material characteristics</i> ...	266	#357
J. Vorel, J. Sýkora, M. Šejnoha <i>Evaluation of effective thermomechanical properties of masonry based on numerical homogenization</i>	432	#231
J. Sýkora, J. Vorel, M. Šejnoha <i>Numerical modeling of quarry-masonry with application to the Charles Bridge</i>	344	#180
J. Frankl, M. Kloiber, J. Bryscejn <i>Non-destructive inspection of a historical wooden structure damaged by fire</i>	62	#140
M. Micka, J. Minster, P. Václavík <i>Compression test of a timber core – ANSYS model and moiré interferometry experiment</i>	244	#219
P.P. Procházka, M.J. Válek, Š.Pešková <i>Development of stresses in fiber reinforced structures</i>	308	#347
V. Obdržálek, J. Klement, J. Vrbka <i>Post-impact compressive load carrying capacity of fibre-metal laminate plates</i>	270	#162
B. Marvalová, V. Klouček <i>Modelling of the rate-dependent behaviour of filled rubbers</i>	232	#331
B. Marvalová, J. Růžička <i>Viscoelastic behaviour of composites with rubber matrix reinforced by textile cords</i>	234	#354
Z. Kalousek, M. Vyšanská <i>The ropes bear more</i>	152	#269
P.P. Procházka, M.J. Válek, A.E. Yiakoumi <i>Simulation of freezing of rock during tunneling</i>	306	#324
P. Koudelka <i>Similarity of shallow foundations according to ČSN 73 1001</i>	170	#355
T. Janda, M. Šejnoha <i>Impact of the shape of the yield surface on the behavior of clayey soils</i>	134	#213

T. Koudelka, T. Krejčí <i>Analysis of foundation slab of commercial building in Prague Těšnov: Mechanical behavior</i>	172	#137
T. Krejčí, T. Koudelka <i>Analysis of foundation slab of administration building Praha Těšnov: Heat and moisture transfer</i>	184	#286

TEC – Technological Processes

P. Macura, A. Fiala <i>The analysis of rolling forces and moments at weldless tube rolling</i>	220	#144
L. Novotný, J. Marek <i>Issues at tool clamping systems</i>	268	#171
Z. Ramík, D. Lehký, S. Vejvoda, D. Novák <i>Inverse analysis of loading of the walking undercarriage frame of giant machine ZP 10000</i>	314	#265
I. Matoušek <i>Technological problems prediction of glass forming in pre-manufacture stage</i>	236	#270
L. Kopecký, P. Kabele, L. Novák <i>Engineered cementitious composites (ECC) manufacturing end verification</i>	166	#236

TER – Thermodynamics

J. Hrubý, M. Müller, K. Richt, R. Mareš <i>Transient temperature field in the chamber for measurement of surface tension of supercooled liquids</i>	114	#290
Z. Bayer <i>The development of the new type of simple, middle accurate approximations of caloric functions of state of wet steam</i>	22	#216
E. Jirouš <i>Thermal cycle with extraction of steam for predrying of fuel</i>	142	#246
M. Pohanka <i>Estimation of discretization error in time and space domain of numerical heat conduction</i>	288	#164
S. Veselý <i>Solution of temperature and stress fields for combustor flame tube</i>	414	#148

POS – Posters

P. Tichý, Z. Horák, J. Koukalová, J. Michalec <i>Effect of laminectomy on stability of lumbar spine</i>	poster no. 1	386	#289
J. Koukalová, Z. Horák, P. Tichý <i>Experimental measurement of the characteristics of silicone MED 4550 for FEM simulation</i>	poster no. 2	174	#136
M. Štekl <i>Influence of the head diameter of the THR on the value and distribution of the contact pressure inside the polyethylene cup of the THR</i>	poster no. 3	362	#340
M. Štekl <i>Material characteristics of the biological materials like input values to the 3D FEM model of the physiological hip joint</i>	poster no. 4	360	#317
V. Fuis, P. Hlavoň, T. Návrát <i>Calculation of the ceramics material parameters from the testing destructions of the heads</i>	poster no. 5	76	#268
L. Horný, T. Adámek <i>Stress distribution in human artery based on several types of SEDF</i>	poster no. 6	102	#294

M. Pásek, M. Bébarová, P. Matejovič, J. Šimurda <i>A model of I_{K10}-channel function in rat ventricular cardiomyocytes</i>	poster no. 7	276	#233
H. Chlup, H. Macková, R. Žitný, S. Konvičková <i>Experimental measurement pulse wave velocity in elastic tube</i>	poster no. 8	130	#349
M. Šperl, Ľ. Gajdoš <i>The effect of overloading of pipes on their fracture toughness in relation to the strength grade of steel</i>	poster no. 9	358	#220
M. Španiel, C. Novotný, M. Růžička <i>Re-calibration of the methodology determining burst pressure of pipe with surface defect</i>	poster no. 10	356	#249
J. Jurenka, M. Španiel <i>Software development for simulation of general fatigue crack propagation. Pitting prediction application.</i>	poster no. 11	150	#245
K. Švaříček, M. Vlk <i>A development of the hole-drilling method with an off-center hole for the residual stress measurement</i>	poster no. 12	370	#353
A. Bubák <i>The computational modeling of the flying shears drive</i>	poster no. 13	34	#248
P. Markov, V. Valenta <i>Research reactor IRT-2000 in Sofia reconstruction- design and seismic computation</i>	poster no. 14	230	#189
P. Antoš <i>Assessment of the sensor temperature in HWA</i>	poster no. 15	10	#251
P. Bača, P. Křivák <i>Optimalization of current tabs lay – out of electrodes in a cylindrical type VRLA cells</i>	poster no. 16	12	#149
P. Křivák, P. Bača <i>Simulation of the current distribution through the electrode system in a cylindrical type VRLA cells</i>	poster no. 17	196	#128
R. Grepl, J. Hrabec, P. Honzík, F. Šolc <i>Dynamic model of differentially driven soccer robot</i>	poster no. 18	80	#309
R. Grepl, R. Vlach, P. Krejčí <i>An effective approach to design of interactive mechatronic system</i>	poster no. 19	82	#332
R. Vlach, P. Krejčí, R. Grepl <i>New approach of electric machine winding water cooling</i>	poster no. 20	422	#318
R. Vlach, R. Grepl, P. Krejčí <i>Drive of non-convectonal stator winding slot cooling by water</i>	poster no. 21	424	#341
J. Krejsa, S. Věchet <i>Improving rapidly exploring random trees method using two trees</i>	poster no. 22	186	#177
S. Věchet, J. Krejsa <i>Fast solution of the mobile robot localization problem</i> poster no. 23		418	#168
T. Marada, P. Houška, T. Paseka <i>Small autonomous robot for practical verifying of artificial intelligence methods</i>	poster no. 24	226	#161
P. Krejčí, R. Vlach, R. Grepl <i>Contact sensor for robotic applications — verification of functionality</i>	poster no. 25	182	#337

KEYNOTE LECTURES

THE RESEARCH OF VIBROISOLATION AT THE TECHNICAL UNIVERSITY IN LIBEREC

J. Šklíba*

Summary: *The paper gives the complete information on both theoretical and experimental research of the vibroisolation problems at the Technical University in Liberec, and on an innovation at expansion of its laboratory.*

1. Vibroisolation elements

A. Pneumatic springs

Many vibro-isolation elements are made of elastomers, especially of carbon black-filled rubber and rubber matrix composites. The successful modeling of their behaviour needs constitutive models which represent the dynamic properties of rubber under infinitesimal and finite thermomechanical deformations. One part of the research in our laboratory is the intensive experimental and theoretical investigation of these materials. The development of the models for elastic behaviour of orthotropic composites with rubber matrix reinforced by cords and the experimental determination of their parameters were the basis for successful FEM simulation of deformation of an air-spring (see [1],[2]). Nowadays we concentrate on the non-elastic behaviour of these materials, especially on their visco-elastic properties which determine their damping effects.

At the partial problem „The model and experimental optimization of pneumatic suspension elements“ there are studied properties of bellows from laminated rubber with cord reinforcement of the effect their forming and application of load (axially and extra-axially) on the basis of the model and experimental analysis of geometrical and load characteristics of the air springs, experimental verification of the dependence of characteristics during dynamic loading in various configurations;

In the first phase, the theoretical research was concentrated on an observation of geometrical characteristics of air-operated bellows springs, especially on a shape of the meridian of the bellows wall depending on the spring axial deformation.

B. Hydraulic dampers

The theoretical research of the hydraulic damper is focused :

1. at the description of two-phase fluid with steady mass of free and dissolved air
2. at the description of steam or gas cavern
3. the limitation of the area of the self-excited vibrations of the valve-system which are closely connected with acoustic shows of the damper

To set the non-linear valve stiffness a special identification method was developed, which comes out from experimental data and in combination with results of numerical simulations provides relatively precise description of the valve stiffness in the whole operating range of the damper.

* Prof. RNDr. Jan Šklíba CSc.: Technická Univerzita v Liberci, Fakulta strojní; Hálkova 6, Liberec 1, 461 17; tel. +420.485 354 131; e-mail: jan.skliba@tul.cz

To improve description of flows through valves a new, corrected formula for discharge flow coefficients based on the measurements of flow characteristics of throttle elements of the damper with constant as well as variable slot width was implemented into the model (see [3]).

The aim of the research is the determination of the origin of the cavity. The results of the numerical calculation served to the suggestion of the experiment. The experimental model of the measuring chamber is proposed to follow the origin of the cavity and the influence of the throttling slot on the course of the flow in the damper. The numerical simulation of the origin and the response of the cavity in the hydraulic damper with help of the commercial CFD software FLUENT, in which there was formed 2D and 3D model for the proposed geometry of the measuring chamber. The 2d model was completed with the interaction of the fluid and the throttling planchet.

C. Hydro pneumatic member

The development of hydro-pneumatic rubber-bellows suspension has been performed at the TU Liberec during last three years. The element shown in Fig. 1 is intended to be used for suspension of truck's back axle. The suspension unit consists of hydraulic and pneumatic parts, see Fig. 1. The silicon oil is used in the hydraulic part. The spring and damping characteristics could be changed in case of a semi-active or active control. The development of the described hydro-pneumatic suspension unit has not been finished yet.

D. Polyurethane foams

The elastic properties of the foam respect the first initial degressive loading section during compression and the following progressive course with vertical asymptote. The viscoelastic behaviour is described by the Maxwell members and the friction is also respected. This model has been verified with satisfaction. For computer simulated statical or dynamical comfort of seating it is necessary to describe its properties in sufficient degree which this work deals with. Except some properties known before there was identified linear course of damping force dissipated work on frequency of harmonic kinematic excitation, and independency of damping force extreme on the same parameter. Measurement done in vacuum chamber indicates that contribution of owing air through opened cells polyurethane is negligible with regard to material damping. Method of damping force approximation in analytical form was developed. Furthermore rheologic model of polyurethane foam has been drawn up and verified by harmonic and triangle kinematic excitation. Although the complete car seat is a far more complicated system its behavior shows qualitatively the same properties as the specimen of PU foam (see [4]).

E. Magnetoreological damper is a kind of controlled damper. Its characteristic can be changed by the modification of properties of the working liquid using controlled magnetic field. To full analysis of magnetoreological damper it is necessary to identify damping force as function of velocity and actuating current of magnetic field. Its simulation model was used to design the control system with PID controller (see [5]). We solve the application of the magnetorheological damper for a car seat absorption system and an active damping system of ambulance coach.

2. Vibroisolation systems

A. Model of towing bracket of passenger car.

The aim of our research is to improve the towing bracket of the passenger car with respect to minimalisation of the dynamic effects transferred from the trailer to the vehicle body when crossing various terrain obstacles or various maneuvers. A three-dimensional model of a car with flexible trailer was created in the software ADAMS/Car. Model is

numerically very unstable, which adverts to problems while similar cases are simulated. Thanks to this fact, we are tuning the model to give better, stable solutions. The computed results are validated in two ways. Firstly we compared the results with those done in a simpler two-dimensional model created in the Working Model 2D software. Secondly we compared the results with the measurement that was realized in a real vehicle with a trailer.

B. The vibroisolation system of the ambulance couch with one degree of freedom

This system was brought to the stage of the prototype. The production documentation was submitted to the production plant CIEB. The pneumatic spring is provided with an additional volume. In order to improve the personal feelings of the patient, the couch is inclined to the plane perpendicular to the apparent vertical and it has got adjustable bearing surfaces. At the present time a marketing survey is being done at individual first-aid stations.

C. The vibrisolation system of the ambulance couch with three degrees of freedom

This system is solved in two levels: continuous model of human body (crash model from Mecas) and discrete model (from ALASKA- load described with mass, position of mass centre and central inertia tensor.) The testing of the accordance of the both models led to the forming of a hybrid model. At this time, there is being solved the response of the kinematic excitation in one or two directions. The system has both external and parametric excitations and also a possibility of tuning into the internal resonance.

D. Development of active vibration suppression of driver's seat

A laboratory model - the part of parallelogram mechanism with the ball bearings in the joints has been constructed. Various feedback control algorithms have been developed. The PXI 8176 - National Instruments computer (LabVIEW) is used for measurement and control of the laboratory model. All of the control algorithms include compensation – linearization of the strongly non-linear flow characteristics of the pneumatic valve. An on-line optimization algorithm of coefficients of feedback control algorithms is currently being developed and tested. A redesign of the laboratory model aiming at decreasing the undesirable friction effects is being done concurrently.

3. Biomechanics

The evaluation of the vibration loading of the biomechanical system of the sitting person and its interaction with the mechanical system of the seat is accompanied with simplified presumptions. These circumstances are demonstrated and the other significant influences-until now neglected are stated with regard to the properties of the population sample.

The interaction of the biomechanical system and the seat is more or less individual. The study suggests that the current kinematic criteria of the evaluation are completed with energetic criteria (criterion of the density of the energetic flow, criterion of the resultant dissipated energy, etc).

4. Means of experimental research

A. The vibration platform with six degrees of freedom

1) This platform has been finished and currently its testing is being done. It will play a basic role in such an investigation where accelerations in three directions as well as three angular acceleration components measured in a real vehicle should be reproduced in the test facility. The process of transmission of measured data to the test bed has two principal steps both solved using principles of matrix 3D kinematics. In the first step, platform motion corresponding to the given measured data must be expressed in terms of local platform reference point position vector components and three spherical angles. There must be

additional conditions applied to the process to keep the motion periodic. In the second step, from the resulting periodic motion of the platform must be computed motions of the test facility driving linear hydraulic motors, accepting their limited strokes.

2) The model is made in the ANSYS environment. For the forming of the model there were used in total five different types of elements and five different material models. There appears a necessity to solve the problems of the compatibility of the elements – d.g. SOLID 45 and BEAM 4. The model contains 5429 elements and 19254 degrees of freedom. The calculation of natural frequencies is provided by Block-Lanczos method in interval (0-1000Hz). From the analysis of the natural frequencies it is obvious that the properties of the frame of the trial platform and the stiffness of the location of the whole machinery have a substantial influence on the behaviour of the whole construction. In order to reach the conversion from MKP into the MBS, the model is divided and only the frame itself and the reinforcements of the location of the electrohydraulic servocylinders are connected. The models are condensed by Craig-Bampton method.

3) The control system for six degrees of freedom platform consists of two independent subsystems. The main subsystem provides control of all power-actuating elements of the platform. Software-based PID controller generates required values for servovalve of each of the six hydraulic pistons. The subsystem works using a special real-time operating system running on a National Instruments industrial computer PXI 1002. The second system serves as an emergency backup that ensures safe platform stop in case of a critical situation. It is based on a simple relay unit. The system observes TOTAL STOP buttons, evaluates if position limits for every piston are not exceeded and checks proper control subsystem function by a watchdog. The emergency subsystem has serial interconnection, thus new safety circuits can be easily added. In case of an emergency situation the power fluid input is cut-off by a special valve, thus the platform movement is stopped regardless status of other system components.

B. Doubled stand - tandem of two servocylinders

For the reason of the experimental research of the hydraulic dampers the original stand was doubled. That was necessary for reaching high intensity volume flow of the working liquid through the measured throttling elements.

5. Acknowledgment

The research has been supported by MSMT n. 4674788501 “Optimalizace vlastností strojů v interakci s pracovními procesy a člověkem”.

6. Literature

- [1] Tran Huu Nam,(2004) Mechanical properties of the composite material with elastomeric matrix reinforced by textile cord, *Doctor dissertation work*. TU in Liberec
- [2] Urban, R.,(2004) Simulation of engineering elements from rubber reinforced by threads, *Doctor dissertation work (in Czech)*, TU in Liberec
- [3] Matějec, R. (2005) An Experimental Research of Flow Characteristics and Discharge Coefficients of Throttle Elements in Hydraulic Damper. *Doctor dissertation work (in Czech)*. TU in Liberec
- [4] Cirkl, D. (2005) Mechanical properties of polyurethane foam. *Doctor dissertation work (in Czech)*. TU in Liberec
- [5] Votrubec, R. (2005) The Global characteristics of the hydraulic dampers *Doctor dissertation work (in Czech)*. TU in Liberec

ŽĎAS, A. S. COMPANY IN CZECH AND WORLD INDUSTRY

R. Zavadil*, M. Formánek*, V. Minář*, M. Prokeš*

Summary: *The company ŽĎAS, a. s. is known in the Czech and foreign market already 55 years. Domicile of the company that ranks among the leading producers of the Czech heavy industry is a town of Žďár nad Sázavou. The production programme of the company is aimed at heavy engineering including the supplies of complete industrial plants, metallurgical and engineering semi-products. For the complete industrial plants, the company ŽĎAS, a. s. provides the supplies of the machinery, especially for the pressing shops, forge shops, for the scrap processing lines and rolling mills. In the pressing shops, sheet-metal and solid forming presses are applied including the mechanization equipment. In the forge shops, die and open-die forging presses and forging or transfer manipulators are used. In the scrap-processing sphere, baling presses and scrap shears are applied. In the sphere of rolling mills, strip cut-to-length and slitting lines, inspection lines, straightening lines, rolling mills and exit stations of steel casters are supplied.*

1. Úvod

V roce 1951 byla zahájena v kraji s bohatou tradicí výroby a hutnictví železa výroba v tehdy největším podniku Českomoravské vysočiny, státním podniku ŽĎAS. Po více jak čtyřicetiletém působení byl roce 1992 tehdejší státní podnik zprivatizován a přeměněn na akciovou společnost. V roce 2002 do společnosti přišel strategický partner a majoritní vlastník, slovenská firma Železárne Podbrezová, a.s.

Od počátku působení až do dnešní doby se ve firmě ŽĎAS, a.s. vyprofiloval celý výrobní program do několika nosných oborů činnosti.

Mezi hlavní nosné obory činnosti firmy ŽĎAS, a.s. patří vývoj, výroba a dodávky strojních celků v oboru Tvářecích strojů, oboru Zařízení válcoven, oboru Hydraulických systémů, oboru Metalurgie, oboru Strojírenské výroby a oboru Nástrojů pro tváření. Neméně důležitou oblastí činnosti je i opravárenství a modernizace tvářecích strojů a zařízení válcoven.

* Ing. Radek Zavadil: konstruktér mechanizace: ŽĎAS, a.s., Strojírenská 6, 591 01 Žďár nad Sázavou.; tel.: 566642523, fax: 566642820; e-mail: radek.zavadil@zdas.cz

* Ing. Michael Formánek: konstruktér tvářecích strojů: ŽĎAS, a.s., Strojírenská 6, 591 01 Žďár nad Sázavou.; tel.: 566643248, fax: 566642870; e-mail: michael.formanek@zdas.cz

* Ing. Miloš Prokeš: konstruktér hydraulických systémů: ŽĎAS, a.s., Strojírenská 6, 591 01 Žďár nad Sázavou.; tel.: 566643225, fax: 566642817; e-mail: milos.prokes@zdas.cz

* Ing. Vladimír Minář: konstruktér zařízení válcoven: ŽĎAS, a.s., Strojírenská 6, 591 01 Žďár nad Sázavou.; tel.: 566643248, fax: 566642846; e-mail: vladimir.minar@zdas.cz

2. Obor Tvářecích strojů

V rámci oboru Tvářecích strojů se firma ŽĎAS, a.s. specializuje na vývoj a výrobu linek a lisů pro vybavení volných i zápusťkových kováren, manipulátorů pro volné kování, lisů pro plošné i objemové tváření, lisů pro speciální technologie, zařízení na zpracování kovového odpadu a obslužnou mechanizaci.

3. Obor Zařízení válcoven

V rámci oboru Válcoven se firma ŽĎAS, a.s. specializuje na vývoj a výrobu zařízení pro podélné a příčné dělení plechů, inspekční linky, rovnací linky, válcovací tratě a výběhy úseku kontilití.

4. Obor Hydraulických systémů

V rámci oboru Hydraulických systémů se firma ŽĎAS, a.s. specializuje na vývoj a výrobu hydraulických agregátů, pohonů a hydraulického řízení strojů jak vlastní produkce, tak i strojů a zařízení zákazníků.

5. Obor Metalurgie

Obor metalurgie zahrnuje výrobu oceli, odlitků, ingotů, volně kovaných výkovků a modelů jak pro vlastní potřebu, tak jako dodávky dle přání zákazníků.

6. Obor Strojírenské výroba

Obor strojírenská výroba kromě vlastní zakázkové náplně dokáže řešit i potřeby zákazníků v oblasti výroby dle jejich požadavků a dokumentace.

7. Obor Nástroje

Divize Nástroje vyvíjí, vyrábí a dodává nástroje jak pro plošné tak i postupové lisování, pro automobilový, spotřební a elektrotechnický průmysl, pro jednotlivé díly, tak i pro vybavení celé linky a to vše dle požadavků zákazníka.

8. Závěr

Cílem firmy je být ekonomicky úspěšnou a zákazníky vyhledávanou organizací, která svými výrobami, polotovary a službami bude patřit mezi přední srovnatelné evropské firmy.

Firma ŽĎAS, a.s. své výrobky úspěšně dodává celé řadě významných firem. Mezi hlavní odběratele patří přední firmy z České republiky, Evropské unie, USA, Japonsko, Indie, Číny, Iránu a mnohé další.

PAPERS

ASSESSMENT OF THE SENSOR TEMPERATURE IN HWA

P. Antoš*

Summary: *One of the key parameters in hot-wire anemometry is the temperature of the sensor. The temperature is set on CTA via the resistivity of the hot sensor. Several probes were tested using a variable temperature oil bath. Dependence of the resistivity on the temperature and means of its estimation are the subjects of the paper.*

1. Úvod

Při měření termoanemometrem je jedním z klíčových parametrů pracovní teplota senzoru. Její znalost je potřebná pro použití Collis-Williamsova ochlazovacího zákona a při provádění korekcí na teplotu proudu. Na anemometru v režimu CTA se velikost žhavení nastavuje obvykle hodnotou pracovního odporu sondy, na níž je pracovní teplota drátka závislá. Pro sondy s wolframovým drátkem se žhavicí teploty pohybují v rozmezí (20-300) °C. V tomto rozsahu lze měrný odpor na teplotě dobře popsat kvadratickou závislostí.

2. Teplotní součinitele odporu

Rezistivitu materiálu drátka lze vyjádřit pomocí teplotních součinitelů odporu α_0 a β_0 , které jsou vázány na referenční teplotu T_0 . Je-li při této teplotě rezistivita χ_0 , bude rezistivita materiálu drátka χ_w při teplotě T_w :

$$\chi_w = \chi_0 \left[1 + \alpha_0(T_w - T_0) + \beta_0(T_w - T_0)^2 \right]$$

Teplotní součinitel silně závisí na konkrétní sondě – chemickém složení drátka (nečistoty snižují α_0), jeho výrobě (tváření též ovlivňuje α_0), ale i jeho připevnění k elektrodám sondy (svar/pájení, mechanické napětí v drátce). Použití teplotní součinitel z literatury nelze; publikované hodnoty mají rozptyl $\pm 20\%$.

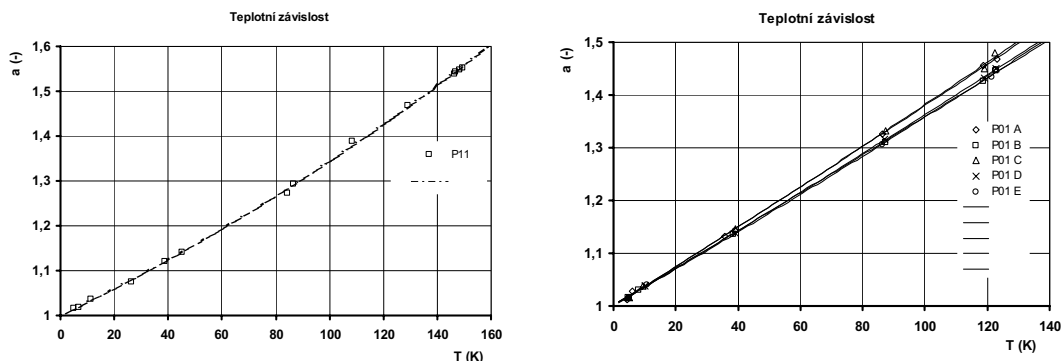
3. Měření teplotní závislosti odporu

Pro měření teplotní závislosti byla použita olejová vyhřívaná lázeň (viz obr.). Zařízení má elektricky vyhřívané stěny, čidlo teploty a termostat pro udržování nastavené teploty.



* Ing. Pavel Antoš, Ústav termomechaniky AV ČR, Dolejškova 5, 182 00 Praha 8, tel. +420 265 053 313, antos@it.cas.cz

Pro měření byly vybrány dva typy sond: Dantec 55P11 a Dantec 55P01. Jednalo se o sondy s kolmým wolframovým drátkem průměru 5 μm s délkou pracovní části 1,25 mm.



Dále bylo provedeno srovnání žhavicí teploty, vypočtené ze zjištěných teplotních součinitelů s teplotou podle údajů výrobce sondy. Rozdíl dosahuje téměř 30 K.

Sonda	R_0	R_L	α_0	β_0	ρ^2	R_w	α_0 Dantec	T_w Dantec(R_w)	ΔT_w
	$T_0=293$ K		$T_0=293$ K	$T_0=293$ K		$T_w=493$ K	$T_0=293$ K	K	K
	Ω	Ω	K^{-1}	K^{-2}	-	Ω	K^{-1}		
55P11	3,00	0,6	2,9e-3	6e-6	0,9996	5,46	3,6e-3	520,8	27,8
55P01 A	4,13	1,0	3,7e-3	0,9e-6	0,9996	7,33	3,6e-3	508,6	15,6
55P01 B	4,01	0,7	3,4e-3	2e-6	0,9999	7,06	3,6e-3	504,1	11,1
55P01 C	3,65	0,7	3,6e-3	2e-6	0,9992	6,57	3,6e-3	515,2	22,2
55P01 D	4,20	0,7	3,5e-3	1e-6	0,9998	7,31	3,6e-3	498,6	5,6
55P01 E	4,33	0,7	3,5e-3	0,6e-6	0,9996	7,46	3,6e-3	494,1	1,1

4. Závěr

Vztah mezi měrným elektrickým odporem senzoru a jeho teplotou lze velmi přesně popsat pomocí teplotních součinitelů α_0 a β_0 . Ačkoliv je zjednodušený lineární vztah pro přesná měření je nevyhovující, v anemometrii se používá téměř bezvýhradně. Pro měření teplotní závislosti sond byla použita olejová lázeň s možností nastavení teploty. Součinitele se mohou významně lišit i u sond stejného typu a výrobce. Proto je pro korektní určení pracovní teploty drátku nevyhnutelné experimentálně zjistit součinitele u konkrétní sondy.

5. Literatura

- [1] Brunn, H. H.: *Hot-wire anemometry*. Oxford University Press, Oxford, 1995.
- [2] Horák, Z., Krupka, F.: *Fyzika*, SNTL, Praha, 1966.
- [3] Kostka, V., Vasanta Ram, V.: *On the effect of fluid temperature on hot wire characteristic. Part 1*, Exp. Fluids 13, 155-162, 1992.
- [4] Brunn, H. H.: *On the temperature dependence of constant temperature hotwire probes with small wire aspect ratio*, J. Physics E., 8:942-951, 1975.
- [5] Cooper, R., D., Tulin, P., M.: *Turbulence measurements with the hot wire anemometer*, Agardograph 12, 1955.
- [6] *Constant temperature anemometry - Probes and accessories*, PSI Prosser Scientific Instruments Ltd., Ipswich.
- [7] *Probes for hot wire anemometry*, Dantec Measurement Technology, Skovlunde, 1996.

6. Poděkování

Poděkování projektu OL114 – COST 732 MŠMT ČR.

OPTIMALIZATION OF CURRENT TABS LAY - OUT OF ELECTRODES IN A CYLINDRICAL TYPE VRLA CELLS

P. Bača*, P. Křivák*

Summary: *The current distribution through the electrode system of lead-acid accumulator was determined mathematically for a cylindrical type cell. There were designed 3 type of electrodes differing by current tabs lay - out . Optimal appears to be the last designed type with equipotential current tabs. The results are presented in the form of 3-D diagrams for different states of discharge.*

1. Úvod

Předchozí příspěvek [1] byl věnován distribuci proudu mezi elektrodami olověného akumulátoru pro jednu komerčně používanou variantu vstupních proudových praporců. V další fázi výzkumu jsme se zaměřili na optimalizaci proudových praporců s cílem minimalizovat nerovnoměrnost rozložení proudu po povrchu elektrod. Byly navrženy další 2 varianty, lišící se rozmístěním proudových praporců. Pro všechny 3 varianty byly navrženy matematické modely a provedeny výpočty distribuce proudu elektrodovým systémem, náboje spotřebovávaného při vybíjení a vnitřního odporu v závislosti na prošlém náboji během vybíjení. V této práci budou uvedeny výsledné závislosti distribuce proudu u alternativních variant. Detailní popis distribuce proudu komerčně používané varianty byl popsán v příspěvku [1].

2. Výsledky a diskuze

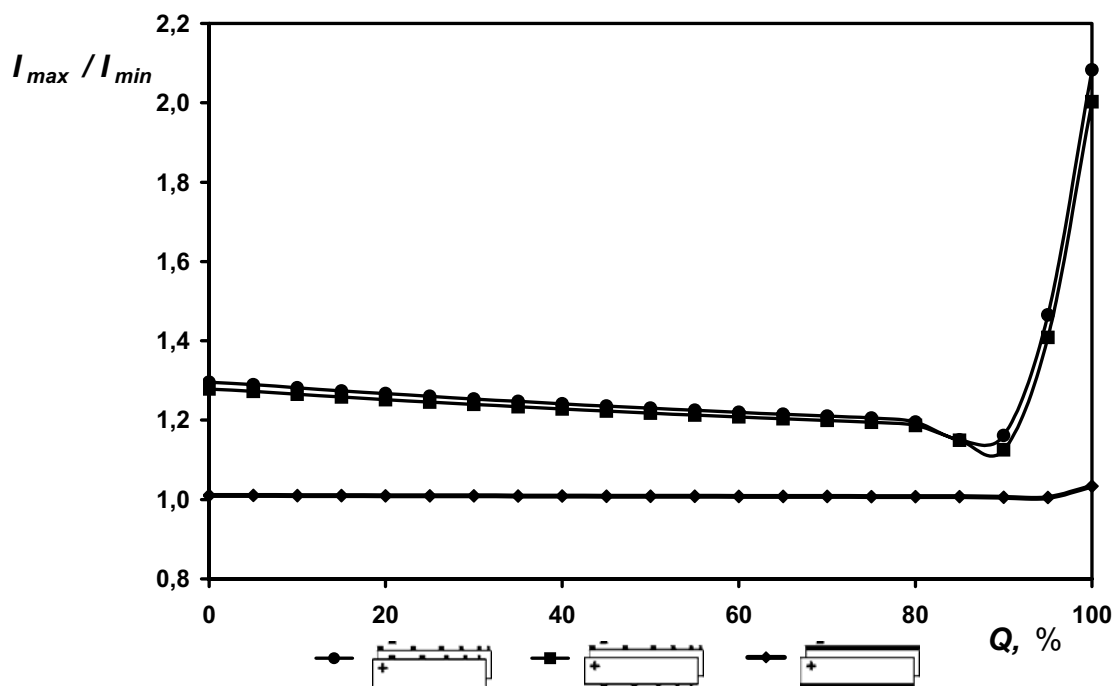
Rozbor výpočtového modelu byl uveden v příspěvku [1].

Na počátku vybíjení jsou nejvíce vytěžovány oblasti nejbližší proudovým praporcům a to zejména v centrální oblasti článku s velkou hustotou proudových praporců. Proto tyto oblasti dosáhnou vybitého stavu nejrychleji a v souvislosti s vybíjením se zde nejvíce zvyšuje vnitřní odpor. Protože vybíjecí proud zůstává konstantní, pokles proudu v těchto oblastech způsobený nárůstem odporu vede zejména v posledních fázích vybíjení ke vzrůstu proudu v dalších oblastech elektrody, původně méně proudově zatížených. To vede v průběhu vybíjení k postupnému vytěžování všech oblastí elektrody. Na konci vybíjení prudce vzrůstá u této varianty článku nerovnoměrnost distribuce proudu podobně jako u komerční varianty [1].

Nejlepší konfigurací je následující alternativní varianta (s planparalelními ekvipotenciálními proudovými praporci umístěnými na protějších koncích obou elektrod). Zde zůstává distribuce proudu po povrchu elektrod v celém průběhu vybíjení dostatečně vyrovnaná.

* Ing. Petr Bača, Ph.D., Ing. Petr Křivák, Ph.D., FEKT VUT v Brně; Údolní 53; 602 00 Brno; tel.: +420.541 146 188, fax: +420.541 146 199; e-mail: baca@feec.vutbr.cz

Tento závěr je dobře patrný z obr. 1, který ukazuje průběh kritéria I_{\max}/I_{\min} pro všechny sledované varianty umístění proudových praporců. Z grafu je patrné, že nerovnoměrnost distribuce proudu u komerční varianty a první alternativní varianty s protilehlým umístěním praporců je téměř shodná. Alternativní varianta s planparalelními ekvipotenciálními proudovými praporci umístěnými na protějších koncích obou elektrod vykazuje zdaleka nejmenší nerovnoměrnost distribuce proudu. Zde kritérium I_{\max}/I_{\min} zůstává v celém průběhu vybíjení téměř konstantní a blíží se hodnotě 1.



Obr. 1 Závislost I_{\max}/I_{\min} na prošlém náboji Q pro všechny varianty proudových praporců.

3. Závěr

Optimální variantou z hlediska rovnoměrnosti distribuce proudu mezi elektrodami olověného akumulátoru se ukázala alternativní varianta s planparalelními ekvipotenciálními proudovými praporci umístěnými na protějších koncích obou elektrod. Ta vykazuje zdaleka nejmenší nerovnoměrnost distribuce proudu a dá se tudíž předpokládat, že takový článek bude mít také největší životnost.

4. Poděkování

Tato práce byla sponzorována výzkumným záměrem MŠMT ČR č. MSM0021630516.

5. Literatura

[1] P. Křivák, P. Bača, Simulation of the current distribution through the electrode system in a cylindrical type VRLA cells, IM6, Svatka 2006, #128

OPTIMAL MODAL PROPERTIES OF MILLING SPINDLES

P.Bach*

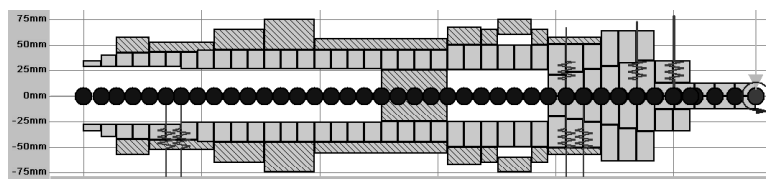
Summary: *The paper presents a modern approach to spindle modelling and dynamic calculation. Mutual effect of spindle parts on modal properties of a spindle structure will be shown and discussed.*

1. Úvod

Experimentální modální vyšetřování vřeten namontovaných na strojích neumožňuje plnou identifikaci dílů konstrukce s modelem a jejich ladění. Ukazuje se, že řešení tohoto problému napomáhá výpočet. Jako základní kritérium úspěšnosti ladění se používá mezní hloubka třísky dle vztahu $a_{p,mez} = -1/2KG(f)_{neg}$.

2. Ladění upnutí nástroje

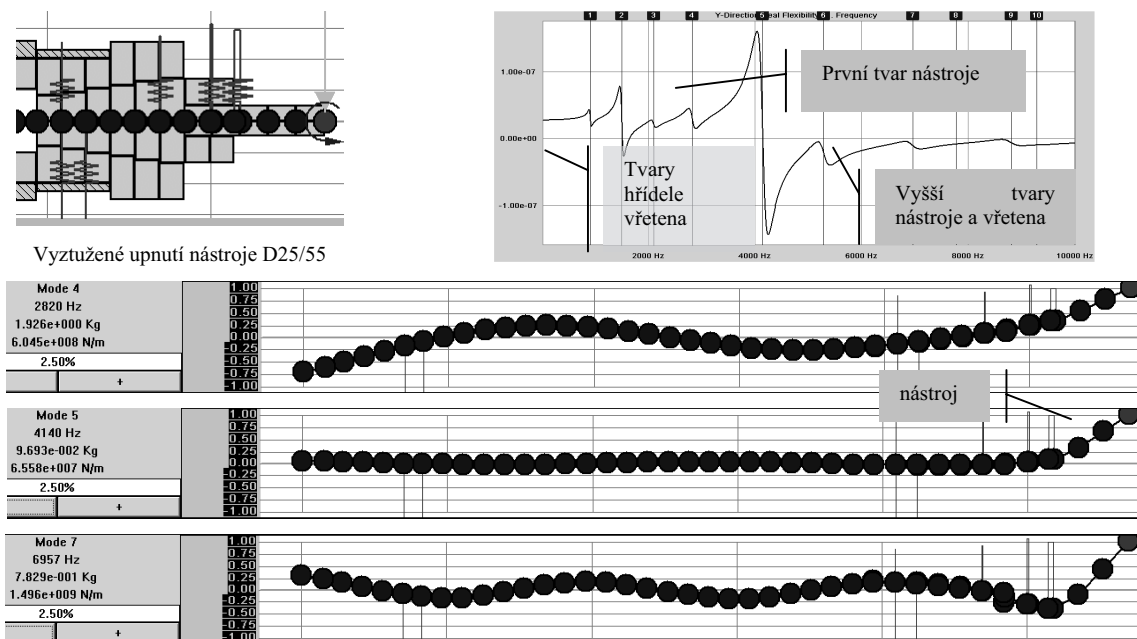
Kompletní model vřetena včetně držáku nástroje a nástroje vidíme na Obr. 1. Jsou uvažovány uložení, pohon kuželovým soukolím, předepínací dílce ložisek, kroužky ložisek, distanční trubky, držák nástroje ISO 50 s kontaktní tuhostí modelovanou dvěma pružinami a ocelový nástroj průměru $D=25$ mm s vyložení 55 mm. Kontaktní tuhost upínací plochy nástroje je modelována jen jednou lineární pružinou 1.10^{12} N/m a torzní pružinou 1.10^5 Nm/rad. O nestabilitě rozhoduje 4. tvar s vlastní frekvencí 2173 Hz, protože jeho G-funkce má větší negativní extrém. Třetí tvar je však nejpoddajnější. V těchto tvarech převažuje kmitání nástroje v držáku. Vřeteno se deformuje jen velmi málo. Z rozboru plyne, že upnutí není dostatečně tuhé.



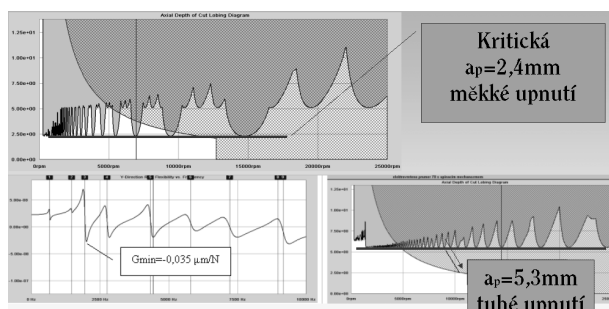
Obr. 1 Reálná FRF kompletního vřetena včetně držáku ISO50 a ocelového nástroje D25/55.

Tužší upnutí nástroje v držáku, změny deformační linie celé soustavy, Obr. 2. Až do zobrazeného módu 4 jsou deformační linie plynulé, bez zlomu v upnutí nástroje, který byl vidět na všech liniích méně tuhého upnutí. Teprve na linii 5. tvaru (4140 Hz) se silně podílí nástroj. Tuhost upnutí je již dostatečná, protože vetknuté uzly nástroje se od uzlů držáku při animaci neoddělují. Stabilní hloubku třísky i řezný výkon se podařilo zvýšit dvojnásobně. Obr. 3.

*Ing. Pavel Bach, CSc, Výzkumné centrum pro strojírenskou výrobní techniku a technologii (VCSVT) , ČVUT v Praze, fakulta strojní, Praha 2, Horská 3, tel.: 605205911, e-mail: p.bach@rcmt.cvut.cz



Obr. 2 Zlepšená tuhost upnutí nástroje v držáku. Nástroj D25/55 mm



Obr. 3 Naladění tuhosti upnutí nástroje. Kritérium: mezní hloubka třísky

3. Závěr

V plném textu příspěvku je na několika příkladech ukázán specifický přístup k modelování, ladění a identifikaci frézovacích vřeten. V praxi se ukazuje, že dostatečnou verifikací modelů je porovnání jejich dynamické poddajnosti s měřením na nástroji nebo na držáku či přístupném konci vřetena. Kromě toho se při verifikaci sleduje podobnost G-přenosů modelu a díla. Úspěšnost ladění se posuzuje podle jednoduchých kritérií mezní hloubky třísky, úběru materiálu a odebíraného výkonu na vřetenu při stabilním obrábění. Tato práce vznikla za finančního příspěví MŠMT v rámci podpory projektu výzkumu a vývoje 1M6840770003.

4. Literatura

P. Bach, 2004. Modelling of Milling Spindles for Optimizing the Spindle Cutting Performance. *Proceedings of 34th International Conference MATADOR*, Manchester, p. 25-35, UK.

THE NECESSARY POWER FOR THE OPERATION OF SEMIACTIVE VIBRATION CONTROL SYSTEMS.

I. Ballo*

Summary: In the paper the theoretical power consumption of a semiactive linear quarter-car model is examined.

1. Úvod

Pri posudzovaní vhodnosti semiaktívnej sústavy na použitie v konkrétnej konštrukcii je často rozhodujúci nevyhnutný príkon, potrebný na jej prevádzku.. Tento príspevok bude zameraný na stanovenie nevyhnutného príkonu, potrebného na prevádzku konkrétnej semiaktívnej sústavy.

2. Mechanický model skúmanej sústavy

Predmetom skúmania v tejto práci bude tzv. štvrtinový mechanický model motorového vozidla. Budeme predpokladať, že je lineárny, semiaktívny prvok typu "sky hook" a okrem lineárneho hydraulického tlmiča zanedbáme ostatné disipatívne účinky. Budeme ďalej počítať s tým, že pneumatika je nahradená pružinou k_1 a že jej styk s jazdnou dráhou je bodový. Pre popis náhodného profilu jazdnej dráhy použijeme výrazy, uvedené v knihe Mitschkeho (1972) a v článku Robsona (1979). O vozidle budeme predpokladať, že sa po jazdnej dráhe pohybuje priamočiare, ustálenou rýchlosťou v [m/s]. Číselné parametre sledovanej sústavy sú prevzaté z práce Besingera a spol. (1995).

Prof. Ing. Igor Ballo, DrSc., Ústav materiálov a mechaniky strojov SAV, Račianska 75, 831 02 Bratislava 3, Slovenská republika. Tel.: 00421 2 59309413, 00421 903 941192, e-mail: ummsibal@savba.sk.

3. Výpočet výkonu, potrebného na prevádzku sledovanej semiaktívnej sústavy

Pre výpočet výkonových parametrov použijeme výraz, odvodený v staršej práci autora (Ballo, 1995). V tejto práci do pôvodného výrazu dosadíme iba aktuálne frekvenčné prenosy.

V nasledujúcom texte uvedieme vzťahy pre výpočet stredného, výkonu \bar{N}_P , ktorý príde do sústavy cez styk pneumatiky s jazdnou dráhou a stredného výkonu \bar{N}_T , ktorý sa vyžiari vo forme tepla v riadenom tmiči. Stredný výkon \bar{N}_S je rozdielom oboch predošlých a je to výkon, ktorý treba dodať do sústavy.

$$\bar{N}_P = \int_0^{\infty} |H_{\Delta P}| \cdot |H_{FP}| \cdot \cos(\Theta_{\Delta P} - \Theta_{FP}) \cdot S_{y_0 y_0} \cdot d\omega \quad \bar{N}_T = \int_0^{\infty} |H_{\Delta T}| \cdot |H_{FT}| \cdot \cos(\Theta_{\Delta T} - \Theta_{FT}) \cdot S_{y_0 y_0} \cdot d\omega$$

Veličiny v predošlých výrazoch sú frekvenčné prenosy rýchlosti telesa m_1 , sily, prenášanej pružinou k_1 , rozdielu rýchlostí koncov tmiča a sily, prenášanej tmičom. číselné hodnoty, stanovené pomocou týchto výrazov, pre konštantu b_a väzby "sky hook" obsahuje nasledujúca tabuľka:

	\bar{N}_P	\bar{N}_T	\bar{N}_T	\bar{N}_T	\bar{N}_S	\bar{N}_S
b_a [kNs/m]	0	0	10	30	10	30
autostrády	72.59	72.59	96.09	142.36	24.50	69.77
cesty 1. triedy	345.61	345.61	459.11	684.41	113.50	338.80
cesty nižších tr.	663.25	663.25	878.83	1304.21	215.58	640.96

4. Literatúra

- Besinger, F.H., Cebon, D. & Cole, D.J. (1995) Force Control of a Semi-Active Damper. *Vehicle System Dynamics*, 24, 9, pp. 695-723.
- Ballo, I. (1995) Power Requirement of Active Vibration Control. *Vehicle System Dynamics*, 24, 9, pp. 683-691.
- Ballo, I. (2005) Effectiveness of the active and semiactive vibration control systems, in: *Proc. ENGINEERING MECHANICS 2005, Svratka, 9.-12.5.*
- Mitschke, M. (1972) *Dynamik der Kraftfahrzeuge*. Springer-Verlag Berlin.
- Robson, J. D. (1979) Road surface description and vehicle response. *Int. J. of Vehicle Design*, 1, 1, pp. 25-35.

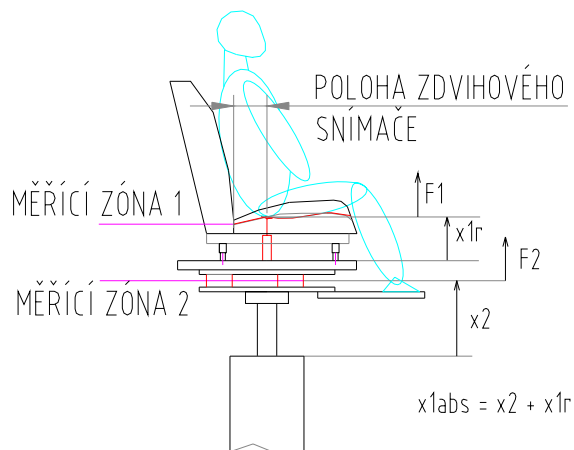
ENERGY-BASED EVALUATION METHOD OF DISSIPATIVE PROPERTIES OF A BIOMECHANICAL SYSTEM

J. Barbora, J. Mevald¹

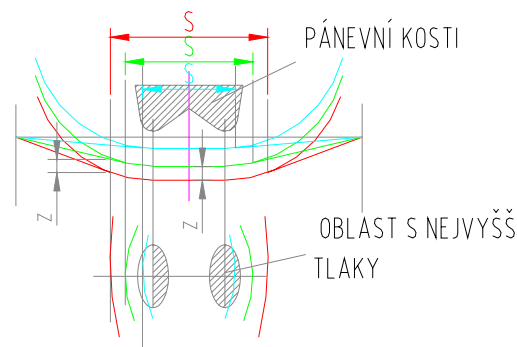
Summary: Many hardly acceptable simplifying assumptions are related to vibration load evaluation of biomechanical system, concerning sitting driver or passenger, and its interaction with mechanical system of the seat. The study is focused on those assumptions and presents other important factors, yet neglected when optimizing seats in terms of population range. The interaction of the biomechanical system and the seat is more or less given by the individual driver – seat couple. The study proposes peak values of the energy flow rate, its participation on the dissipation, total dissipation during the time of exposition and energy flow rate density as the criteria

Při hodnocení vhodnosti sedaček pro daný populační vzorek se používají mechanické moduly s lineárními vlastnostmi a metody vhodné pro lineární systémy. Sedačka i biomechanický systém sedícího člověka jsou však silně nelineární systémy, jejichž vzájemná nelineární interakce je ovlivněna na straně člověka tvarem sedací části, pružícími a tlumícími viskoelastickými vlastnostmi tkání včetně vlastnostmi ošacení. Podobně na straně sedačky jde o vliv tvaru sedačky, viskoelastické vlastností výplně, viskoelastické vlastností a vypnutí potahu. Lze konstatovat, že celkové vlastnosti jsou individuální pro danou dvojici člověk a sedačka. Experimentální výzkum v Hydrodynamické laboratoři TU v Liberci jsme zaměřili na hodnocení energetického toku měřeného ve dvou zónách a to ve styku sedací části těla se sedačkou a zónou kotvení sedačky na zdroj buzení. Energetický tok je použitelný na silně nelineární systémy. V první zóně se měří kontaktním snímačem rozložení tlaku a okamžitý zdvih (pro určení rychlosti), v druhé zóně se měří celková síla a zdvih. Derivací zdvihových signálů podle času se získává rychlost. Cílem zpracování měřených veličin je určit okamžitý energetický tok (jehož velikost je určena výkonem) procházející kolmo na rovinu proloženou ve stykové zóně sedačky a biomechanického systému, určit disipaci energie v sedačce a v biomechanickém systému za dobu periody, určit disipaci energie za celkovou dobu expozice (dle zákona 4 hod), a hustotu energetického toku ve stykové zóně. Energetický tok je zároveň jedním z důležitých nositelů informací pro řidiče o dějích na podvozku vozidla. Nejvyšší hustota energetického toku se přenáší v oblasti sedacích kostí. Vysoká hladina hustoty energetického toku bude nepříjemná, nízká hladina pak způsobuje nízký kontakt s vozidlem (nedostatečnou informaci o dynamice podvozku). Na obr. 1 je schéma experimentu, na obr.2 je znázornění změny kontaktní plochy s deformací ovlivňující energetický tok a hustoty toku a na obr. 3 je patrné rozložení hustoty energetických toků.

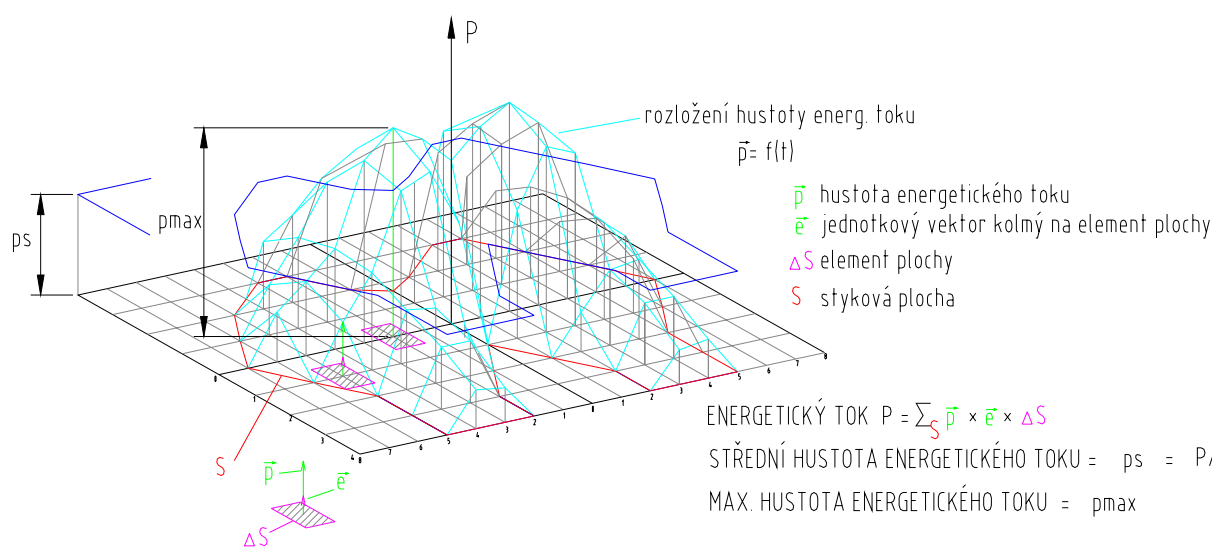
¹ Doc. Ing. Jaromír Barbora, CSc., KST, FS, TU v Liberci, Hálkova 6, 461 17 Liberec 1, +42 606 202 294,
Doc. Ing. J. Mevald, CSc., KMP, FS, TU v Liberci, Hálkova 6, 461 17 Liberec 1, +42 48 5354 145,
josef.mevald@tul.cz



Obr. 1 Schéma experimentu v HDL



Obr. 2 Změna kontaktní plochy na zdvihu



Obr. 3 Rozložení hustoty energetického toku

Poděkování

Tato práce vznikla s podporou Výzkumného záměru MSM 4674788501. Děkujeme pracovníkům HDL ing. Tomáši Zůbkovi a ing. Janu Petříkovi za provedení experimentu a zpracování výsledků.

Literatura

Holmlund, P.,Lundström, R., Lindberg, L.,(1999) Mechanical impedance of the human body in vertical direction, *Applied Ergonomics* 31(2000) 414 – 422

Fridrichová, L., Mevald, J: Optimalizace tuhosti čalouněného automobilového sedáku předpětím potahového materiálu. *Sborník semináře. Zvolen 2005. s 13-17*

Cirkl, D.,(2006) Mechanické vlastnosti polyuretanové pěny, *Doktorská disertační práce TUL Liberec, leden 2006*

Lundström, R., Holmlund, P., (1998) Absorption of energy during whole – body vibration exposure, *Journal of Sound and Vibration* (1998) 215(4), 789-799

Dobry, M.,W.,(2002) Energy analysis of mechanical and biomechanical systems, *XX Symposium – Vibrations in physical systems (2002) Poznaň*

CRACK TIP OPENING DISPLACEMENT DETERMINATION FOR A CRACK TERMINATING AT THE BIMATERIAL INTERFACE

P. Bareš*, Z. Knésl*

Summary: *In the paper the method suggested by Irwin for the crack tip opening displacement (CTOD) determination in homogeneous materials is generalized and the analytical expression for the CTOD in the case of a crack with its tip at the interface of two different materials is presented. The obtained results are used to formulate the condition of stability of a crack terminating at the interface.*

1. Úvod

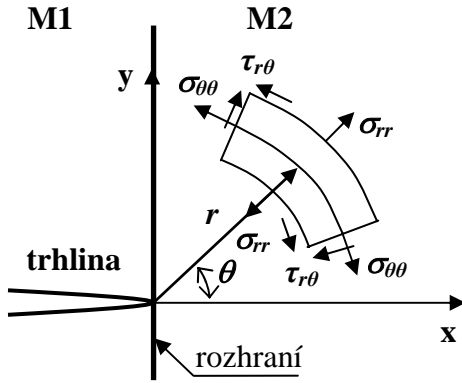
Spolehlivost a životnost složených materiálových systémů (např. kompozitních materiálů) může být podstatně ovlivněna chováním trhliny šířící se v blízkosti rozhraní jednotlivých materiálových složek. V mnoha případech dochází k porušení funkčnosti celého systému iniciací a šířením trhliny s následným lomem právě v důsledku specifických vlastností rozhraní. O životnosti součásti v takovém případě rozhoduje chování trhliny, která prochází přes rozhraní z jednoho materiálu do druhého. Kritickou konfigurací pak vytváří trhlina s vrcholem na materiálovém rozhraní dvou materiálů, (viz obr.1). V důsledku skokové změny materiálových parametrů na rozhraní zde dochází ke změně charakteru singularity napětí a postupy standardní lomové mechaniky zde nelze použít. V příspěvku je zobrazen Irwinův postup výpočtu otevření kořene trhliny *CTOD* v homogenních materiálech na případ trhliny s vrcholem na rozhraní dvou různých materiálů. Jako aplikace jsou pro různé materiálové kombinace určena kritická napětí, při kterých se trhlina začne šířit z rozhraní dále do druhého materiálu. Odpovídající výpočty jsou provedeny metodou konečných prvků (ANSYS) za podmínek rovinné deformace pro plastické deformace malého rozsahu a pro normálový mód namáhání.

2. Otevření kořene trhliny s vrcholem na rozhraní dvou různých materiálů

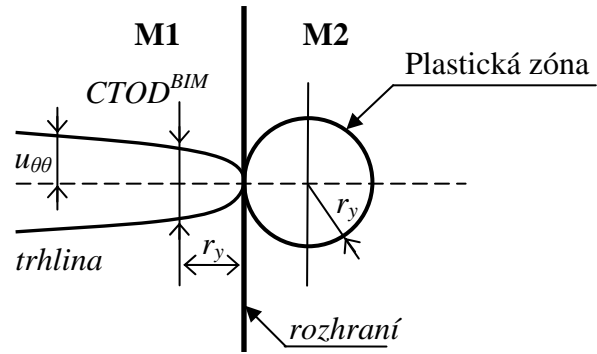
Pomocí složek pro rozložení napětí v okolí vrcholu trhliny lze s využitím konstitutivních vztahů a geometrických rovnic integrací určit výrazy pro složky posunutí v okolí kořene trhliny. Na základě postupu navrženého Irwinem lze potom určit *CTOD* pomocí posunutí v obvodovém směru $u_{\theta\theta}$ pro úhel $\theta=\pi$ ve vzdálenosti r_y za čelem trhliny, což se dá pro trhlinu s vrcholem na rozhraní dvou různých materiálů zapsat jako

$$CTOD^{BIM} = \left| 2u_{\theta\theta}(\theta = \pi, r = r_y) \right|. \quad (1)$$

* Ing. Pavel Bareš, Prof. RNDr. Zdeněk Knésl, CSc., Ústav fyziky materiálů, Akademie věd České republiky, Žitkova 22, 616 62 Brno (tel.:+420 532290 362, e-mail: bares@ipm.cz)



Obr.1 Trhlina s vrcholem na rozhraní dvou materiálů M1, M2 a použité označení



Obr.2 Plastická zóna na čele trhliny s vrcholem na rozhraní

V předešlém vztahu je r_y poloměr plastické zóny na čele trhliny (viz obr.2), který lze v případě konfigurace uvedené na obr.1 zapsat ve tvaru

$$r_y = \left(\frac{H_I}{\sigma_o} \right)^{1/p} \left\{ \frac{(1-p)^2}{2\pi} \left[16\mu_2 \left(\mu_2 + \frac{1}{4\mu_2} - 1 \right) - 6g_R^{(M2)} p + 3(g_R^{(M2)2} + p^2) \right] \right\}^{1/2p}, \quad (2)$$

kde H_I je zobecněný součinitel intenzity napětí, σ_o je mez kluzu materiálu M2, p je exponent singularity napětí, μ_2 je Poissonovo číslo pro materiál M2 a $g_R^{(M2)}$ je známá veličina závislá na materiálových charakteristikách obou materiálů. Dosazením předešlého vztahu do vztahu pro posunutí v obvodovém směru a následně do (1), dostaneme

$$CTOD^{BIM} = \left| \frac{2\lambda}{E_1 \sqrt{2\pi}} H_I^{1/p} \left(\frac{1}{\sigma_o} \right)^{1-p} Z_R W_1(\pi) \right|, \quad (3)$$

kde Z_R a W_1 jsou veličiny závislé na materiálových charakteristikách obou materiálů. Na základě srovnání této veličiny a odpovídajícího výrazu pro homogenní materiál M2 je pak v příspěvku navrženo kritérium stability pro trhlina s vrcholem na rozhraní dvou materiálů.

3. Závěr

V příspěvku je odvozen vztah pro kritické otevření kořene trhliny pro trhlina s vrcholem na rozhraní dvou materiálů. Na jeho základě je zde navrženo kritérium stability, které umožňuje pro různé kombinace materiálů vypočítat kritická napětí, při nichž se trhlina začne šířit z rozhraní dále do druhého materiálu. Použití navrženého postupu je demonstrováno na příkladu povrchové ochranné vrstvy s trhlinou. Z výsledků plyne, že s rostoucím poměrem modulů v tahu povlaku a podkladu E_1/E_2 klesá velikost kritických napětí σ_{crit} , což je v souladu z výsledky získanými na základě postupů odvozených na základě napětíových kritérií. Odpovídající výpočty byly provedeny metodou konečných prvků v systému ANSYS.

4. Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory Grantové agentury České republiky (projekty č. 106/05/H008 a 101/05/0227).

THE DEVELOPMENT OF THE NEW TYPE OF SIMPLE, MIDDLE ACCURATE APPROXIMATIONS OF CALORIC FUNCTIONS OF STATE OF WET STEAM

Z. Bayer*

Summary: *In the continuation of the previous study dealing with approximations of $p, v_l, v_g, (\partial p/\partial v_l)_T, (\partial p/\partial v_g)_T$ as $f(T)$ of the new type, the present contribution introduces a set of approximations of enthalpy and entropy on the lower saturation curve and of heat of vaporization. Some of them, unfortunately all of lower accuracy, can be used as **reversible** functions. The various simple multiplying-functions are used as the approximating functions. The accuracy moves between a percentage fraction up to 5 percent of maximum value of the pertinent function. The values of exponents and coefficients optimized by the least squares method, the courses of deviations of approximated quantities from correct data are given.*

1. Úvod

Příspěvek na základě [1-4] informuje o postupném vývoji souboru aproximací nového typu. Předcházelo představení [5] koncepce a prvních výsledků týkajících se nekalorických funkcí stavu a derivací $\pi'_l \equiv (\partial \pi / \partial \varphi')_\tau, \pi'_g \equiv (\partial \pi / \partial \varphi'')_\tau$ vlhké páry H_2O , vždy ve více variantách. Tato práce přináší jednak rozšíření a zpřesnění základních nekalorických funkcí (**X4A, X3A a X5A**, nové vytištěny v tabulce tučně), jednak nové aproximace kalorických veličin.

2. Nové aproximované funkce, aproximační funkce a výsledky

Formulace aproximovaných kalorických funkcí $X_j = X11-X13$, popř. $X(10+j)=X10-X_j$ spolu s nejdůležitějšími výsledky shrnuje tabulka, kde p je tlak, v - měrný objem, $\rho=1/v$, T -absolutní teplota, R -plynová konstanta, i - entalpie, r - entalpie vypařování (vnější výparné teplo), s - entropie, indexy 'c' a 'tr' značí kritický a trojný bod, označení () a ()' je použito pro veličiny na dolní a horní mezní křivce a $\pi = p/p_c, \varphi = v/v_c, \tau = T/T_c$. Aproximační funkce, z nichž lze teplotu vyjádřit explicitně, tj. **reverzibilní** funkce jsou označeny *, nejlepší z nich **, zatím nejlepší varianty od každé aproximované funkce jsou uvedeny kurzívou. Pokud není uvedeno jinak, je užita základní aproximační funkce **X80**; dále je

$$X80 = A \cdot \tau^{X1} \cdot (1-\tau)^{X2}; \quad X81 = A \cdot (\tau-\tau_{tr})^{X1} \cdot (1-\tau)^{X2}, \quad X82 = A \cdot \tau^{X1} \cdot (\tau-\tau_{tr})^{X2}, \\ X10 = (\tau-\tau_{tr})/(1-\tau_{tr}), \quad X810 = A \cdot [X10 - X(80+i)].$$

3. Závěry

Práce seznamuje s dalšími výsledky vytváření co nejjednodušších (a tedy nutně méně přesných, než jsou dosavadní komplikované) aproximací termodynamických veličin na mezní křivce kapalina-pára. S ohledem na jednoduchost aproximačních funkcí se velmi dobrých

* Doc. Ing. Zdeněk Bayer, CSc., ÚT AVČR, Dolejškova 5, 182 00 Praha 8, e-mail bayer@it.cas.cz, tel. 266 053 033, fax 286 584 595

Tabulka 1 Přehled vybraných a nových (tištěno tučně) variant aproximací funkcí vlhké vodní páry

Varianta	Označení	Aproximovaná termodynamická funkce	Aproximační funkce, exponent $X1$	Exponent $X2$	koeficient A	Střední kvadratická odchylka
A	X4A	$-\ln(\pi)/10,4933$	* -1	1	0,7213378	0,007878
B			** -1,05	1,05	0,7159325	0,003402
A	X3A	$(\rho'/\rho_c - 1)/2,104938$	** 0	0,36	1,246407	0,013796
B			* 0,52	0,52	2,021754	0,034181
F	(X81)		0,015¹⁾	0,36	1,328064	0,004215
A	X5A	$\ln(\varphi'')/11,1023$	** -0,79	0,79	0,7622741	0,020641
B			-1,14	0,57	0,5060751	0,009052
C			-1,4	0,43	0,378753	0,0011123
11C	X11	i'/i_c	** 0,85²⁾	0,85	1,440188	0,017193
G			1,0^{10,1)}	0,042	1,708502	0,004257
H	X21		1,13^{10,1)}	0,297	0,709538	0,001245
B	X12	$l - r/r_{tr}$	** 4,5²⁾	0	-----	0,029552
F	X22		1,08^{10,1)}	0,34	1,735478	0,001558
A	X13	S/s_c	* 0,89¹⁾	0	1,510715	0,012845
D	X13		0,85¹⁾	-0,015	1,385613	0,005391
E	X23		1,29^{10,1)}	0,028	1,636711	0,002046

¹⁾ - $X(80+i)$, popř. ^{1,1)} - pro rozdílové funkce $X89, X810$ kombinované s další funkcí $X(80+i)$

výsledků podařilo dosáhnout u všech základních funkcí na mezní křivce H_2O zejména u tlaku sytosti. Zhruba o řád méně přesné vycházejí aproximace reverzibilní. Další etapa vývoje tohoto typu aproximací se zaměří na kombinované funkce, které by měly dále zvýšit aplikační potenciál celého souboru.

4. Poděkování: *Problém byl řešen za laskavé podpory grantu GAČR 101/05/2536.*

5. Literatura

- [1] Reid, R. C., Prausnitz, J., Sherwood, T. K.: The properties of gases and liquids, McGraw-Hill, N. York 1977
- [2] Bayer, Z.: Description of state behavior along the critical isotherm and along the aturation curve using simple equations of state. Part III. "Engineering Mechanics 2004", National conf. with International Participation, Svratka, May 10-13, 2004
- [3] Wagner, W., Saul, M.: Correlation equations for the vapour pressure and for the orthobaric densities of Water substance, 10. ICPS, Moskva, 1984
- [4] Šifner, O., Němec, F.: Termofyzikální vlastnosti obyčejné a těžké vody. Mezinárodní standardy a zkrácené parní tabulky. Akademia Praha 1990, Studie 24.90, ČSAV
- [5] Bayer, Z.: The first variants of a new system of simple, middle accurate approximations of some state variables and derivatives of wet vapor of H_2O . "Engineering Mechanics 2005", National conf. with International Participation, May 9-12, 2005, Svratka, Czech Republic, 45,6. ISBN: 80-85918-93-5

FLOW WITHIN IDEALISED URBAN CANOPY

K. Bezpalcová¹, F. Harms², B. Leitl², Z. Jaňour¹

Summary: *The regular obstacle array of the Mock Urban Setting Test (MUST) field site in the Utah West Desert (USA) has been replicated in the large boundary layer wind tunnel at University of Hamburg. The trials run during the field campaign were repeated in the wind tunnel as well as additional measurements of flow. The strong flow inhomogeneities were observed on the vertical profiles of shear stress as well as on the horizontal mean flow for different array orientation.*

1. Introduction

The experiment Mock Urban Setting Test (MUST) was designed to be a near full-scale model of an idealized urban area imbedded in an Atmospheric Surface Layer (ASL), more realistic than wind tunnel experiments but idealized compared to real-life (described in detail in Bitoft, 2001). A wind tunnel model of MUST was then built at the Meteorological Institute at Hamburg University to prove and to extend existing turbulence and dispersion data sets. At a scale of 1:75 the mean flow and turbulence structure within regular obstacle array was simulated. The regular obstacle array of the MUST field site was replicated in the large boundary layer wind tunnel at Hamburg University.

At the beginning of the extensive measurement campaign an atmospheric boundary layer flow at model scale was established. Then a specific set of field experiments was replicated in the wind tunnel. After the validation of the model set-up by comparison with field results, systematic wind tunnel tests were carried out. Detailed flow and dispersion measurements were carried out for different wind directions and source conditions. The temporal and spatial resolution of the wind tunnel data was chosen to match as close as possible to the grid resolution of standard micro-scale numerical models.

2. Experimental details

The field measurements were carried out in September 2001 at Horizontal Grid on the U.S. Army Dugway Proving Ground. The test site and the surroundings were predominantly flat. Each obstacle was a rectangular container, with a width of 12.2 m, length of 2.42 m and height of 2.54 m. A total of 120 obstacles were placed in an aligned configuration consisting

¹ RNDr. Klára Bezpalcová, Doc. RNDr. Zbyněk Jaňour, DrSc.: Institute of Thermomechanics, Academy of Sciences of the Czech Republic, Dolejškova 5, Prague 8, 182 00, phone: +420.266 053 203, fax: +420.286 584 695; e-mail: bezpalcova@it.cas.cz

² Frank Harms, Dr. Bernd Leitl: Meteorological Institute, University of Hamburg, Bundesstrasse 55, 20146 Hamburg, Germany

of 12 rows of 10 obstacles each with an average obstacle spacing of $W = 7.9$ m in the span wise direction and $L = 12.9$ m in the lengthwise direction. Various 2D and 3D sonic anemometers and high-resolution concentration detectors were placed around, above, and throughout the array on various towers. Details of the instrumentation deployed and the experiments conducted in MUST are given in Bilstoft (2001).

A boundary layer in the scale of 1:75 which models in its lower part the mean and turbulent conditions in the field during the MUST experiment (Yee, 2004) and tabled properties (VDI Guidelines, 1999) has been generated above the model in the big wind tunnel of Hamburg University. Detailed measurements of the flow properties (i.e. shear stress profiles, development of the flow within the canopy, dependency on different wind directions, etc.) were recorded using 2D Laser Doppler Anemometry.

3. Results

The wind tunnel modelling shows good agreement with the field observations, however some contrasts were found, too. The field measurements on the main tower in the middle of the array showed the maximum of Reynolds shear stress at about 1.6 of container height, which corresponds with another field observations (Rotach, 1993; Feigenwinter, 1999). The wind tunnel modelled data pointed out the Reynolds shear stress maximum at approximately container height except of main tower, where the flow is influenced by measurement device, which was slightly higher than the containers (the height was app. 1.4 times higher).

4. Acknowledgement

This research has been carried out with financial support of the Ministry of Education of the Czech Republic via projects OC723.002, 1ET400760405, and AVOZ20760514.

5. References

- Bilstoft, C. A. (2001) Customer Report for Mock Urban Setting Test, DPG Document No. WDTCFR-01-121, West Desert Test Center, U.S. Army Dugway Proving Ground, Dugway, Utah, 58 pp.
- Feigenwinter, C. et al. (1999) Vertical structure of selected turbulence characteristics above an urban canopy, *Theor. Appl. Climatol.*, 62, pp.51-63.
- Rotach M.W. (1993) Turbulence close to a rough urban surface part I: Reynolds stress, *Boundary Layer Meteorology*, 65, pp. 1-28.
- VDI Guidelines 3783/12 (1999) Physical modelling of flow and dispersion processes in the atmospheric boundary layer, application of wind tunnels, Beuth Verlag, Berlin.
- Yee, E. (2004) Concentration Fluctuation Measurements in a Plume Dispersing Through a Regular Array of Obstacles. *Boundary-Layer Meteorology* **111**: 363–415.

IDENTIFICATION OF SOUND SOURCES IN HYDRAULIC VALVE

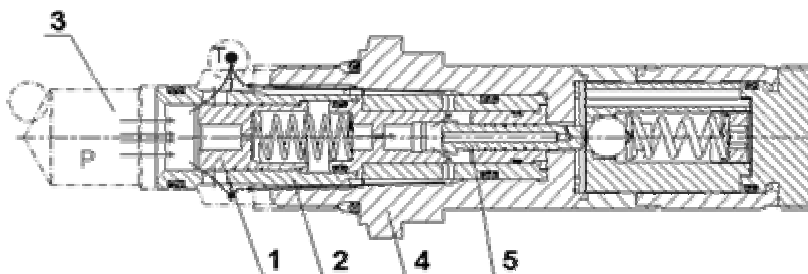
T. Blejchař*, M. Kozubková*

Summary: *The paper deals with numerical simulation of flow in hydraulic valve. For numerical modeling finite volume method applied to momentum equations of real fluid for laminar and turbulent flow respectively (Navier-Stokes equations and Reynolds equations respectively) was used. High frequency unsteady flow was generated in throttling area and was eliminated by their modification, low frequency unsteady flow was generated in piece and was shift down after modification.*

1. Úvod

Znalost proudového pole v hydraulických prvcích je důležitá pro optimalizaci daného hydraulického prvku. Důležité parametry hydraulických prvků (rozdávěčů, ventilů, ...), jako např. hydrodynamická síla, či charakteristika zdvih-průtok, se dají ovlivnit geometrickými parametry prvku, například tvarem šoupátka. Optimální tvar šoupátka z konstrukčního hlediska je ve své podstatě kompromis, neboť celá řada požadavků je protichůdných, např. úprava škrťací hrany většinou ovlivní charakteristiku zdvih průtok a pod. V poslední době se stále více uplatňují moderní numerické metody, a to jak pro výpočty deformací a použitím metody konečných prvků FEM, tak pro zjišťování proudových polí pomocí metody konečných objemů CFD.

Hydraulický tlakový ventil PCV zobrazený na obr. 1. při určitých pracovních podmínkách generuje hluk v rozmezí cca. 8-10 kHz. Ventil PCV je vestavný, tzv. cartridge a jmenovitá světlost je 10 mm. Jedná se o velice malý prvek s efektivním zdvihem 0,3 mm.



Obr. 1. Ventil PCV: 1. Šoupátko, 2. Pouzdro, 3. Komora, 4. Pole, 5. Kuželka

* Ing. Tomáš Blejchař, RNDr. Milada Kozubková, CSc.: Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, VŠB-Technická univerzita Ostrava; tř. 17 listopadu 15; 708 33 Ostrava; tel.: +420.597 321 284, fax: +420.597 324 233; e-mail: tomas.blejchar.fs@vsb.cz

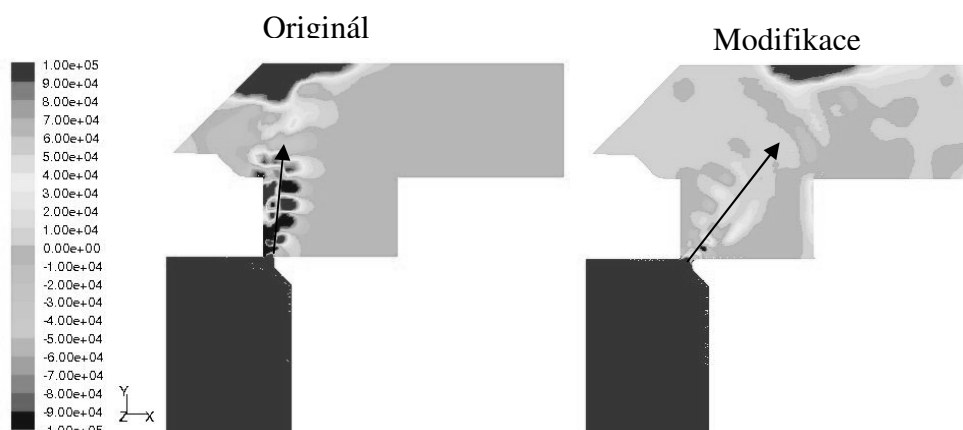
2. Matematický model proudění tekutiny

S rozvojem výpočetní techniky se začaly uplatňovat také simulace založené na řešení Navier-Stokesových rovnic. Základní rovnice popisující laminární i turbulentní režim proudění tekutin představují aplikaci základních fyzikálních zákonů. Při popisu proudění je použit zákon zachování hybnosti, zákon zachování hmoty. Zákon zachování hmoty reprezentuje rovnice kontinuity (5) a zákon zachování hybnosti reprezentují Navier-Stokesovy

3. Výsledky

Řešeny byly dvě základní varianty původní a modifikovaná. Vyhodnocení výsledků bylo provedeno v podélném řezu, tj. výpočetní oblast byla touto vyhodnocovací rovinou dělená na polovinu. Další vyhodnocení spočívalo v monitorování statického tlaku v okolí ostrých hran a také na vnější plochu ventilu. Časové záznamy pak byly vyhodnoceny FFT analýzou.

Pro relevantní vyhodnocení byly použity identické okrajové podmínky. Na následujících obrázcích jsou znázorněna tlaková pole pro původní a modifikovaný ventil. Z obrázků je zřejmý vliv zaoblení na směr hlavního proudu. V případě původní varianty hlavní proud přilne ke stěně a naráží kolmo na stěnu pouzdra. V případě modifikované varianty směřuje hlavní proud napříč kanálkem a na stěnu naráží pod úhlem cca 60°. Takže tlakové namáhání stěny pouzdra je v případě modifikované varianty menší.



4. Závěr

Cílem této práce je optimalizovat hydraulický ventil PCV. Nové výpočetní prostředky a programy pro CFD analýzy umožňují optimalizaci prvku ve „virtuálním prostředí“. Během procesu návrhu nového prvku je možné vyhodnocovat proudění v prvku a je možné se vyvarovat ve fázi návrhu nevhodným variantám. Oblast nestacionárního proudění byla na základě detailní simulace ve škrťací oblasti určena v okolí ostré hrany. Nestacionární proudění je způsobeno periodickým odplováním vírů, které se vytvářejí v okolí ostré hrany. Tato nestacionarita respektive její intenzita a frekvence je funkcí geometrických parametrů a rychlosti hlavního proudu. Hluk je tedy možné omezit změnou průtoku nebo geometrie škrťací oblasti. Vlastní frekvence je funkcí průtoku respektive tlaku a zdvihu. S rostoucím tlakem rostou také hodnoty vlastních frekvencí, s rostoucím zdvihem se snižují hodnoty vlastní frekvence. Jinak řečeno frekvence je přímo úměrná tlaku respektive průtoku a nepřímo úměrná zdvihu.

THE MULTIBODY SIMULATION OF DYNAMIC EFFECTS IN PASSENGER CAR TRAILER

J. Blekta*, J. Mevald*

Summary: *The aim of this article is to refer to numerical problems during multibody simulations. In the first part of the article, there is a three-dimensional model of a car with trailer in the software MSC.ADAMS using module Car. The second part gives a two-dimensional model of towing bracket which is compared with the model in the first part. Force effects transmitted by towing bracket while crossing known terrain obstacle are solved.*

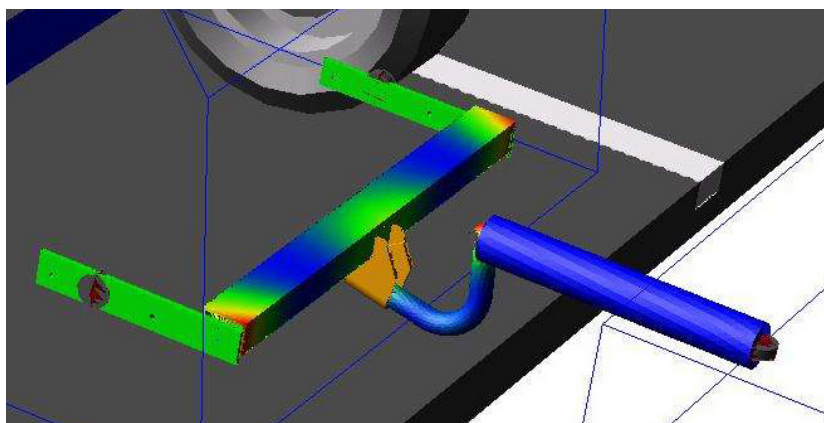
1. Úvod

Cílem příspěvku je upozornit na numerické problémy, které vznikají při simulaci podobných úloh. Byl vytvořen multibody model tažného zařízení. Bude využit pro minimalizaci silových účinků, které se během jízdy automobilu po nerovné vozovce přenáší z přívěsu do karoserie vozidla.

2. Model automobilu s přívěsem v prostředí MSC.ADAMS

Model tažného zařízení na obrázku 1 byl vytvořen v prostředí MSC.ADAMS/View implementovaném v modulu Car. Tažné zařízení tvoří zejm. příčný nosník a hák, které jsou modelovány jako pružná tělesa s využitím modulu AutoFlex.

Aby bylo možné sledovat vliv tuhosti tažného zařízení na přenos sil do karoserie, bylo třeba vytvořit několik příčných nosníků s rozdílnou tuhostí (konkrétně deset).



Obrázek 1. Model tažného zařízení osobního automobilu

* Ing. Jiri Blekta, doc. Ing. Josef Mevald, CSc: Katedra mechaniky, pružnosti a pevnosti, Fakulta strojní, Technická univerzita v Liberci, Hálkova 6, 461 17 Liberec 1, tel.: +420 485354149, fax.: +420 485354160 e-mail: jiri.blekta@vslib.cz

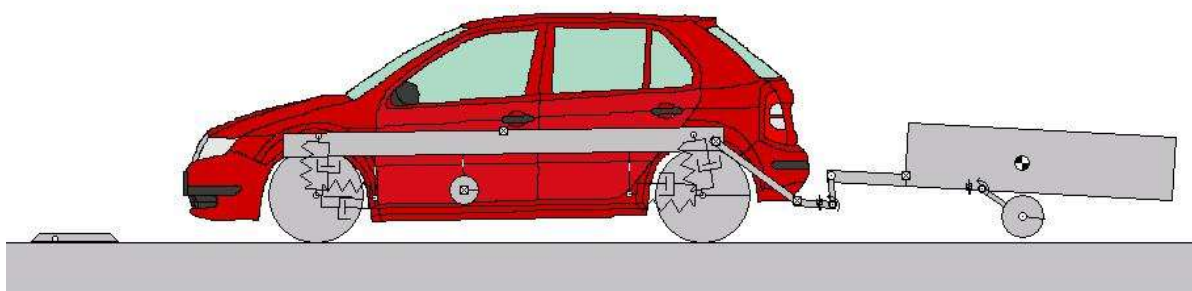
3. Simulace

Výpočet probíhá pro přejezd překážky tvaru rampy s výškou 50 mm, délkou 500 mm a nájezdovými hranami skloněnými pod úhlem 45°. Rychlost přejezdu vozidla je 30 km.hod⁻¹.

Během výpočtu se ukázala velká citlivost výsledku řešení na zvolené parametry integrační metody. Příčina je zřejmě v typu modelu, konkrétně v interakci tuhých těles s poddajnými. Ukazuje se, že v mnoha případech nastavení solveru výsledek buď nekonverguje k cíli, nebo má soustava rovnic tak špatně podmíněnou matici, že je řešení neúměrně citlivé k jakékoliv nepatrné změně na vstupu do soustavy. Výsledkem je pak „rozkmitané“ řešení, které nelze žádným způsobem využít pro identifikaci dějů, které v modelu probíhají. Nezbyvá proto než hledat takové kombinace parametrů, které u správně zvolené integrační metody zajistí co nejvěrnější výsledky numerického výpočtu.

4. Model automobilu s přívěsem v prostředí WM2D

Pro orientační ověření výsledků byl vytvořen podobný model automobilu s přívěsem a tažným zařízením v programu Working Model 2D. Jedná se o rovinný model dle obrázku 2.



Obrázek 2. Rovinný model automobilu v prostředí WM2D

5. Závěr

Porovnáním simulací obou modelů bylo zjištěno, že se charaktery průběhu přenášené síly z přívěsu do karoserie automobilu přibližně shodují. Výsledky získané ze softwaru MSC.ADAMS chceme v budoucnosti ověřit také pomocí naměřených dat. Měření na skutečném automobilu s přívěsem již proběhlo - viz příspěvek (Mevald, et. al, 2003). Dále se budeme zabývat odstraněním numerických problémů, které při simulacích nastávají a v konečné fázi optimalizací tuhosti tažného zařízení z hlediska minimalizace přenosu dynamických účinků z přívěsu do karoserie vozidla při přejezdu překážky.

6. Literatura

- Mevald, J., Barbora, J., Blekta, J., Krutský, T., 2003. Selected problems on car bogie systems simulations. *Konference Inženýrská mechanika 2003*
 Vlk, F.: Dynamika motorových vozidel. VLK, Brno 2000

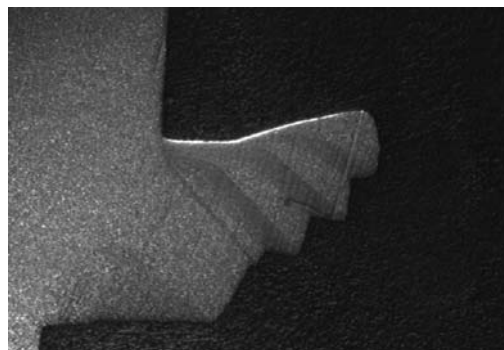
EWK RUPTURE MODEL IN THE NUMERICAL SIMULATION OF THE BOLT HEAD TRIMMING

J. Bořkovec¹, J. Petruška²

Summary: *An important phase of the bolt production is a bolt head trimming. It is a very fast, complicated process including material failure. For this type of problems the explicit solvers are widely used. The calculations presented in this paper were performed by software PAMCRASH, version 2005.1. Finite element models were created using two types of material model with fracture mechanism, strain limit model and EWK model. In the next phase the experiment was carried out. The behaviour of the cutting force and the look of the separated material were evaluated. The results compare two computational material models to each other with a help of number of eliminated elements and contact force behaviour. The comparison of the cutting force of EWK model and experiment is presented as well.*

1. Úvod

Jednou z operací při výrobě šroubů na postupových automatech je ostřížení napěchované hlavy šestihrannou ořezávací maticí. Výpočty k této práci byly prováděny v programu PAMCRASH. Ten již má v sobě obsaženo několik materiálových modelů, které umožňují porušování materiálu zahrnout do výpočtů. Tato práce se zabývá dvěma z nich, modelem Strain limit a EWK modelem, a klade si za cíl prozkoumat jejich možnosti při porušování v tlakové oblasti zatěžování.



Obrázek 1: Metalografický výbrus

2. Experiment

Ve spolupráci s firmou J-VST spol. s r.o. byl proveden experiment v poloprovozních podmínkách. Z měření byly zjištěny průběhy sil. Poté byly předány vzorky k metalografickému rozboru, ze kterého mimo jiné vyplynuly tyto skutečnosti:

- patrný tok materiálu při pěchování hlavy (obr. 1)
- pozorovatelné skluzové pásy a korespondující stupně při tvorbě „třísky“.

¹ Ing. Jan Bořkovec: Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Vysoké učení technické v Brně; Technická 2, 616 69 Brno tel.: +420-732687591, e-mail: jan.borkovec@centrum.cz

² Doc. Ing. Jindřich Petruška, CSc.: Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Vysoké učení technické v Brně; Technická 2, 619 69 Brno tel.: +420-541142858; e-mail: petruska@fme.vutbr.cz

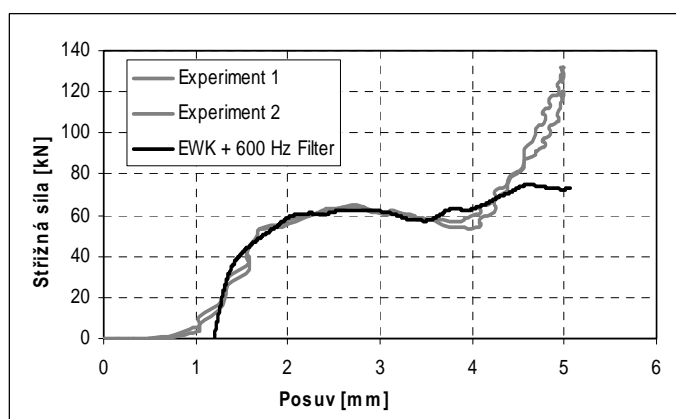
3. Výpočtové modelování

Z důvodu snížení výpočtové náročnosti byl problém redukován pouze na tenký řez v místě, kde je tloušťka ostříhovaného materiálu největší. Po tloušťce byla pouze jedna vrstva solid prvků, které měly zadané okrajové podmínky simulující rovinnou deformaci. Materiál šroubu byl popsán modelem porušování založeném na dosažení kritického přetvoření a EWK modelem, který je definován takto: Materiál se poruší, když součin dvou váhových funkcí závislých na rozložení lokálních napětí, integrovaný v závislosti na historii plastické deformace D , překročí svojí kritickou hodnotu D_c na určitém kritickém objemu R_c .

$$D = \int w_1 w_2 d\bar{\epsilon}^p$$

4. Presentace výsledků

Nejjednodušším způsobem, jak porovnat úspěšnost simulace je pohled na počet a rozmístění vymazaných elementů. Měly by být v liniích reprezentujících tenké praskliny a mělo by jich být co nejméně. Každý odmazaný element totiž znamená snížení objemu a tím také výsledné střížné síly, na kterou má zejména v poslední fázi silný vliv pěchování ostříženého materiálu mezi nástrojem a deskou. Při porovnání těchto charakteristik dosáhl lepších výsledků EWK model.



Graf 1: Porovnání EWK a experimentu

V grafu 1 jsme porovnali vypočtenou kontaktní sílu získanou výpočtem při použití EWK modelu s naměřenými daty a můžeme vidět dobrou shodu až do posuvu 3,5 mm. Poté je vypočtená síla nižší kvůli odmazaným elementům. Vzhledem k tomu, že výpočet probíhal pouze pro úzký výřez materiálu, bylo potřeba změnit měřítko síly. Určení koeficientu změny je ovšem problematické, protože tloušťka ostříhovaného materiálu se mění. Na vrcholu šestiúhelníku je téměř nulová, ve středu strany (námi počítané místo) naopak maximální. Změna měřítka byla proto provedena tak, aby došlo k co nejlepšímu kopírování průběhu naměřené střížné síly. Proto má graf vypovídací hodnotu spíše kvalitativní. K ověření kvantitativní přesnosti by bylo potřeba provést velmi náročný 3D výpočet.

5. Závěr

Výsledky ukazují, že model založený na redukováném plastickém přetvoření není pro simulaci ostříhování vhodný. To je způsobeno tím, že redukované přetvoření nerozlišuje stav napjatosti. Eliminováno je příliš mnoho prvků a tím je také odhad střížné síly příliš nízký. EWK model vykazuje mnohem lepší výsledky, které ob stojí i při porovnání s experimentem. Je dostatečně přesný, aby splnil požadavky pro uplatnění v praxi. Může pomoci úspěšně optimalizovat jednotlivé komponenty střížného procesu (opěrná deska, ostříhovací matrice) a tím přispět k jeho zefektivnění.

6. Poděkování

Tato práce vznikla v rámci projektu FRVŠ 2842/2006/G1.

PREDICTION MODELS FOR FATIGUE DAMAGE ACCUMULATION

P. Brož¹

Summary: *The prediction model of fatigue crack propagation in a structural steel is given functioning to compare results of experiments on the phenomenon mentioned subject to simple loading sequences containing single and multiple tensile overloads applied periodically between smaller, constant amplitude cycles. Furthermore, a methodology to estimate the service life of metal constructional members under variable amplitudes is expanded inclusive of the random loading.*

1. The requirement for prediction models

The prediction of fatigue traits of construction and getting out of structural fatigue were stated being engineering challenges in the initial decades of the 20th century. High stress concentrations were regarded as detrimental and should be obviating. The significance of stress concentration factors was known before 1950 and designers realized that the fatigue performance of a structure was dependent on improved detail design. The term “Designing against fatigue” was characteristic for the engineering fatigue problem. Various models were developed for the prediction of notch and size effects. Initially, the aim was to derive fatigue properties of notched elements from fatigue properties on unnotched specimens. The proposed models included a good deal of empirism. One specific goal was to predict the fatigue limit, an important fatigue property for many product of the industry. In the 1960s and afterwards a need was also felt to predict fatigue crack growth, welded structures and pressure vessels in view of fail-safe properties, service inspections and safety in general.

Prediction models on crack growth were much stimulated by the introduction of the stress intensity factor. Still another fatigue problem was associated with load spectra containing load cycles of various magnitudes, or in other words, fatigue under variable-amplitude (VA) loading. If fatigue cycles above the fatigue limit occur, crack initiation can not be avoided and a finite life is possible. A need for predictions on fatigue under VA loading was present. Several prediction problems can thus be defined. A practical problem also associated with VA-loading was the question of how long old structures could still be used without running into fatigue problems. In the second half of the previous century, this question was raised for old bridges, quite often bridges built in the 19th century. The question was whether fatigue problems should be anticipated or whether the bridge should be replaced by a new one. Bridges were frequently more hard loaded by heavy traffic than in origin expected in the design process at one time.

¹ Doc.Ing. Petr Brož, DrSc.: ČVUT v Praze, Stavební fakulta, Thákurova 7, 166 29 Praha 6;
tel.: +420 224 354 630, e-mail: petr.broz@fsv.cvut.cz

Matters coming up from the above description are associated with the reliability and accuracy of prediction models and the physical concept of fatigue damage. Prediction problems can be defined in two categories. The similarity concept (sometimes called the similitude concept) is characteristic for the first category. Fatigue damage accumulation is the starting point of the second class.

Steady safe functioning of construction under variable amplitude loading is dependent on knowledge of the characteristics of a fatigue crack in such circumstances. The VA load sequences may introduce load interaction effects raising either retardation or acceleration of fatigue crack propagation. Though responses of various materials to VA load histories have been widely investigated a long time, mechanisms accountable for the load interaction events have not been identified and comprehended in full. But still, induced plasticity crack closure has been extensively recognized being useful in qualitatively explaining crack growth transitions and empirical tendencies watched in fatigue experiments.

2. Conclusion

The strip yield simulation is able to give an account qualitatively of the experimental trends in crack growth due to the loading variables. The transient crack growth behaviour predicted by the model is in agreement with the experimental observations. In terms of crack growth lives, its accuracy is comparable to the precision reported for non-ferrous alloys under similar loading histories. Improvements of the SY model for its application to steel requires a more accurate description of the material stress-strain response. A low-carbon steel demonstrates noted load interaction influences in the course of fatigue crack growth under load sequences with periodically applied single and multiple overload cycles.

The quantity of crack growth retardation under periodic single overloads increase with an enlargement in the overload level. For multiple periodic overloads, increasing the size of the overload block enhances retardation.

3. Acknowledgements

The author gratefully acknowledges the financial support of the presented research by the Grant Agency of the Czech Republic (project No. 103/03/0655).

4. References

- Schijve, J. (2003) Fatigue of structures and materials in the 20th century and the state of art. *International Journal of Fatigue*, 25, pp. 679-702
- Skorupa, M., Schijve, J., Skorupa, A. & Machniewicz, T. (1999) Fatigue crack growth in a structural steel under single and multiple periodic overload cycles. *Fatigue Fract Engn Mater Struct*, 22, pp. 879-887
- Newman, J.C. Jr (1981) A crack closure model for predicting fatigue crack growth under aircraft spectrum loading. In: *Methods and Models for Predicting Fatigue Crack Growth under Random Loading*, ASTM STP 748, pp. 53-84
- Frost, N.E., Marsh, K.J. & Pook, L.P. (1999) *Metal Fatigue*, Dover publications, Inc. Mineola, New York

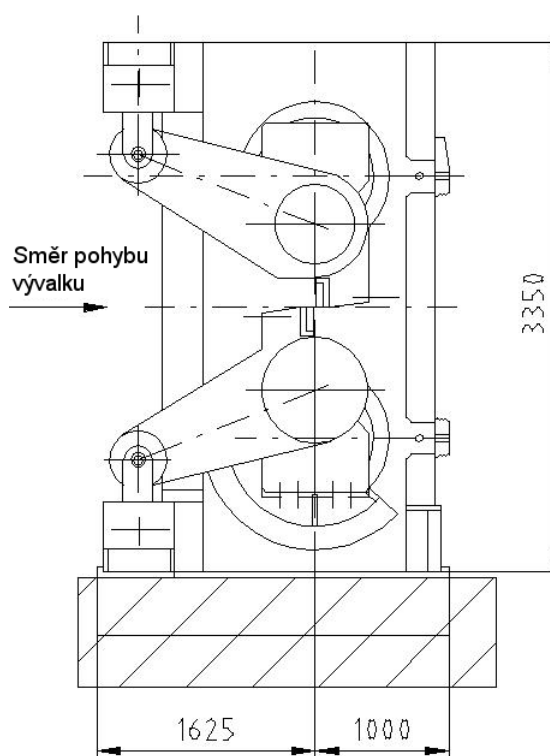
THE COMPUTATIONAL MODELING OF THE FLYING SHEARS DRIVE

A. Bubák*

Summary: *In the paper, the mathematical model of the flying shears drive is described. It consists of the four-bar linkage analysis, model of a DC motor including its current and velocity control and of the description of external loads.*

Letmé klikové nůžky jsou specifické svými nároky na dynamiku pohonů. Ty musí být schopny urychlit čtyřkloubový mechanismus nůžek během necelé jedné otáčky z klidu na rychlost vývalku, která může dosahovat 1,5-6 m/s, a po ukončení stříhu mechanismus opětovně zastavit. Střížná práce se v různých poměrech a fázích stříhu odebrává z kinetické energie akumulované v mechanismu a z energie dodávané motorem. Důležitým kritériem pro výběr velikosti motoru je požadavek, aby vodorovná složka rychlosti nože neklesla během stříhu pod rychlost vývalku. Vzhledem k tomu, že se jedná o velmi rychlý děj, při kterém hrají roli i takové faktory, jako např. reálná rychlost nárůstu proudu ve vinutí motoru nebo tahová deformace vývalku vzniklá v důsledku nestejně vodorovné rychlosti nože a vývalku, jsou tradičně používané výpočtové vztahy založené na bilanci celkových energií poměrně nepřesné. Z toho důvodu byl sestaven parametrický simulační model pohonu nůžek založený na časové analýze fáze rozběhu i stříhu, který usnadňuje vývojářům především volbu počtu motorů, jejich kroutících momentů a převodových poměrů vložených převodů. V omezeném rozsahu (zatím) pak umožňuje určitou optimalizaci rozměrů klikového mechanismu.

Vzhledem k tomu, že matematický model pohonu je soustavou 33 algebro-diferenciálních rovnic, byl pro řešení zvolen simulační software DYNAST. Příspěvek je zaměřen na popis jednotlivých částí simulačního modelu.



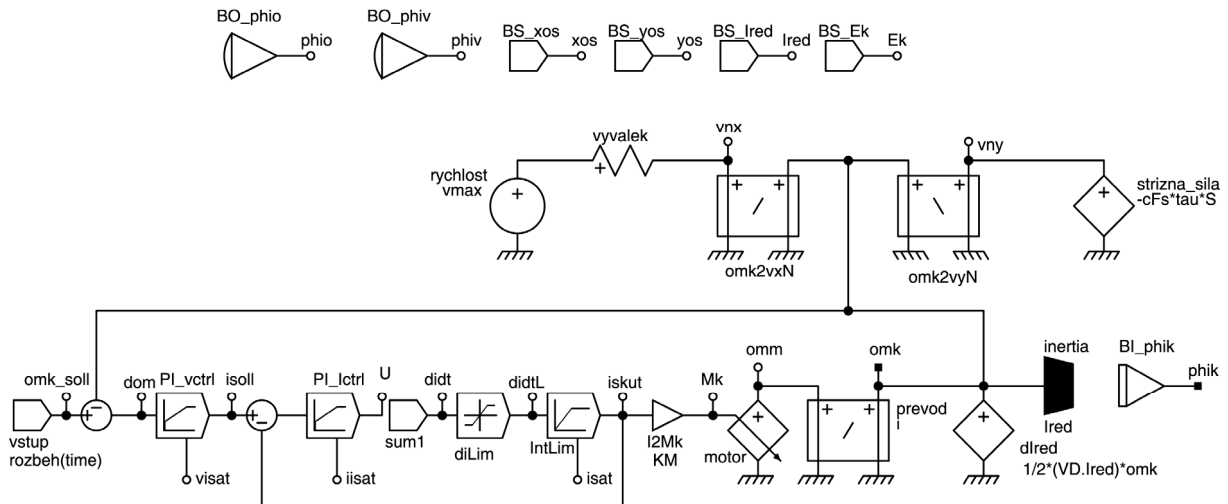
Obr.1: boční pohled na čtyřkloubový mechanismus letmých klikových nůžek

* Ing. Antonín Bubák, Ph.D., ŽĎAS, a.s.; Strojírenská 6; 591 71 Žďár nad Sázavou; tel.: +420 566.643 461, fax: +420 566 642 817; e-mail: a.bubak@volny.cz,

Základem modelu pohonu letných nůžek je matematický popis pohybu čtyřkloubového mechanismu, který je získán standardní metodou řešení pohybu soustav tuhých těles v následující posloupnosti:

- výpočet polohy hnaných členů v závislosti na poloze hnacího členu
- výpočty rychlostí a zrychlení hnaných členů
- sestavení pohybových rovnic, výpočty vnějších sil a momentů

Model je dále doplněn o rovnice stejnosměrného (DC) motoru, jeho proudové a otáčkové regulace a v neposlední řadě o popis silového zatížení nůžek během stříhu skládajícího se ze střížné síly a tahové síly ve vývalku.



Obr.2: Simulační diagram pohonu nůžek sestavený kombinací blokového a mnohápólového modelování v programovém prostředí DYNASTu

Simulační model pohonu nůžek byl vytvořen v rámci technického rozvoje f. ŽĎAS, a.s. v průběhu roku 2005. Umožňuje s velkou přesností vypočítat potřebné údaje pro volbu co možná nejvhodnějšího pohonu klikových nůžek a minimalizovat tím zbytečné výkonové rezervy pohonu, což je důležité z hlediska snížení pořizovacích nákladů výrobku.

Literatura

- [1] Souček,P.: *Servomechanismy ve výrobních strojích*. ČVUT, Praha 2004.
- [2] Interní literatuta f. ŽĎAS, a. s.

MECHANICAL PROPERTIES OF TOTAL KNEE REPLACEMENT

Cs. Budinszky*, Z. Florian**

Summary: Development of optimal total knee replacement routes to keep all functions of knee joint by a surgical implant with the simplest construction. Its main attributes are the following ones: movement, stability and painlessness, of course. Present alloplasties of knee joint confirm the superiority of clinical usage of condylar replacement which mostly route to the natural shape of knee and to cementless application. On the other hand the worldwide results are short-term activities to define clear prediction of these new progressive methods. This study is concentrated for building distal part of femur, proximal part of tibia, and total knee replacement.

1. Úvod

Od počátku aplikace totálních endoprotéz kolenního kloubu byla v řadě biomechanických pracovišť, na různé rozlišovací úrovni, provedena mechanická analýza kolenního kloubu s aplikovanou totální endoprotézou. Tyto analýzy byly zpravidla prováděny pro získání obecných závislostí nebo se zabývaly konkrétním problémem klinického pracoviště. Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky již dlouhou dobu spolupracuje na řešení řady biomechanických problémů s Ortopedickou klinikou fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně. Jednou s nejaktuálnějších oblastí tvoří problémy na totální endoprotéze kolenního kloubu.

Implantacemi náhrad kolenního kloubu se mimo jiné zabývá i Fakultní nemocnice u Sv. Anny v Brně. Ortopedové provádí přibližně 500 operací ročně týkající se náhrady kolenního kloubu. Mezi často používané totální endoprotézy na tomto pracovišti patří náhrada typu Walter Univerzál a náhrada typu P.F.C. SigmaTM, které jsou předmětem našeho studia.

Cílem předložené práce je tedy napětově deformační analýza kolenního kloubu s aplikovanou totální endoprotézou, se zaměřením na stykové poměry mezi femorální a tibiální komponentou u dvou uvedených typech náhrad.

Řešení je provedeno na základě výpočtového modelování s využitím metody konečných prvků. Výpočtový model kolenní soustavy je realizováno v programovém systému Ansys, verze 8.1. Z důvodu vysoké složitosti geometrie soustavy je nutné problém řešit jako 3-D úlohu.

2. Model geometrie

Na základě zkušeností z oblasti tvorby modelu geometrie komponent totální endoprotézy, kde se ukázalo se, že malá změna křivosti na artikulárních plochách protézy má za následek velmi

* Ing. Csaba Budinszky, ÚMTMB, Fakulta strojního inženýrství, Technická 2, 616 69 Brno, Tel.: +420-5-41142804, e-mail: ybudin00@stud.fme.vutbr.cz,

** Ing. Zdeněk Florian, CSc., ÚMTMB, Fakulta strojního inženýrství, Technická 2, 616 69 Brno, Tel.: +420-5-41142863, e-mail: florian@umt.fme.vutbr.cz

odlišné výsledky ve výpočtech, jsme vycházeli z dat získané pomocí optického 3-D skeneru ATOS. Bezkontaktní a na typu materiálu téměř nezávislá 3-D optická digitalizace objektů je doposud jednou z nejpřesnějších metod měření (odchylky řádově 50 μm).

3. Modely materiálů

Materiálové charakteristiky jednotlivých komponent kolenní soustavy byly určeny na základě publikované literatury. Byly použity izotropní, lineárně pružné materiálové modely.

4. Konečnoprvkový model

Protože komponenty geometrického modelu totální endoprotézy jsou tvarově velmi složité, nebylo možné vytvořit mapovanou síť a byla vytvořena síť volná. V potenciálních místech kontaktu mezi femorální a tibiální komponentu byly aplikovány kontaktní prvky.

5. Model vazeb a zatížení

Při zatížení kolenní soustavy se vycházelo na základě tzv. „modelu zatížení nižší úrovně“. Představuje to stoj na jedné dolní končetině a uvažuje se působení pouze femoro-tibiální osové síly.

6. Závěr

Lze poukázat na značný rozdíl mezi totální endoprotézou P.F.C. SigmaTM a náhradou Walter Univezál a to z hlediska místa kontaktu mezi femorální komponentou a tibiálním patem.

Místo styku femorální a tibiální komponenty u náhrady PS varianty je cca. 28mm mediálně a laterálně od osy symetrie tibiální komponenty, a má oválný tvar orientovaný v anterior-posteriorním směru o délce cca. 30mm a šířce cca. 5mm.

Oblast kontaktu mezi femorální a tibiální komponentou u náhrady typu Walter Univerzál se nachází cca. 20mm mediálně a laterálně od osy symetrie tibiálního dřívku. Tvar kontaktní plochy se přibližuje kruhovému tvaru o průměru cca. 10mm.

7. Poděkování

Uvedená práce byla podporována grantem GAČR 101/05/0136.

8. Literatura

- Chu, T. *An Investigation on Contact Stresses of New Jersey Low Contact Stress (NJCS) Knee Using Finite Element Method*. Journal of System Integration 9, 187-199, 1999.
- KneeReplacement.com, [online]. únor 2006 [cit. 10. březne 2006]. Dostupné na World Wide Web:<<http://www.kneereplacement.com>>.
- Návrat, T., Florian, Z. *Experimentální zkoušení mechanických vlastností konstního cementu*. Experimentální analýza napětí (EAN) 2003.
- Rybka, V., Vavřík, P. *Aloplastika kolenního kloubu*, Arcadia, Praha, 1993.
- University of Michigan, Biomaterials Properties Database [online]. Aktualizovaný 1997 [cit. 20. ledna 2006]. Dostupné na World Wide Web:< <http://www.lib.umich.edu/> >.
- Villa, T. et al. *Contact stresses and fatigue life in a knee prosthesis: comparison between in vitro measurements and computational simulations*. J. of Biomechanics 37, 45-53, 2004.
- Walter Medica, a.s. [online]. listopad 2005 [cit. 12. prosince 2005]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.endoimplant.cz/walter.html>>.

MODELLING AND DYNAMICAL ANALYSIS OF GEAR DRIVES VIBRATION CONSIDERING THE INFLUENCE OF NONLINEAR COUPLINGS

M. Byrtus, V. Zeman¹

Summary: *The aim of this contribution is to take into account the influence of nonlinear couplings in the gear drive and create a general mathematical model for an arbitrary gearbox using the modal synthesis method with DOF number reduction. The stress is laid on modelling of nonlinear gear and bearing couplings and their influence on the system response to the internal excitation. The bearing model respects real number of rolling bodies and nonlinear contact forces acting between journals and the outer housing. As a result of nonlinear couplings, vibrations accompanied by impact motions, bifurcation of solution and chaotic motions are studied.*

1. Introduction

Large rotating systems, especially gear drives and gearboxes occur as parts of many mechanical devices on one hand. But they are representans of main excitation sources on the other hand. Their vibration analyses are commonly performed with the assumption of small deformations and linearized coupling forces. This assumption is not correct for certain operational states when the influence of coupling nonlinearities is dominant. Therefore the nonlinear models of gear and bearing couplings are developed and the influence of coupling nonlinearities is investigated. The presented method subsequently allows the noise radiation analysis as Hajžman and Byrtus (2006) have shown.

2. Modelling of large rotating systems

The mathematical model of the large rotating system is created using a methodology based on a system decomposition, application of modal synthesis method presented e.g. in Zeman and Hlaváč (1995) and separate modelling of various couplings. Such system can be generally decomposed into rotor subsystems ($s = 1, \dots, S - 1$) and stator subsystem ($s = S$) mutually joined by gear and bearing couplings.

The final model of the system can be rewritten in configuration space of master modal coordinates, in global condensed form

¹ Ing. Miroslav Byrtus, Prof. Ing. Vladimír Zeman, DrSc., Department of Mechanics, Faculty of Applied Sciences, University of West Bohemia in Pilsen, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň, tel. +420 377 63 23 15, e-mail: byrtus@kme.zcu.cz

$$\begin{aligned} \ddot{\mathbf{x}}(t) + \left(\mathbf{B} + \omega_0 \mathbf{G} + \mathbf{V}^T (\mathbf{B}_B + \mathbf{B}_G) \mathbf{V} \right) \dot{\mathbf{x}}(t) + \left(\mathbf{A} + \mathbf{V}^T (\mathbf{K}_B + \mathbf{K}_G) \mathbf{V} \right) \mathbf{x}(t) = \\ = \mathbf{V}^T \left(\sum_i \sum_j (\mathbf{c}_{i,j} f_{i,j}(\mathbf{q}) + \mathbf{c}_{i,j}^{ax} f_{i,j}^{ax}(\mathbf{q})) + \sum_{z=1}^Z \mathbf{c}_z F_z^N(t, \mathbf{q}) + \mathbf{f}_G(t) + \mathbf{f}_E(t) \right), \end{aligned}$$

where

$$\mathbf{B} = \text{diag} \left({}^m \mathbf{V}_s^T \mathbf{B}_s {}^m \mathbf{V}_s \right), \quad \mathbf{G} = \text{diag} \left(\frac{\omega_s}{\omega_0} {}^m \mathbf{V}_s^T \mathbf{G}_s {}^m \mathbf{V}_s \right), \quad \mathbf{V} = \text{diag} \left({}^m \mathbf{V}_s \right)$$

are block diagonal matrices ($\omega_s = 0$ holds for the stator subsystem) and $\mathbf{A} = \text{diag} \left({}^m \mathbf{A}_s \right)$ is diagonal matrix composed of spectral submatrices ${}^m \mathbf{A}_s \in \mathbb{R}^{m_s, m_s}$ of the subsystems. Matrices \mathbf{K}_B , \mathbf{B}_B and \mathbf{K}_G , \mathbf{B}_G describe the linearized part of bearing and gear coupling forces, respectively. The function $f_{i,j}$ ($f_{i,j}^{ax}$ for axial bearing) expresses nonlinear dependence of force transmitted by each rolling-element on its deflections and possibility of rolling-element contact loss in radial and axial direction. Vector $\mathbf{c}_{i,j}$ describes the geometry of bearing elements contact. The nonlinear part of each gear coupling is described by the function F_z^N that expresses gear mesh interruption and impacts motions in gearing. The geometry of gear mesh is characterized by the vector \mathbf{c}_z . The vector $\mathbf{f}_G(t)$ describes the internal kinematic excitation generated in gear meshings and $\mathbf{f}_E(t)$ is the global vector of external excitation.

3. Dynamical Analysis

The aim of dynamical analysis is to investigate the behaviour of the nonlinear system in dependence on chosen system parameters. We are concerned with the qualitative analysis of the system vibrations caused by the internal kinematic excitation generated in gear meshings, influenced by gear mesh interruption and nonlinear bearing couplings. The methodology was applied to a simple test-gearbox. It was shown that in the operational area exist periodical solutions that may bifurcate to other periodical solutions with different number of maxima and with different number of impacts per one period of motion, or they may overcome to regions with chaotic motions that are very interesting from the practical point of view.

4. Conclusion

The presented methodology of the large rotating systems modelling allows to investigate the influence of nonlinear gear and bearing couplings on complex behaviour of the system.

This work was supported by the research project MSM 4977751303 of the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic.

5. References

- Hajžman, M. & Byrtus, M. (2006) Noise radiation of large rotating systems with nonlinear gear couplings. *Proceedings of the 8th International scientific conference Applied mechanics*.
- Zeman, V. & Hajžman, M. (2005) Modelling of shaft system vibration with gears and rolling-element bearings. *Proceedings, Colloquium Dynamics of Machines 2005*.
- Zeman, V. & Hlaváč, Z. (1995) Mathematical modelling of vibration of gear transmissions by modal synthesis method. *Proceedings of the Ninth World Congress on the Theory of Machines and Mechanisms*, Vol. 1, pp 397-400, Politechnico di Milano, Italy.

RHEOLOGIC MODEL OF MECHANICAL PROPERTIES OF POLYURETHANE FOAM

D. Cirkl ¹

Summary: *Paper deals with definition of polyurethane (PU) foam simulation rheologic model with concentrated parameters. The model includes elastic forces, viscoelastic components and frictional damping. It is successfully verified with real data measured on PU foam specimen kinematically excited with triangle and harmonical course of displacement.*

1. Introduction

Polyurethane foam has become a traditional and very extensively used material in many branches. It is predominantly used in driver seat production. For computer simulated statical or dynamical comfort of seating it is necessary to describe its properties in sufficient degree which this paper deals with.

Properties of polyurethane foam were investigated on opened cells PU foam specimen of cubic shape with size (100×100×50) mm, density 55 kg/m³, made from material TDI.

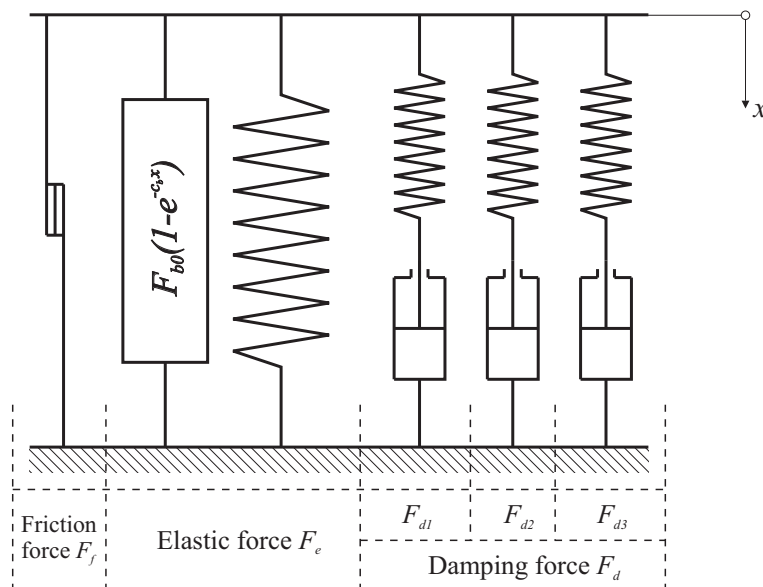
The specimen was inserted into two parallel rigid plates and deformed by means of hydraulic actuator. Kinematic displacement excitation $x(t)$ has a triangle shape with constant amplitude $A = 19.5$ mm, constant mean value $A_0 = A = 19.5$ mm and frequency varied in range $f = (0.01 \div 1.28)$ Hz. It is given by equation (1), where $T = \frac{1}{f}$ is period of excitation and $n = 0, 1, 2, \dots, \infty$ means number of periods.

$$x(t) = \begin{cases} \frac{4A}{T}(t - nT) & \text{pro } t \in \langle nT; nT + T/2 \rangle \\ -\frac{4A}{T}(t - (n + 1)T) & \text{pro } t \in \langle nT + T/2; (n + 1)T \rangle \end{cases} \quad (1)$$

2. Conclusion

Rheologic model of polyurethane foam was developed in this article (see fig. 1). How verification shows this kind of model definition leads to satisfactory results. In case of verification for triangle course of displacement with little variation of exciting signal parameters (only exciting frequency was varied) the achieved results were very accurate. From the verification in

¹ Ing. David Cirkl, Ph.D., Technical University of Liberec, Komenského 2, 460 17, Liberec, tel.: +420 485 354 150, e-mail: david.cirkl@tul.cz

Figure 1: Scheme of PU material model for $m=3$

case of harmonic exciting signal with highly varied signal parameters (mean value, amplitude, frequency) follows that for satisfactory accuracy of simulation in all range of parameters variation it is necessary to set some model constants different from those in triangle excitation. This mean that the desired accuracy of this model is possible to guarantee in predetermined type and scope of excitation.

3. Acknowledgment

The support of project MSM 4674788501 is gratefully acknowledged.

4. References

- [1] Cirkl D.: Mechanical properties of polyurethane foam. *Ph.D. thesis* (in Czech), Technical university of Liberec, Liberec 2005.

WHIRL FLUTTER ANALYSIS OF THE COMMUTER AIRCRAFT AEROELASTIC MODEL WING – ENGINE COMPONENT

J.Čeřrdle *

Summary: *The submitted paper deals with whirl flutter of turboprop aircraft. It gives a summary of the airworthiness regulations requirements and the theoretical background concerning the mentioned aeroelastic phenomenon. The whirl flutter analysis was performed by means of the NASTRAN program system supported by other specialized software packages. The analysis was made on an aeroelastic model of the wing – engine component of a commuter aircraft for 40 passengers.*

1. Introduction

Whirl flutter is a dynamic aeroelastic phenomenon, which may occur on the turboprop engine powered aircraft. Rotating parts like propeller or turbine increase the number of structural DOFs and causes additional forces and moments. Moreover it causes a complicated flow field and interference effects between wing, nacelle and propeller. Whirl flutter may cause the propeller mounting unstable vibrations, even failure of the engine, nacelle or whole wing

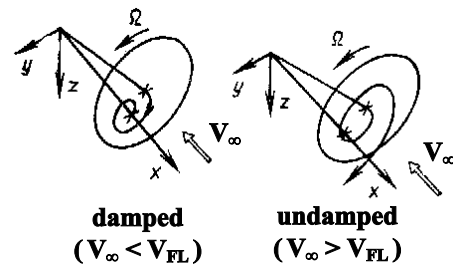


Fig.1 - Stable and unstable state of gyroscopic vibrations

2. Theoretical Background and Analysis of the L 610 Aircraft Aeroelastic Model

Engine flexible mounting is represented by two rotational springs (stiffness K_ψ , K_Θ). Propeller is considered as rigid, rotating with angular velocity Ω . System is in the airflow of velocity V_∞ . Considering the propeller rotation, the system become to the characteristic gyroscopic motion. The propeller axis makes an elliptical movement. The orientation is backward or forward relatively to the propeller rotation (backward or forward whirl mode). The mode shapes are complex. Condition of real mode shapes corresponds to the no total damping of the system. States of stability are explained in fig.1. The limit means ($V_\infty = V_{FL}$).

The equations of motion were set up by means the Lagrange approach, the final whirl flutter matrix equation will become:

$$\left(-\omega^2 [M] + j\omega \left([D] + [G] + q_\infty F_p \frac{D_p^2}{V_\infty} [D^A] \right) + ([K] + q_\infty F_p D_p [K^A]) \right) \times \begin{bmatrix} \bar{\Theta} \\ \bar{\Psi} \end{bmatrix} = \{0\} \quad (1)$$

The limit state emerges for the combination of parameters V_∞ and Ω , when ω is real.

Whirl flutter solution by means of the NASTRAN program system grounds on the Strip Aerodynamic Theory for the propeller at the windmilling mode. Propeller is assumed rigid. For the rest structure is used Wing – Body Interference Aerodynamic Theory. For the flutter

* Ing. Jiří Čeřrdle, Ph.D.: Aeronautical Research and Test Institute (VZLU); Beranových 130; 199 05 Praha – Letňany; tel.:(+420) 225 115 123; fax:(+420) 283 920 018; e-mail: ceerdle@vzlu.cz

stability solution is used PK method. NASTRAN whirl flutter DMAP procedure is supplemented by the external preprocessor for calculation of the propeller aerodynamic matrices and optionally for calculation of the down / side wash effects. The output data processing is possible by means of the external postprocessor program.

The task regarding the whirl flutter this paper is focused on is the calculation of the L 610 aircraft aeroelastic model (42 seat twin turboprop engine transport aircraft, 1/5 length scale). Calculation of the whirl flutter was performed on the model of the wing – engine system. Task includes the down / side wash effects and dynamic characteristics of the wing (up to 10 modes). Model was verified using results of the modal tests and wind tunnel flutter tests. At first, the calculation of cantilevered engine with mount-isolators and engine bed were performed to obtain the flutter and divergence areas. The next preparatory step was the calculation of the ordinary flutter with no gyroscopic effect. The two types of flutter instability were found. The first one is the bending – torsion – aileron flutter on the antisymmetric suspension. For the combination without aileron flapping mode, the above-mentioned instability changes to the wing bending flutter on the antisymmetric suspension. Also the divergence of the wing suspension was found.

The final whirl flutter calculations were performed at the three steps (no downwash, downwash included, down and side wash included). The whirl flutter instability occurred for critical combination of two engine vibration modes. The influence of the downwash effect is slightly stabilizing; the influence of the sidewash effect is barely noticeable. The representative results v-g diagram is presented in fig.2.

3. Conclusion and Acknowledgements

The submitted paper deals with the aircraft structure whirl flutter problems. It describes the theoretical aspects and analysis by means of NASTRAN and other auxiliary program systems. The results are in accordance with the theory.

The paper was prepared in the frame of the project “Research on Strength of Low-weight Structures with Special Regard to Airplane Structures” funded from the Czech Ministry of Education, project number MSM 0001066903.

4. References

- Houbolt, J.C. – Reed, W.H. (1962) Propeller – Nacelle Whirl Flutter, Journal Aerospace Sciences, Vol.29, 1962, pp.333 – 346
- Forsching, H.W. (1984) Grundlagen der Aeroelastik (translation: Osnovy Aerouprugosti), publ. Mašinstroenie Moscow, IB 3112
- Rodden, W.P. – Rose, T.L. (1989) Propeller / Nacelle Whirl Flutter Addition to MSC/NASTRAN, Paper No.12, Proceedings of the 1989 MSC World User’s Conference, Universal City, Ca.,U.S.A., March 1989

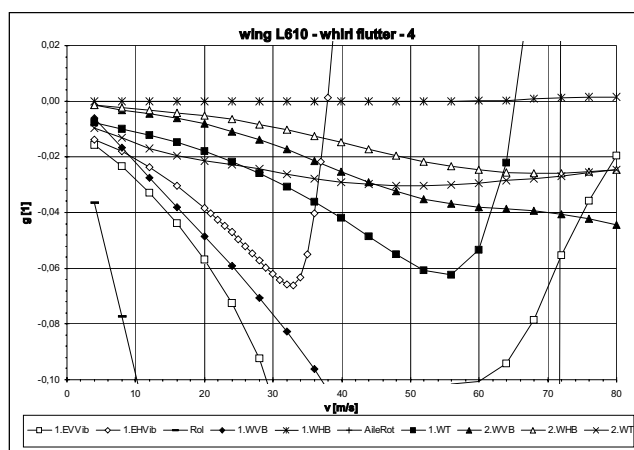


Fig.2 – v-g diagram – whirl flutter with downwash effect, also aileron flutter and divergence

THE EXPERIMENTAL APPARATUS FOR MEASUREMENT OF CHARACTERISTICS OF MAN-OPERATOR OF SPECIAL MAN-MACHINE SYSTEM

V. Čech¹, J. Jevický²

Summary: *This paper follows-up our papers which were published in IM 2004 and IM 2005 proceedings. The structure of the experimental apparatus software is presented in this paper. The experiments, which will realize with using of this apparatus, make possible to improve the special mathematical models of man-operator. These models are necessary for control advancement of special servomechanisms – man-machine systems.*

1. Úvod

Senzorický systém na bázi pasivního optoelektronického dálkoměru (POED) – dále SS POED – je jedním ze senzorických systémů, které mohou být používány v mechatronických systémech. SS POED umožňuje získávat informace o poloze jednotlivých objektů v pozorované scéně a to jak vůči SS POED, tak i navzájem. Dalším zpracováním těchto informací je možno dosáhnout tzv. vnímání hloubky scény (depth perception).

SS POED se obecně skládá z kanálu dálky (systému rozpoznávání objektů a měření dálky k nim) a z kanálu směru (systému zamerování a sledování cíle – vybraného objektu). V našem příspěvku se zabýváme problematikou spojenou s činností kanálu směru.

Je-li pozorovaná scéna dostatečně složitá a dokonce i v čase proměnná, musí fázi učení SS POED realizovat operátor. V této fázi identifikuje cíl a tento v poloautomatickém režimu práce kanálu směru sleduje po takovou dobu, než podsystém automatického rozpoznávání cíle kanálu dálky zvládne svůj úkol a převezme jeho sledování. Operátor musí převzít řízení i v případě, když cíl zmizí na delší dobu za překážkami. Z uvedeného je zřejmé, že vlastnosti a schopnosti operátora jsou kritické pro práci SS POED ve složitých podmínkách. Je tudíž vhodné doplnit systém o prvky, které zefektivňují proces učení operátora a vlastní proces řízení operátorem – sledování cíle. K vytvoření těchto prvků je nutno mít co nejvíce informací o operátorovi jako prvku regulačního obvodu.

Uvedené důvody, ale i další, vedly k nutnosti vytvoření simulačního zařízení (SKS - *simulátoru kanálu směru*), které umožňuje poznávat vlastnosti operátora v interakci se simulovanými vlastnostmi konkrétní technické části kanálu směru a simulovaným scénářem.

V příspěvku se zabýváme především SW částí simulátoru.

¹ Doc. Ing. Vladimír Čech, CSc., poradce, Pavlovská 35, 623 00 Brno, e-mail: cech.vladimir@post.cz

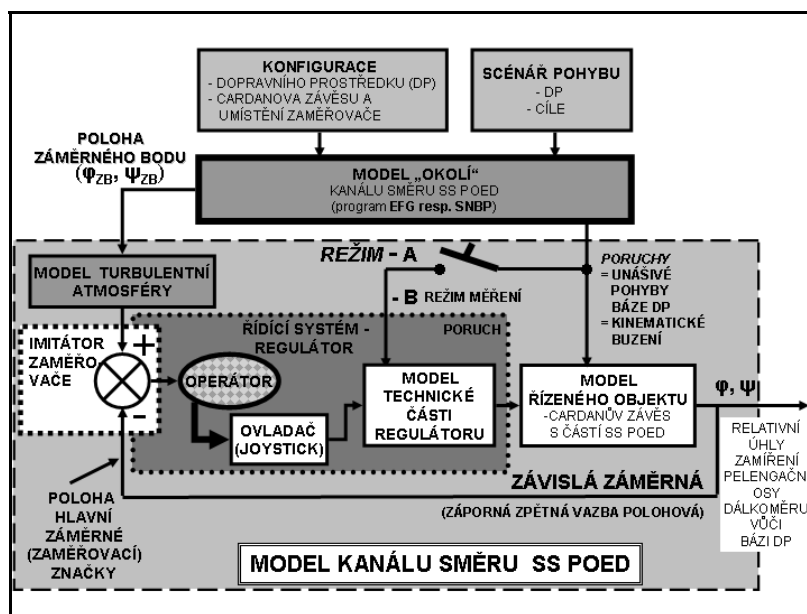
² Doc. RNDr. Jiří Jevický, CSc., Univerzita obrany v Brně, Kounicova 65, 612 00 Brno, e-mail: jiri.jevicky@unob.cz

2. Software simulátoru kanálu směru – SKS

Základní struktura SW simulátoru kanálu směru (SKS) je uvedena na obr. 1. SW se skládá ze dvou základních částí:

- modelu „okolí“ (samostatný program EFG resp. novější SNBP) a
- model kanálu směru SS POED (vlastní SW simulátoru).

Program EFG resp. SNBP generuje všechna potřebná vstupní data pro práci modelu kanálu směru SS POED. Data jsou předem vypočtena jako časové řady jednotlivých parametrů a vypálena na CD ve formátu *.txt.



Obr. 1 Základní struktura SW simulátoru kanálu směru (SKS) veličiny

Vlastní systém zamerování (kanál směru) lze charakterizovat (Obr.1) jako nepřímý regulátor resp. nelineární neautonomní dvourozměrný polohový servomechanismus resp. nelineární neautonomní systém řízení v uzavřeném obvodu (regulace) se dvěma regulovanými veličinami a to (relativním) náměrem φ a (relativním) odměrem ψ pelengačních os SS POED. Režim motorického pohonu má dva dílčí režimy – režim bez měření poruch - „A“ tzv. *režim zamerování (navádění, sledování)* a režim s měřením poruch - „B“ tzv. *režim stabilizace*.

3. Závěr

V příspěvku informujeme o účelu a základní struktuře simulátoru kanálu směru SS POED. V následujících publikacích se soustředíme na prezentování výsledků měření realizovaných s využitím tohoto zařízení.

4. Poděkování

Tato práce vznikla za podpory z finančních prostředků Výzkumného záměru Fakulty vojenských technologií Univerzity obrany číslo FVT0000402: „Výzkum pasivních optoelektronických systémů automatického sledování cíle pro systémy řízení palby“.

POWER GRIP OF HAND

J. Čulík*

Summary: *The mechanical model of power grip of a human hand is described in the paper. The model consists from stiff bones of finger links and tendons and it enables calculation of stress state at bones and forces at tendons. They are solved two types of power grip: the power grip of some object, for example the tongs and power grip of bar of hanging man.*

1. Introduction

The aim of paper is a calculation of the stress state at hand bones and hand tendon forces as an effect of the power grip the object for example the tongs.

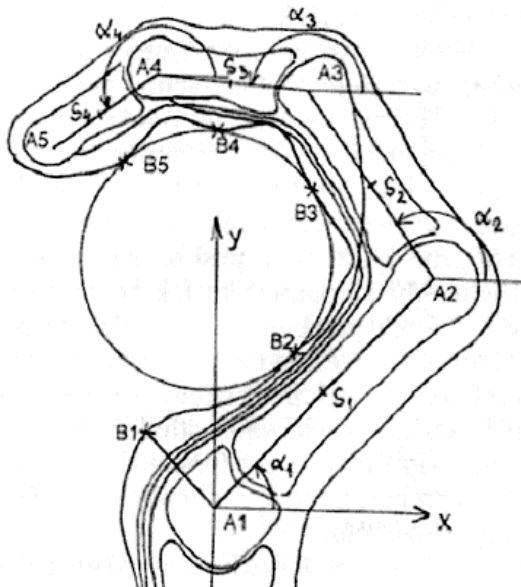


Fig. 1. Schema of object grip

We suppose: the hand clamps the object between wrist and n^{th} (2nd, 3rd, 4th) link finger, diameter of clamped object is a free parameter, thumb doesn't work, the finger link lengths make Fibonacci's sequence, tendons are at tendon vaginas and follows finger bones form and tendon curvature has near the joints radius r , f_{ij} is perpendicular distance from joint center. No friction is at tendon vaginas. The fingers are numbered from the forefinger and the finger link from wrist. No bending moments are at finger joints. Each finger links has its own flexor and extensor. Bones are ideal stiff and tendons are ideal flexible. Metacarpal part is solved as one joint. The 1st finger links are connected (corpus ossis metacarpalis), there bounding enable a small difference of their slopes.

2. Geometry of hand power grip and stress state

The fig. 1 shows object grip schema, $A_i(x_i, y_i)$ are turning center of finger links, $B_i(X_i, Y_i)$ are connection points between object and finger surface, $S_i(x_{is}, y_{is})$ are bone links axis centers. The coordinates of points A_i can be calculated from

$$x_{i+1} = x_i + L_i \cos \alpha_i, y_{i+1} = y_i + L_i \sin \alpha_i \quad (1)$$

α_i is slope of i^{th} finger link and L_i is its length. The position of poits B_i are

$$X_1 = -r_1 v \frac{y_2}{L_1}, Y_1 = r_1 v \frac{x_2}{L_1}, X_{i+1} = \frac{x_i + x_{i+1}}{2} - r_i v \frac{y_{i+1} - y_i}{L_i}, Y_{i+1} = \frac{y_i + y_{i+1}}{2} + r_i v \frac{x_{i+1} - x_i}{L_i} \quad (2)$$

* Prof. Eng. Jan Čulík, DrSc.: Faculty of Biomedical Engineering, Czech Technical University of Prague; Sítňá_3105, 272 01 Kladno; tel.: +420.312 608 208, fax.: +420.312 608 204; e-mail: culik@fbmi.cvut.cz

r_i is bone radius and v is parameter which defines distance between finger surface and bone axis.

Rotation angles α_i of bone link axis are

$$\beta = \alpha_2 - \alpha_1, \alpha_2 = \alpha_1 + \beta, \alpha_3 = \alpha_1 + (1+k)\beta, \alpha_4 = \alpha_1 + (1+1,5k)\beta \quad (3)$$

Angle β will be determined to be distance between B_1 a B_{n+1} equal size of grip object d , the value of k is calculated to be for $d=0$ the points B_1 a B_{n+1} at the same position, it means that for its distance is valid

$$\begin{aligned} \Delta x &\equiv L_1 + L_2 \cos \alpha_2 + \dots + \frac{L_n}{2} \cos \alpha_n - r_n v \sin \alpha_n = 0 \\ \Delta y &\equiv L_2 \sin \alpha_2 + \dots + \frac{L_n}{2} \sin \alpha_n + r_n v \cos \alpha_n - r_{c,1} v = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

If the formulas (3) are set to (4) (the 1st approximation is $\alpha_1 = 0$), we have the system of equation with unknowns β and k which can be solved with help Newton's iteration method. Now we rotate the hand to be the grip force F vertical

$$\text{tg} \alpha_1 = \frac{X_{n+1}}{Y_{n+1} - vr_1}$$

The geometry of hand finger position for power grip of round post can be determined likewise.

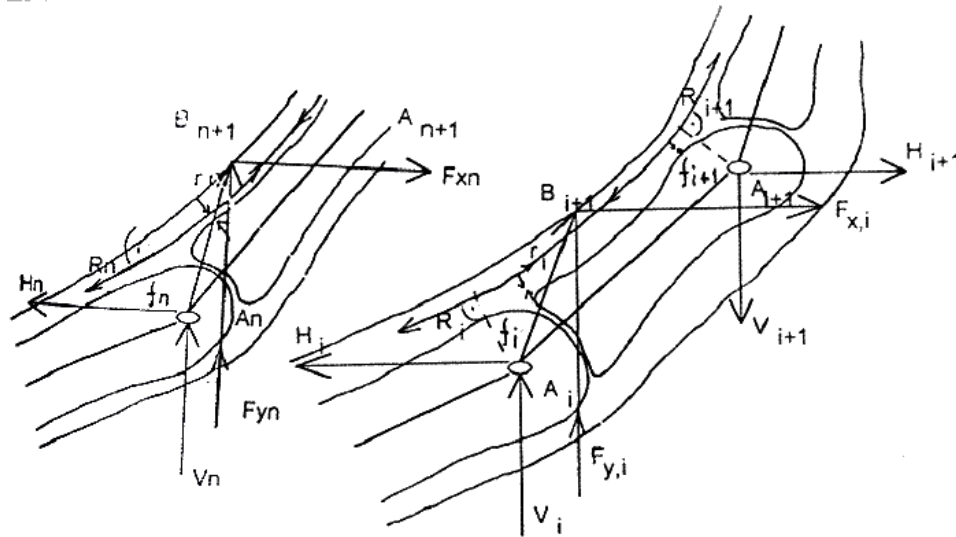


Fig. 2. Equilibrium of tendon forces R , joint forces H , V and external forces F .

The tendon forces F and joint forces H , V which have influence on finger links can be calculated from the moment and force equilibrium conditions (see fig. 2). If the joint forces are known the stress state at fingers can be calculated. The hand load can be divided to fingers to be equal tendon forces or stress maximum at all fingers.

3. Conclusion

The presented algorithm was interpreted on a computer. The program can be used for healthy hand and for hand with missing some fingers and/or some finger links.

4. Acknowledgement:

The research was supported by grant MSM6840770012 "Transdisciplinary research at area biomedical engineering".

MATHEMATICAL MODEL OF THE TRUCK SHOE BRAKE

V. Drobný*

Summary: *Numerical simulation of the truck shoe brake describes the process of inclination and reach the maximal brake efficiency of the air actuated shoe brake. There was a full explanation of the mathematical model as a complex unit, including detail description of brake-shoe lining contact area simplification. The input for mathematical simulation was maximal estimated brake pressure time dependency. As the outputs, the kinematical and force time dependencies for a few design options were observed. The change of maximal brake force by brake-shoe lining wear was determined.*

1. Úvod

Príspevek se zabývá identifikací ovládacího systému brzdy využitím známých průběhů vstupní veličiny a sledováním citlivosti na změny konstrukce mechanismu. Matematický model brzdy je tvořen základním tělesem těhlice předního kola, ke kterému jsou připojována tělesa ovládacího mechanismu brzdy. Aktuátor převádějící náběh tlaku v brzdovém systému na sílu působí mezi tělesem válce a tělesem pístu vzduchového válce. Výchozí polohu zajišťuje vratná pružina. Automatické vymezování vůle je v matematickém modelu nahrazeno pevnou vazbou mezi pákou a hřídelem, s možností modifikace vzájemného úhlového pootočení. Na opačném konci hřídele je souměrný rozvrací klíč brzdy, odkud je brzdná síla přenášena třecí plochou, nebo pomocnými kladkami na čelisti brzdy.

Pro určení působíště výslednice sil, resp. kontaktního místa v náhradním mechanismu soustředujícím spojitě rozloženou normální sílu do jednoho bodu, bylo nutné provést samostatně kinematický rozbor užitím grafické metody. Výstupem grafické metody jsou polohy kontaktních bodů na čelistech brzdy, které jsou následně použity při definici jednostranného silového kontaktního prvku. V závislosti na normální síle je pomocí třecího součinitele definována silová vazba mezi čelistí a bubnem.

Porovnáním kinematických analýz varianty převodu na rozvrací klíči s lineárním kontaktem a varianty s pomocnou kladkou byly získány následující závěry. U varianty s pomocnými kladkami dochází k výrazné změně převodového poměru mezi natočením hřídele klíče a posunutím středu kladky v ose x. Bez použití kladky je převod v celém rozsahu konstantní. S použitím kladky se převodový poměr ustálí až po natočení hřídele rozvracího klíče z konstrukční polohy o úhel větší než 20°. Tomu odpovídá posunutí kontaktních bodů obložení a bubnu přibližně o 1mm, což je zároveň požadavek vůle mezi obložení a bubnem v konstrukční poloze z důvodu montáže bubnu.

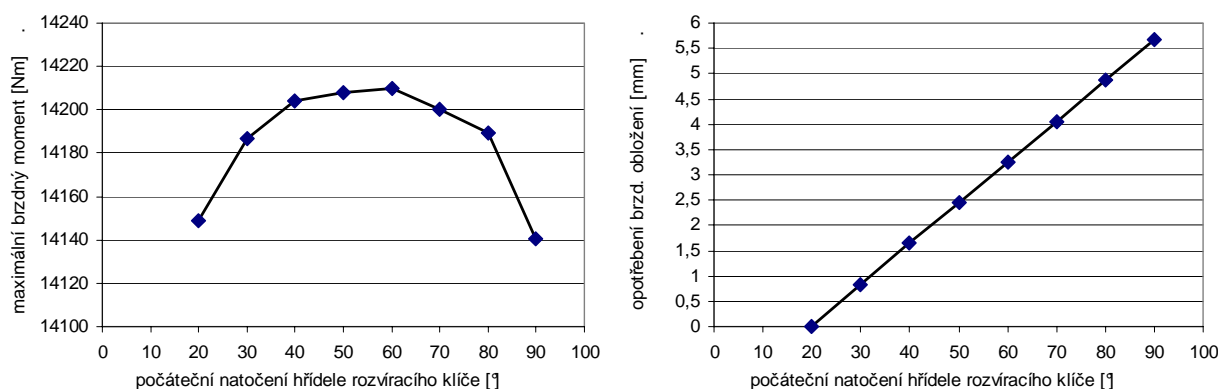
* Ing. Vladislav Drobny: TÜV UVMV s.r.o.; Novodvorská 994; 142 21 Praha 4; tel.: +420.239 046 977, fax: +420.239 046 975; e-mail: vladislav.drobny@tuv-sud.cz

2. Výstupy simulací

Simulace byly prováděny pro seřízenou brzdu s počátečním natočením rozvřacího klíče 20°. Seřízením zároveň dojde k překlenutí oblasti s velkou změnou převodu pro variantu s kladkou. Aktivace brzdy je v modelu definována náběhem tlaku ve vzduchovém válci.

Pro obě varianty mechanismu brzdy byly sledovány silové průběhy v závislosti na stlačení pístu vzduchového válce. Porovnáním brzdových momentů vychází u varianty s lineárním kontaktem náběh sil méně strmý a tudíž maximum brzdového účinku je dosaženo při větším zdvihu brzdového válce. Změna úhlu normály při kontaktu s kladkou průběh negativně neovlivňuje.

Vůle vzniklé opotřebením brzdového obložení jsou v brzdě automaticky vymezovány pomocí samostavu. V matematickém modelu nebyla sledována tato změna kontinuálně, ale byly počítány pouze vybrané režimy pro variantu s pomocnou kladkou. Obrázek 1 zobrazuje změnu maximálního brzdového momentu v závislosti na počátečním úhlu natočení rozvřacího klíče. S velikostí počátečního úhlu natočení klíče souvisí výška opotřebením brzdového obložení s maximální hodnotou ~5,5mm.



Obrázek 1 Změna maximálního brzdového momentu, velikost opotřebením brzdového obložení

3. Závěr

Ze simulací vyplývá linearita průběhů brzdových sil v celém rozsahu zdvihu pro obě varianty. Výhodou mechanismu s pomocnou kladkou je snížení tření v kontaktu rozvřacího klíče a čelistí. Malou diferencí způsobuje změna délky zdvihu pístu vzduchového válce při náběhu brzdových sil. Maximální brzdový moment se sice při opotřebování brzdového obložení mění, ale změna účinku brzdy není výrazná.

4. Poděkování

Tento příspěvek vznikl v rámci řešení projektů Výzkumného centra spalovacích motorů a automobilů Josefa Božka.

5. Literatura

- Petránek, J. (1969) Ústrojí automobilů, ČVUT, Praha.
 Simdoc (1999) Dokumentace k simulačnímu systému SIMPACK v 8.013, Intec GmbH.

INFLUENCE OF POSITION OF MIDDLE EAR PROSTHESIS ON MECHANICS OF HEARING

D. Dušek^{*}, K. Pellant^{}**

Summary: *The analysis of the mechanics of the normal middle ear and of the middle ear with ossicular prosthesis is performed. The creation of the finite element model of the middle ear is described. The model of the normal ear includes external ear canal, tympanic membrane, ossicle chain with joints to oval window in the enter of cochley. The model of prosthesis simulates T-like type of the commercial product. The amplitude of the stapes footplate velocity and the amplitude of pressure excitations in cochley were evaluated for different manners of prosthesis fixation.*

1. Úvod

Lidské ucho se skládá ze tří základních částí: z vnějšího zvukovodu, středního a vnitřního ucha. Mechanické energie akustických vln ve vnějším vzdušného prostředí je nejprve zachycena boltcem a je přenesena přes dutinu vnějšího zvukovodu k bubínku. Oscilace tlaku před bubínkem způsobují jeho průhyb do středoušní dutiny. Vzhledem k tomu, že bubínek je spojen s kladívkem, dochází tak k pohybu řetězce středoušních kůstek a energie tlakových vln je převáděna na energii pohybovou řetězce středoušních kůstek (Voss 2001).

Při pohybu řetězce dochází ke vtačování poslední kůstky (pata třmínku) do fluidního prostředí vyplňujícího dutinu vnitřního ucha. Tímto způsobem se pohybová energie řetězce zpětně transformuje na tlakové vlny, které se šíří v kapalném prostředí (perilymfa) vnitřního ucha. Takto vzniklé tlakové vlny se šíří od bazálního konce kostěného šneku cochley podél bazilární membrány k apikálnímu vrcholu cochley a způsobují na bazilární membráně vznik postupné ohybové vlny. Vzhledem k tomu, že na bazilární membráně jsou umístěny vláskové smyslové buňky, při vibracích bazilární membrány dochází k jejich dráždění a ke vzniku elektrických podnětů, které jsou dále přenášeny do mozku.

Z hlediska mechaniky sluchu je přitom důležité to, že při šíření postupné ohybové vlny bazilární membránou dochází k lokálnímu zvýšení její amplitudy, poloha tohoto lokálního zvýšení je přitom frekvenčně závislá. Zvuky nízkých frekvencí rozechvívají bazilární membránu nejvíce poblíž jejího apikálního konce, se vzrůstající frekvencí se poloha maximální výchylky posouvá plynule ke konci basálnímu.

^{*} Ing. Daniel Dušek, ÚMTMB FSI VUT Brno, Technická 2, 616 69 Brno.
e-mail: dusekdaniel@centrum.cz , tel.:+420 54114 2804

^{**} Doc. RNDr Karel Pellant, CSc, ÚMTMB FSI VUT Brno, Technická 2, 616 69 Brno,
e-mail: pellant@umtn.fme.vutbr.cz, tel.:+420 54114 2856

Vnitřní ucho tedy funguje jako mechanický analyzátor frekvencí tj. různé tóny dráždí různé smyslové buňky. Tento základní princip vnímání zvuků byl potvrzen experimentálně jak měřeními na fyzikálních modelech tak i měřeními „in situ“ na kadaverózních vzorcích nebo na zvířatech. Přitom však zůstává řada otázek nedořešena- např. vysoká rozlišovací schopnost, vnímání složených zvuků, maskovací efekt, otoakustická emise apod. V současné době je proto diskusi těchto otázek věnována zvýšená pozornost, jednou z možností jak řešit tyto problémy nabízí i počítačové modelování.

2. Cíl práce

Cílem práce bylo studium změn přenosových vlastností normálního středního ucha při aplikacích středoušních protéz. Při řešení tohoto problému byla uvažována interakce pohybu pevnofázových struktur (řetězce středoušních kůstek resp. kovové náhrady) s elastickým bubínkem, membránou oválného okénka a sousedními fluidními systémy (vzdušný subsystém kavity zevního zvukovodu na straně jedné a kapalinové subsystémy v cochley na straně druhé). Přitom byla jako akustická veličina charakterizující sluchový vjem sledována především rychlost pohybu třmínku a tlakové oscilace v cochley. K řešení problému byl použit konečnoprvkový výpočetní systém Ansys8.1.

3. Závěr

Na kompletním modelu lidského ucha modelu byly provedeny výpočty přenosu zvukových signálů do oblasti vnitřního ucha pro zdravé ucho a pro ucho s aplikací středoušních protéz, které byly upevněny od paty třmínku k rukojeti kladívka, ke kovadlince a k bubínku. Byl sledován vliv jednotlivých poloh uchycení na přenosové charakteristiky středního ucha. Při implantaci protézy na bubínek má vyztužení bubínku zřejmě negativní dopad na přenos zvuku do vnitřního ucha (středoušní systém je tlumen zvýšenou tuhostí soustavy). Jako nejlepší se jeví uchycení protézy buď na rukojeť kladívka nebo ke kovadlince. Naopak nepříliš vhodnou se po matematické simulaci ukázala varianta uchycení středoušní protézy k bubínku.

4. Literatura

- Ferrazinni, M.(2003): Virtual Middle Ear: A dynamic mathematical model based on the finite element method. A dissertation submitted to the swiss federal institute of technology, Zurich, Switzerland.
- Voss, S., E., Rosowski, J., Merchant, S., N., Peake, W., T. (2000): Acoustic response of the human middle ear. *Hearing Research* 150, pp. 43-69.
- Pellant, K., Dušek, D. (2004): Modelling of Basilar Membrane Excitation. *Proceedings of the Seventh International Conference on Computational Structures Technology*, pp.207-208, Lisboa

A NONLINEAR BAR ELEMENT WITH VARYING STIFFNESS

R. Ďuriš*

Summary: *The contribution is devoted to description of an exact bar element with varying stiffness. The 2nd theory solution is based on the full nonincremental nonlinear (geometric and material) lagrange FEM formulation of the body motion equations. The new shape functions of the bar element have been established with consideration of continuous variation of elasticity and plasticity moduli, yield stress and cross-sectional area. The efficiency and accuracy of the new elements have been compared with the solutions of identical problems using the ANSYS program. New finite element meets exactly all the basic equations of the bar in both the local and global sense. The results obtained with this element are not dependent on the mesh density.*

In this contribution a new approach to evaluation of equilibrium equations suggested by Murín [3,4] is presented. In this solution no linearisation of the variation of Green-Lagrange strain tensor is used. Thus we can obtain the exact nonlinear nonincremental formulation of the element stiffness matrices. When total Lagrangian formulation is used, nonlinearised equations can be derived from the equilibrium of internal and external work

$$\int_{0V} {}^t C_{ijrs} e_{rs} \delta e_{ij} dV + \int_{0V} {}^t C_{ijrs} (e_{rs} \delta \eta_{ij} + \eta_{rs} \delta e_{ij} + \eta_{rs} \delta \eta_{ij}) dV = \int_{0A} {}^t f_i \delta u_i dA + {}^t F_i^k \delta u_k$$

in conventional notation. After implementation of correspondent approximation of the displacement functions $u_i = \phi_{ik} u_i^k$ we can modify previous equation for FEM requirements in the form

$$\begin{aligned} & \frac{1}{4} \int_{0V} {}^t C_{ijkl} (\phi_{km,l} + \phi_{lm,k}) (\phi_{in,j} + \phi_{jn,i}) u_i^m dV + \frac{1}{4} \int_{0V} {}^t C_{ijkl} \phi_{pm,k} \phi_{pr,l} (\phi_{in,j} + \phi_{jn,i}) u_i^m u_i^r dV + \\ & + \frac{1}{2} \int_{0V} {}^t C_{ijkl} \phi_{pr,i} \phi_{pn,j} (\phi_{km,l} + \phi_{lm,k}) u_i^m u_i^r dV + \frac{1}{2} \int_{0V} {}^t C_{ijkl} \phi_{pm,k} \phi_{pv,l} \phi_{rq,i} \phi_{rn,j} u_i^m u_i^v u_i^q dV = \\ & = \int_{0A} {}^t f_i \phi_{in} dA + {}^t F_i^n \end{aligned}$$

We will get basic relation which can be used for an arbitrary finite element derivation.

The straight bar element with varying stiffness is shown in Fig. 1. The cross-sectional area, elasticity and tangential moduli are defined as the polynomial functions

$$A(x) = A_i \left(1 + \sum_{k=1}^p \eta_{Ak} x^k \right); \quad E(x) = E_i \left(1 + \sum_{k=1}^q \eta_{Ek} x^k \right) \quad \text{and} \quad E_T(x) = E_{Ti} \left(1 + \sum_{k=1}^r \eta_{E_Tk} x^k \right).$$

* Rastislav Ďuriš (MSc.): Department of Applied Mechanics, Faculty of Materials Science and Technology, Slovak University of Technology; Paulínska 16; 917 24 Trnava; Slovak Republic; tel.: +421.33 5511 733, fax: +421.33 5511 668; e-mail: rastislav.duris@stuba.sk

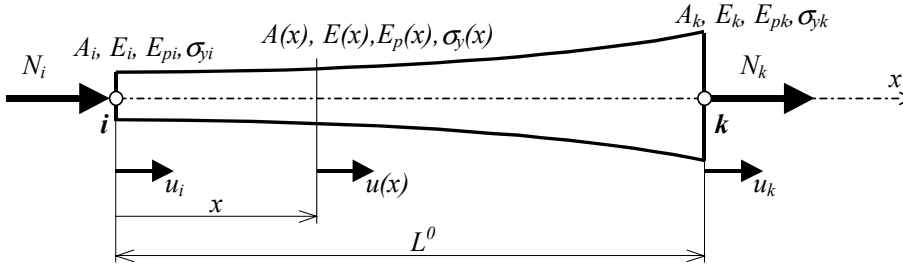


Fig. 1: Bar element with variation of the geometry and material properties

If the concept of transfer functions and constants published by Rubin is used to the derivation of the stiffness relation, the axial elastic displacement can be expressed as

$$u(x) = \phi_1 u_i + \phi_2 u_k = \left(1 - \frac{d'_{2B_e}(x)}{d'_{2B_e}}\right) u_i + \frac{d'_{2B_e}(x)}{d'_{2B_e}} u_k$$

The elastic stiffness matrix has the form

$$\mathbf{K}_e = \frac{A_i E_i}{d'_{2B_e}} \begin{bmatrix} 1 + \frac{3}{2}(\lambda - 1)L^0 \frac{\overline{d'_{2B_e}}}{(d'_{2B_e})^2} + \frac{1}{2}(\lambda - 1)^2 (L^0)^2 \frac{\overline{\overline{d'_{2B_e}}}}{(d'_{2B_e})^3} \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

where d'_{2B_e} , $\overline{d'_{2B_e}}$, $\overline{\overline{d'_{2B_e}}}$ are the transfer.

If the axial stress exceeds the yield stress σ_y , the stiffness matrix change to

$$\mathbf{K}_{ep} = \frac{A_i E_{Ti}}{d'_{2B_{ep}}} \begin{bmatrix} 1 + \frac{3}{2}(\lambda - \lambda_{\sigma_y})L^0 \frac{\overline{d'_{2B_{ep}}}}{(d'_{2B_{ep}})^2} + \frac{1}{2}(\lambda - \lambda_{\sigma_y})^2 (L^0)^2 \frac{\overline{\overline{d'_{2B_{ep}}}}}{(d'_{2B_{ep}})^3} \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}.$$

The axial stress before yield stress in the bar element, can be calculated using formula

$$\sigma_e = -\frac{E_i}{d'_{2E}} \left[1 + \frac{3}{2}(\lambda - 1)L^0 \frac{\overline{d'_{2E}}}{(d'_{2E})^2} + \frac{1}{2}(\lambda - 1)^2 (L^0)^2 \frac{\overline{\overline{d'_{2E}}}}{(d'_{2E})^3} \right] (\lambda - 1)L^0$$

and for the stress exceeding the elastic limit the axial stress can be calculated from

$$\sigma = \sigma_y + \sigma_{ep}$$

where σ_y is the yield stress and

$$\sigma_{ep} = -\frac{E_{Ti}}{d'_{2E_T}} \left[1 + \frac{3}{2}(\lambda - \lambda_{\sigma_y})L^0 \frac{\overline{d'_{2E_T}}}{(d'_{2E_T})^2} + \frac{1}{2}(\lambda - \lambda_{\sigma_y})^2 (L^0)^2 \frac{\overline{\overline{d'_{2E_T}}}}{(d'_{2E_T})^3} \right] (\lambda - \lambda_{\sigma_y})L^0.$$

Typical example of geometric nonlinear behaviour is the three-hinge mechanism. The dependence displacement vs. internal and global force for bilinear elastic-plastic material response with isotropic and kinematic hardening and bar element with varying stiffness is in the contribution presented.

Acknowledgement

The author gratefully acknowledges the support of this research by Slovak Grant Agency for Science (Grant VEGA no. 1/1100/04 and 1/2076/05).

THE APPLICATION OF INTERACTIVE COMPUTATIONAL SYSTEM (ICS FEM) IN ENGINEERING.

I. Eisner*, M. Lizoň* , R. Melicher**, M. Žmindák**

Summary: *The objective in this paper is briefly describing of the Interactive Computing System (ICS FEM). This software, which is mainly based on the Finite Element Method, is now used for finite element analyses of practical industrial problems and structures. However in this system are also implemented Boundary Element Method and Strip Element Method. Nowadays this system consists of various modules that are used for calculation of displacements and stresses of structures, heat transfers and field problems. Of course, ICS is invested with pre-processor for preparation of the input data and post-processor for analyzing of obtained results.*

1. Úvod

Pomocou MKP programov môžeme riešiť množstvo úloh najrôznejších typov. Adaptácie MKP systémov nie je vždy možná. Zasahovanie do takýchto systémov je navyše riskantné. Ak sa miesto programového systému použije vhodne usporiadaný súbor podprogramov typu „package“, podobné obtiaže odpadajú.

V tomto príspevku stručne opíšeme možnosti systému Interaktívneho Výpočtového Systému MKP (IVS MKP). Softvér má modulovú štruktúru a umožňuje analytikom, projektantom a konštruktérom získavať polia posunutí a napätí v navrhovaných konštrukciách s následným vyhodnocovaním životnosti konštrukcií.

2. Konceptia, vlastností a spôsob použitia IVS MKP

Naším cieľom je vyvinúť systém, ktorý by bol efektívne využívaný pri inžinierskych analýzach a návrhu konštrukcií. Systém IVS MKP sa vyvíja a používa v WUSAM Engineering s.r.o. pre riešenie praktických problémov v strojárskom priemysle. Výsledky sú porovnávané s experimentmi a inými MKP softvérmi.

Väčšina programových modulov je napísaná v programovacom jazyku COMPAQ Visual FORTRAN, ktorý je kompatibilný s programovacím jazykom Visual C++ spoločnosti MICROSOFT. V programovacom jazyku Visual FORTRAN sú napísané aj všetky menu funkcie, teda prostriedky na ovládanie systému IVS MKP ako celku. Program na prácu s grafikou je napísaný v programovacom jazyku TMT PASCAL.

* Igor Eisner, Ing. Ivan Lizoň, WUSAM Engineering, s. r. o., Š. Višňovského 8, 960 01 Zvolen

** doc. Ing. Milan Žmindák, CSc., Ing. Richard Melicher, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 1, 010 26 Žilina

Priama náväznosť medzi jednotlivými výpočtovými modulmi je riadená používateľom prostredníctvom viacúrovňového menu, ktoré mu umožní pomerne rýchlo pochopiť štruktúru systému ako celku. Ku každému bodu MENU je priradený príslušný HELP, ktorý mu poskytne základné informácie o funkcii, ktorá sa bude vykonávať po zvolení príslušnej voľby.

Základný systém IVS MKP pozostáva z programových modulov, ktoré sú rozdelené do siedmich hlavných častí. IVS MKP má stavebnicovú, modulovú štruktúru, ktorú je možné prispôbiť požiadavkám používateľa. Táto štruktúra umožňuje i jednoduché dopĺňanie nových algoritmov a metód do systému.

Grafické prostredie IVS MKP je navrhnuté v prostredí WINDOWS tak, aby v plnej miere umožnilo používateľovi jednoducho pracovať s týmto systémom. Rozdelenie adresárov v Interaktívnom výpočtovom systéme MKP zabezpečuje prehľad o umiestnení jednotlivých programových modulov. Štruktúru a počet adresárov je možné meniť na základe rozšírenia IVS MKP o nové možnosti.

3. Modul grafického zobrazovača

Interaktívny grafický zobrazovač je integrovaný do prostredia IVS MKP ako celku. Jeho vytvorenie naväzuje na možnosti zobrazovača pre riešenie lineárnych úloh s rozšírením jeho možnosti o zobrazovanie animácií nelineárneho deja. Do zobrazovača sú postupne implementované nové typy nelineárnych prvkov, ktoré sa stavajú súčasťou IVS MKP. Pre zachovanie spätnej kompatibility s pôvodným systémom IVS MKP bolo pre vývoj grafického zobrazovača zvolené integrované vývojové prostredie DELPHI. Dôležitou požiadavkou je i plná schopnosť pracovať v celom rozsahu 32 bitových OS Windows tzn. v rozsahu Windows 95 až Windows XP a ponechanie si možnosti implementovania aj do budúcich 64 bitových OS Windows.

Základom celého grafického zobrazovača je rozdelenie plochy monitoru na oblasť komunikačnú a časť pracovnú. Komunikačnú časť tvorí aktívna a pasívna lišta, kde aktívna lišta slúži na interaktívnu komunikáciu a pasívna lišta má informačný charakter. Ďalej ako súčasť komunikácie je viacnásobné a viacúrovňové menu pre výber aktuálnej činnosti.

Menu systém je vytvorený ako interaktívny v tom slova zmysle, že jednotlivé voľby sú pre používateľa prístupné iba v tom prípade, ak je príslušná akcia definovaná.

4. Predpokladaný ďalší vývoj systému

Oblasti na ktorých sa práve pracuje sú:

- návrh a vývoj 32 bitového grafického rozhrania pre nelineárne problémy o ktorý bude rozšírení už existujúci systém,
- numerické simulácie zaťažovaní nosných konštrukcií v oblastiach veľkých deformácií a materiálovej plasticite, kde sa očakáva viactelesový kontakt,
- kontaktná formulácia využívajúca Trefftzove a kontaktné konečné prvky ,
- implementácia hraničných bezsiet'ových metód (Boundary Meshless Method - BMM) pre jednoduché a viacdoménové (MD) formulácie.

5. Acknowledgements

Autori tohto príspevku ďakujú Agentúre na podporu vedy a techniky za finančnú podporu (Projekt č. APVT-99-014304)

STRESS RATE AND INCREMENTAL PRINCIPLE OF VIRTUAL WORK IN FINITE DEFORMATIONS

Z. Fiala ¹

Summary: *Solution of finite deformation problems is sought in the space of all deformation tensor fields. Representation of a deformation process here as a trajectory makes us possible to further classify symmetric second-order tensor fields either as points, vectors, or covectors, and, as a consequence, assign them the corresponding time derivatives. However, as the space of all deformation tensor fields has proved non-euclidean, the time derivative of vector, and covector fields along the trajectory should be defined by the covariant derivative. This approach enables us coherently to formulate an incremental principle of virtual work, and propose the corresponding procedure in solving finite deformation problems. The approach will be demonstrated in finite elasticity.*

1. Introduction

There is a fundamental difference between small (precisely infinitesimal) and finite deformations. A theory of small deformations approximates deformation of a body in terms of infinitesimal displacement fields over initial, undeformed configuration, whereas a theory of finite deformations describes it faithfully by differentiable invertible transformations – diffeomorphisms that transform an initial configuration to an actual one. Variation in time of any quantity thus includes not only its evolution at a point of interest, but also change in geometry of a body during a deformation process, as it is projected into this quantity.

Unlike small deformations, deformation process for finite ones no longer keeps moving inside some linear space $T\mathcal{M}$ – the tangent space to a nonlinear space $\mathcal{M} = \text{Met}(\mathcal{B})$ – the space of all deformation tensor fields on referential configuration \mathcal{B} , in which the deformation process is represented by a trajectory. In our approach, we have chosen the right Cauchy-Green deformation tensor fields C^b . The nonlinear space can be given the structure of a Riemannian manifold by introducing a metric based on kinematical considerations. Although the above formalism, from the viewpoint of continuum mechanics, rests on rather unusual conceptions of differential geometry of infinite-dimensional Riemannian manifolds of Riemannian metrics, it is far from autotelic, and does not serve merely for an elegant reformulation of the well-known

¹ RNDr. Zdeněk Fiala, CSc., Institute of Theoretical and Applied Mechanics, Prosecká 76, 190 00 Prague 9, tel. +420 286 88 21 21, e-mail: fiala@itam.cas.cz

results. Quite the contrary, this very approach enables us to derive some new results, probably not attainable by other means.

First, the space of all deformation tensor fields is non-euclidean. This means that if we calculate an increment of deformation to a given deformation and stress state, the upgraded total deformation then cannot be obtained by simple adding the increment to the deformation state, but by mapping the deformation increment from the tangent space to the space of deformation fields. Then, we prove that the stress field represents a covector, and so its time derivative during a deformation process should be expressed by the covariant derivative along the corresponding trajectory, which results in one particular objective time derivative that is also, as the only one, fully in accord with the geometry of the deformation process. Similarly, a corresponding time derivative to any other second-order symmetric tensor fields will be assigned, depending on whether, from the viewpoint of our nonlinear space, they behave as vectors, covectors, or points. Linearization of the deformation process related to these time derivatives then results in an incremental virtual work principle, by means of which one can calculate an increment of displacement and deformation. A new resultant deformation state then lies on a geodesic leading off the given deformation state, and corresponding to the calculated increment of deformation.

2. Results

Based on the geometry of deformation process, the incremental principle of virtual work can be expressed as an equality, holding for any virtual displacement field ψ , in form

$$\int_{\partial S_T} \dot{T}_i \psi^i ds + \int_S \dot{f}_i \psi^i dv = \int_S \left[\frac{\mathcal{D}}{\mathcal{D}t} \sigma^\sharp \right]^{ij} (u) d_{ij}(\psi) dv. \quad (1)$$

The time derivative of the Cauchy stress tensor

$$\left[\frac{\mathcal{D}}{\mathcal{D}t} \sigma^\sharp \right]^{ij} (u) = (\dot{\sigma}^{ZJ})^{ij} + \frac{1}{2} (g_{ab} \sigma^{ab} d^{ij} + g^{ab} d_{ab} \sigma^{ij} - \sigma^{ab} d_{ab} g^{ij}) \quad (2)$$

consists of the Zaremba-Jaumann derivative $\dot{\sigma}^{ZJ}$ and of the remainder terms, which are consequence of the fact that we consider the stress tensor field as a whole, rather than stress tensor at a point. As the time derivative of the stress field $\mathcal{D}/\mathcal{D}t [\sigma^\sharp](u)$ along deformation process is a *linear functional* on displacement fields, the particular displacement field u_t , and the corresponding deformation increment $\partial C^b(u_t)$ to a prescribed external loading (T_t, f_t) and displacements can be calculated.

A new, upgraded total deformation state then lies on a *geodesic* leading off the given deformation state C_t^b in the direction of the calculated deformation increment ∂C_t^b . As a consequence, it can be expressed by the *exponential mapping* from the tangent space $T_{C_t^b} \mathcal{M}$ to the space \mathcal{M} itself

$$C_{t+\Delta t}^b = \exp_{C^b(t)} [\Delta t \partial C_t^b]. \quad (3)$$

3. Conclusion

Based on advanced chapters of infinite-dimensional Riemannian differential geometry, the stress rate, incremental principle of virtual work, and solution procedure for finite deformations have been established.

4. Acknowledgement

The research was conducted in the framework of research plan AV0Z20710524.

FLOW BEHAVIOUR OF VOČADLO-TYPE FLUIDS DURING BACK EXTRUSION

P. Filip*, J. David*, R. Pivokonský*

Summary: *In food industry a back extrusion represents one of the cheapest and time-saving experimental methods how to determine rheological characteristics of the fluids studied. This method is based on plunging of a circular rod into an axisymmetrically located circular cup containing the experimental sample. In the past this method was successfully applied for power-law, Bingham and Herschel-Bulkley fluids. The crucial point for determination of the rheological parameters characterising the individual types of fluids consists in deriving velocity profiles in a concentric annulus formed by a plunger (rod) and container (cup). The aim of this contribution is to present semi-analytical form describing a velocity profile for Vočadlo-type fluids including a location of the plug flow region.*

1. Introduction

At present standard rheometers provide sufficiently precise measurements characterising behaviour of non-Newtonian materials. In practice, this accuracy is not always necessary, and e.g. in food processing precise measurements are not always indispensable. Back extrusion represents a method providing relatively cheap and sufficient measurements of the rheological characteristics, see Steffe & Osorio (1987). Its principle consists in penetrating of a circular plunger under a given pressure gradient into an axisymmetrically placed circular container with a material studied. For a determination of rheological parameters appearing in the individual empirical rheological models, knowledge of a relation between volumetric flow rate in an annulus formed by a plunger and a container is substantial. This relation is possible to derive from an axial velocity profile of a material studied in an annulus. Present contribution aims at a derivation of the velocity profile for the materials obeying Vočadlo model.

2. Application of the individual empirical constitutive models to back extrusion

Osorio & Steffe (1987) derived an analytical solution for a determination of consistency and flow behaviour indices in a 2P (two-parameter) power-law model using back extrusion technique. The same authors (Osorio & Steffe, 1991) generalised their approach for the case of 3P Herschel-Bulkley model. This enables to take into account viscoplastic materials

* Petr Filip, Jiří David, Radek Pivokonský: Ústav pro hydrodynamiku AV ČR; Pod Patankou 5; 166 12 Praha 6; tel.: +420.233 109 011, fax: +420.224 333 361; e-mail: filip@ih.cas.cz; david@ih.cas.cz; pivokonsky@ih.cas.cz;

exhibiting a plug-flow region, nevertheless in this model a yield stress represents a strict singular term.

The 3P Vočadlo (sometimes called Robertson-Stiff) model (Parzonka & Vočadlo, 1967) seems to be more user-friendly viscoplastic model involving a term with a yield stress in a more appropriate form

$$\tau = \left[K|\dot{\gamma}|^{\frac{n-1}{n}} + \left(\frac{\tau_0}{|\dot{\gamma}|} \right)^{\frac{1}{n}} \right]^n \dot{\gamma} \quad \text{for } |\tau| \geq \tau_0, \quad (1)$$

$$\dot{\gamma} = 0 \quad \text{for } |\tau| \leq \tau_0 \quad (2)$$

where K and n are consistency and flow behaviour indices, respectively; τ_0 stands for a yield stress.

For this model a derivation of velocity profile in a concentric annulus is derived including a location of plug flow region. The result obtained is in the so-called semi-analytical form as a location of zero shear stress has to be calculated from a simple integral equation. Other expressions are fully analytical.

3. Conclusion

The 3P Vočadlo model in its form eliminates a singularity appearing e.g. in the 3P Herschel-Bulkley model. 'Smoothness' of the Vočadlo model results in better application in the numerical procedures as e.g. a semi-analytical one in back-extrusion characterisation of rheological behaviour of various food materials (tomato concentrate, mustard slurry, wheat porridge, corn starch, caramel jam, cooked rice, raspberry, blackberry, etc.).

4. Acknowledgement

The authors are grateful to the Grant Agency AS CR, Grant Project A2060202, for financial support of this work.

5. References

- Osorio, F.A. & Steffe, J.F. (1987) Back extrusion of power law fluids. *Journal of Texture Studies*, 18, pp.43-63.
- Osorio, F.A. & Steffe, J.F. (1991) Evaluating Herschel-Bulkley fluids with the back extrusion (annular pumping) technique. *Rheologica Acta*, 30, 6, pp.549-558.
- Parzonka, W. & Vočadlo, J. (1967) Modèle à trois paramètres pour les corps viscoplastique. Solution pour le viscosimètre rotatif type Couette. *C.R.Acad.Sc.Paris*, 264, Série A, April, pp.745-748.
- Steffe, J.F. & Osorio, F.A. (1987) Back extrusion of non-Newtonian fluids. *Food Technology*, 41, 3, pp.72-77.

COMPLIANCE CRITERIA TO BE PROVED BY THE ANALYSIS OF A CIVIL ENGINEERING STRUCTURE

O. Fischer *

Summary: Any (not only) civil engineering structure must meet two fundamental requirements: the safety and serviceability before being put into service. While the safety is in general controlled by the loading and behaviour of the structure and by the resistance of its materials, which all are strongly supported by Codes and software packages, the serviceability is often left on the account and experience of the engineer. Some reflections and examples of failures are given in what follows.

1. Úvod

Každá stavba i jakákoli jiná inženýrská konstrukce pořízená za nějakým účelem musí splňovat dva základní požadavky: být bezpečná a pro svůj účel použitelná. Zatímco na bezpečnost je obvykle kladen značný důraz – normy předepisují podrobně zatížení, často i typy konstrukce, způsoby výpočtu a přípustná namáhání různých materiálů, na posouzení použitelnosti má projektant podstatně méně podkladů, tedy záleží často na jeho vlastní iniciativě, na inženýrském rozhledu a zkušenosti. Při tom důsledky selhání v této oblasti celého díla mohou sice méně katastrofální, ale neméně nepříjemné věcně i morálně. V dalším jsou uvedeny některé příklady.

2. Kritéria posouzení spolehlivosti

2.1 Posudek bezpečnosti

Posouzení spolehlivosti konstrukce může probíhat podle různých požadavků (Fischer 2005), z nichž nejběžnější je požadavek bezpečnosti, t.j. požadavek nezřícení konstrukce (nepřekročení mezního stavu únosnosti) při žádné z uvažovaných kombinací zatížení. Pro splnění tohoto požadavku se zpravidla požaduje průkaz omezení napjatosti konstrukce či podzákladí, vyloučení jevů nestability, vyloučení výskytu kritických rychlostí větru vedoucích ke katastrofálnímu rozkmitání a pod. V některých případech mimořádného zatížení lze jako mezní stav označit i stav značného poškození, které si vyžádá před opakováním onoho zatížení zásadní opravu či demolici stavby. Hodnoty výsledných parametrů konstrukce, přípustné z hlediska bezpečnosti, jsou zpravidla dány normami a předpisy, platnými pro příslušný typ konstrukce a materiál; toto stanovisko bylo od počátku stavebního projektování především sledováno (dodržení dovoleného namáhání), a tolerovaná pravděpodobnost jeho nedodržení je velmi malá, protože většinou vede ke ztrátám na životech (řádu 10^{-7} až 10^{-8}).

* Prof. Ing. Ondřej Fischer, DrSc., ÚTAM AVČR, Prosecká 76, 19000 Praha 9; fischer@itam.cas.cz

2.2 Posudek použitelnosti

Nesplnění požadavku použitelnosti zpravidla nevede ke ztrátám na životech, proto se odpovídající pravděpodobnost připouští větší než při bezpečnosti (např. řádu 10^{-2} , ČSN 1998). Nicméně toto nesplnění může znamenat finanční i časové ztráty z toho, že stavba nemůže být od počátku plně využívána, případně musí být nákladně rekonstruována. Z hlediska metody posuzování není mezi posudkem bezpečnosti a použitelnosti zásadní rozdíl, liší se pouze specifickým výběrem posuzovaných veličin a jejich přípustných hodnot.

Na použitelnost stavby mají vliv veličiny, související s účelem budovy, např. statické deformace (průhyby, náklony, zkosení), dynamické deformace (frekvence, amplitudy, rychlosti a zrychlení pohybu a jejich charakter), hluk (intenzita, charakter, trvání). Mohou to být i faktory ovlivňující pohodu a komfort obyvatel (průvan, víření větru v zákoutích), mohla by sem patřit i estetická stránka projektované stavby, její funkčnost atd; tato hlediska však zpravidla nebudou součástí projektu, ve které by se uplatnila mechanika konstrukcí.

Kritéria použitelnosti (požadavky na dodržení vypočítaných hodnot) nejsou tak snadno dostupná jako údaje o zatíženích či vlastnostech materiálů, nutné pro posouzení bezpečnosti, což znamená, že projektant musí konstrukci lépe pochopit, musí se s ní sžít. Mnohé je možné najít i ve stavebních normách (přípustné deformace konstrukčních prvků), pro mnohé je nutno přibrat další normy, např. technologické (přípustné deformace potrubí, přípustné vibrace strojů a citlivých zařízení), normy hygienické (přípustné otřesy a hluk v bytech a v citlivých i výrobních provozech) atd. Kromě toho není ani při použití všech známých norem a předpisů vyloučeno, že si sám statik, ve spolupráci s projektanty ostatních profesí, dále s objednatelem, uživatelem a zhotovitelem stavby musí domyslet a projednat rizika, jímž bude výsledné dílo vystaveno a jakým nárokům bude muset vyhovět. Skloubit všechny požadavky a zformulovat je do algoritmu řešení je pak úkol, jehož splnění vyžaduje nejen odbornou zdatnost, ale i zkušenost a vpravdě inženýrský rozhled.

3. Příklady uplatnění hlediska použitelnosti

V příspěvku je poukázáno na obtíže se splněním kritérií použitelnosti u televizní věže (Pirner et al., 1972), u prestižního mostu pro pěší (Dallard et al., 2001), a při souvislosti se zraněním způsobeným pádem nábytkové stěny v panelovém domě (VÚSV 1960).

4. Poděkování

Tato práce vznikla za podpory projektu GAČR 103/06/0099 a 103/05/2396. Identifikační kód výzkumného úkolu pracoviště ÚTAM je AV0Z 20710524.

5. Literatura

- Fischer O.: Referenční hodnoty při dynamických úlohách (2005). In: *Sborník VI konference Spolehlivosti konstrukcí*, (edt. Dům techniky Ostrava), 6.4.2005, ISBN 80-02-01708-0
- ČSN 73 1401 (1998): Navrhování ocelových konstrukcí, ČNI Praha
- Dallard P., Fitzpatrick A.J., Flint A., Le Bourva S., Low A., Ridsdill Smith R.M. & Willford M. (2001): The London Millenium Footbridge. *The structural engineer*, Vol 79, No 22
- Pirner M., Fischer O. & Náprstek J. (1972): Experimental and theoretical analysis of dynamic behaviour of TV tower Central Bohemia. *Industrial aerodynamics abstracts* 4, 1972, p. 1-8
- VÚSV (1960) - Výzkumný ústav stavební výroby: *Dílce železobetonové z předpjatého betonu a z lehkých hmot* (Katalog staveb. prefabrikátů 1961-1965). Ministerstvo výstavby Praha.

NON-DESTRUCTIVE INSPECTION OF A HISTORICAL WOODEN STRUCTURE DAMAGED BY FIRE

J. Frankl¹, M. Kloiber^{1,2}, J. Bryscejn¹

Summary: *In 2004, timber structures of the 15th century Castle Pernštejn were investigated by non-destructive methods that included acoustic waves, dendrochronology and resistance drilling. In the spring of 2005, a fire destroyed a corn-loft of the castle and only horizontal floor beams had remaining load-bearing capacity. The same sets of in-situ experiments of the identical members to those tested in 2004 were performed after the fire and the results have been compared to the previous ones.*

1. Úvod

V roce 2004 proběhl průzkum jakostního stavu nosných trámů konstrukce dřevěné podlahy bývalé sýpky hradu Pernštejn. Práce byla zaměřena na zjištění mechanických vlastností nosných trámů a provedena, vzhledem k historické hodnotě stavby, nedestruktivními metodami.

K posouzení stavu dřevěných prvků byly použity metody měření odporu dřeva proti vnikání nástroje pomocí přístrojů Resistograph 2450p a Pilodyn 6J forest a dále metoda akustická, měřící průchod ultrazvukových vln materiálem (přístroj Arborsonic Decay Detector (ADD)).

15. března roku 2005 došlo v objektu sýpky k rozsáhlému požáru krovové konstrukce, který poškodil také konstrukce podlah v 2.nadzemním podlaží. Trámy posuzované v roce 2004 byly požárem poškozeny jen povrchově. Následkem hašení však podstatně vzrostla jejich vlhkost. Po zpřístupnění konstrukce byla na podlahových trámech provedena stejná série měření ve shodných místech jako v roce 2004.

Údaje získané měřeními a následným zpracováním výsledků použití uvedených metod v obou sériích měření (2004, 2005) byly porovnány se zaměřením na změny sledovaných materiálových vlastností před a po požáru.

2. Metody průzkumu

Odporovým vrtáním pomocí přístroje Resistograph lze lokalizovat a určit potenciální vnitřní defekty, tj. prázdná nebo poškozená místa v materiálu. Zařízení umožňuje měřit množství energie potřebné pro udržení konstantní rychlosti vrtání, výstupem je křivka popisující změny této energie v průběhu vrtání. Netypický průběh křivky určuje místa defektů.

¹ Ing. Jiří Frankl, Ing. Michal Kloiber, Ing. Jan Bryscejn: Akademie věd České republiky, Ústav teoretické a aplikované mechaniky; Prosecká 76; 190 00 Praha 9; tel.: +420 286 882 121, e-mail: frankl@itam.cas.cz

² Ing. Michal Kloiber: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav nauky o dřevě; Zemědělská 1; 613 00 Brno; tel.: +420 545 134 050, e-mail: kloiber@kloiber.cz

Přístroj Pilodyn, odporový indentor, je jednoduché mechanické zařízení umožňující měření hloubky průniku trnu, vystřeleného do dřeva při konstantní počáteční zarážecí síle. Hloubka průniku je závislá na druhu, vlhkosti a kvalitě dřeva.

Přístroj Arborsonic měří dobu průchodu ultrazvukové vlny o frekvenci 77kHz materiálem. Doba průchodu vlny mezi dvěma snímači určuje rychlost průchodu vlny měřeným prvkem. Pro každou dřevinu ve zdravém stavu je při dané vlhkosti charakteristická určitá rychlost, výraznější odchylka od této rychlosti signalizuje poškození dřeva.

3. Závěr

Dosažené výsledky jsou ovlivněny především odlišným obsahem vlhkosti dřeva před a těsně po požáru, značný vliv má i rozložení vlhkosti v profilu masivních dřevěných prvků a tepelná degradace dřevní hmoty.

Vlhkostní změny mají relativně nejmenší vliv na výsledky měření přístrojem Resistograph. Vzrůst vlhkosti konstrukce po požáru se zde projevil poklesem celkové spotřeby energie potřebné k průniku vrtáku do materiálu, tvar a charakteristické rysy naměřených křivek před a po požáru zůstaly zachovány.

Při měření přístrojem Pilodyn se vlhkostní změna po požáru projevila dosažením větších hloubek zaražení trnu v souvislosti se snížením pevnosti povrchových partií dřeva.

Akustická metoda přinesla dobré výsledky při měření před požárem, při měření provedených po požáru byl v některých měřících místech vliv limitujících faktorů (vlhkost, destrukce povrchových vrstev dřeva) natolik výrazný, že neumožnil objektivní měření.

Rychlost šíření ultrazvukových vln i celková energie potřebná k průniku vrtáku materiálem klesá se stoupající vlhkostí materiálu a vzrůstajícím počtem defektů v měřeném místě dřevěného prvku. Z dosažených výsledků vyplývá potřeba provedení doplňkových laboratorních i terénních studií, zaměřených na podrobnější sledování vlivu teplotních a vlhkostních účinků na měřené fyzikální veličiny.

4. Poděkování

Príspevek byl zpracován díky finanční podpoře výzkumných záměrů MSM 6215648902 a AVOZ 20710524, dále byl podpořen grantovým projektem IG 460431/2102/443.

5. Literatura

Kasal, B. & Anthony, R. (2004) Advances in in situ evaluation of timber structures. Progress in Structural Engineering and Materials. John Willey & Sons Ltd. London. UK. Vol. 6 No 2 April-June 2004, 94-103.

Drdacky, M., Jirovsky, I., Slizkova, Z. (2005) On structural health and technological survey of historical timber structures, in Proceedings "Conservation of Historical Wooden Structures" (G. Tampone, ed.), Vol. 1, pp 278-284, Collegio degli Ingegneri della Toscana, Florence.

Kasal, B. (2003) Semi-destructive method for in-situ evaluation of compressive strength of wood structural members. Forest Product Journal. 53 (11/12): pp 55-87.

UHMWPE FAILURE IN KNEE JOINT COMPONENTS

L. Franta^{*}, Z. Jeníková^{**}, J. Pražák^{***}, J. Suchánek^{*}

Summary: *A simulation of realistic tribologic conditions in tests “in vitro” contributes significantly to the research in the field of joint replacements. In the Laboratory of Human Biomechanics, motion under low relative velocities of friction surfaces of knee joint replacements is studied. The simulator enables combination of rolling and sliding motion of replacement components. During the experiment, numerous debris of UHMWPE component is produced and the friction surface is irreversibly changed. Initially, the irregularities of tibial component are smoothed. Consequently, large amount of UHMWPE debris is released. Specimens were loaded for 15.10⁵ cycles with dry or distilled water lubrication. The surface changes of specimens were evaluated.*

1. Úvod

Opotřebení nosných ploch z UHMWPE je charakterizováno množstvím částic otěru uvolněných z povrchu. Následkem vzájemného pohybu kontaktních ploch dochází k tribologickým procesům, které mohou zapříčinit aseptické uvolnění kostní komponenty náhrady. Jedním z kritérií zkoušek je velikost a charakteristika zatěžování. S ohledem na tuto skutečnost je nutné přistupovat k simulaci různých podmínek.

Během vzájemného pohybu se uvolňuje určité množství tepla. Z měření „in vivo“, která prováděl přímo na pacientech Graichen a Bergmann (1999), je patrný nárůst teploty. Obecným předpokladem je, že náhrada je dostatečně lubrikována efuzátem tělních kapalin. Podle Pražáka (2002) tento předpoklad není vždy platný. Při studiu opotřebení kloubních komponent z UHMWPE je mnoho faktorů, které mohou negativně ovlivnit prováděné experimenty. V technické praxi je vysokomolekulární polyetylen považován za nenasákavý. Affatato (2001) však předkládá studii absorpce kapaliny v závislosti na sterilizaci.

2. Experimentální metoda a výsledky

Vzorky tibiálních vložek jsou z UHMWPE. Femorální komponenta je ze slitiny na bázi Co-Cr-Mo. Technické uspořádání a parametry jsou navrženy tak, aby navozovaly v pokusech „in vitro“ zkušební podmínky srovnatelné se skutečnými v kloubu po implantaci. Důraz je kladen na proměnlivé zatížení, rozsah a rychlost pohybu, experimentální teplotu a na množství lubrikantu. Prováděné experimenty nejsou standardizované dle ISO 14 243.

Výčnělky po obrábění se zmenšují a zaplňují se prohlubně po obráběcích nástroji. Povrch dostává charakter hladké plochy, na které ulpívají uvolněné částičky UHMWPE. Po dalším

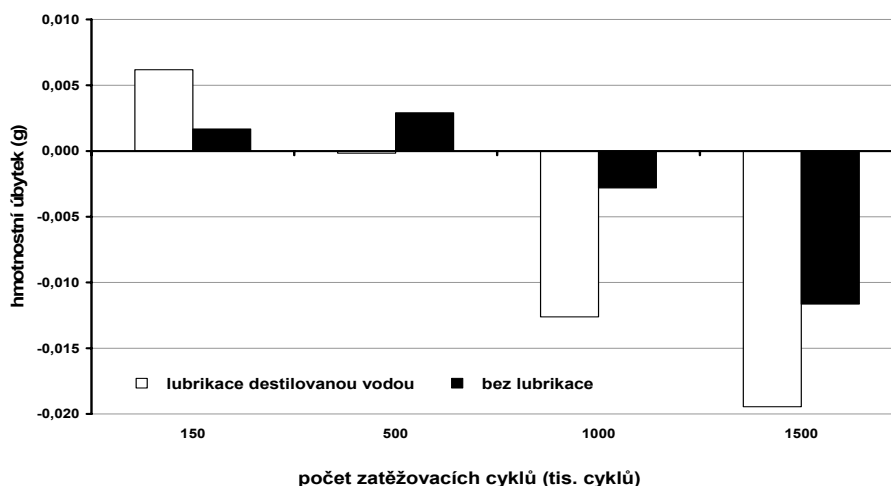
* Ing. Lukáš Franta, Doc. Ing. Jan Suchánek, CSc.: Ústav mechaniky, ČVUT v Praze; Technická 4; 166 07 Praha 6; tel.: +420 224 352 690, fax: +420 233 322 482; e-mail: Lukas.Franta@fs.cvut.cz

** Ing. Zdeňka Jeníková: Ústav materiálového inženýrství, ČVUT v Praze; Karlovo nám. 13; 121 35 Praha 2; tel.: +420 224 357 517, fax: +420 224 911 406; e-mail: Zdenka.Jenikova@fs.cvut.cz

*** RNDr. Josef Pražák, CSc.: Ústav termomechaniky, AV ČR; Dolejškova 1402/5; 182 00 Praha 8; tel.: +420 266 053 294; e-mail: Prazak@it.cas.cz

zatěžování se na povrchu objevují kolmé rýhy. Na hranici mezi kontaktní a původní neopotřebovanou plochou je vytlačován materiál.

V počáteční fázi experimentu bez lubrikace je patrný nárůst hmotnosti přibližně do 500 tis. cyklů. Následuje oblast opotřebení, ve které dochází k výraznému úbytku hmotnosti. Přičemž se zvyšujícím počtem cyklů narůstá rychlost úbytku hmotnosti. Z Grafu 1 je patrný nárůst hmotnosti do maxima odpovídajícímu 500 tis. zatěžovacích cyklů pro měření bez lubrikace. Při dalším zatěžování dochází k úbytku hmotnosti v porovnání s hmotností nezatěžovaného vzorku. Pro měření při lubrikaci destilovanou vodou narůstá hmotnost v rozmezí 150 až 500 tis. cyklů. Následně nastává fáze úbytku materiálů. Absolutní změna hmotnosti vzorků není dostatečným měřítkem vhodným pro porovnání. Bylo přistoupeno k vyhodnocování pomocí poměrného hmotnostního úbytku vztaženého hmotnosti neporušeného vzorku.



Graf 1 Hmotnostní úbytek vzorků z UHMWPE

3. Závěr

Na základě dosavadního měření je možné kvalitativně posoudit změny povrchu vzorků během zatěžování na simulátoru kolenního kloubu. Hlavní rozdíl spočívá v časovém vývoji porušení. Při lubrikovaném tření je velikost opotřebení komponenty z UHMWPE v daném čase menší. Vážením vzorků UHMWPE během tribologických testů byl pozorován nárůst hmotnosti, který zatím přikládáme pouze absorpci vody. Následuje fáze trvalého úbytku materiálu. Nastává však problém, jak odseparovat vliv absorpce vody, popřípadě jiných vlivů od úbytku materiálu zkoumaných vzorků.

4. Poděkování

Tento výzkum je podporován z programu MSM 6840770012 a OC096 – akce COST 533.

5. Literatura

- Affatato, S., Vandelli, C. et al. (2001) Fluid absorption study in ultra-high molecular weight polyethylene (UHMWPE) sterilized and unsterilized acetabular cups. *Proc. of the Inst. of Mech. Eng., Part H, Journal of engineering in medicine*, vol. 215, part H, pp.107-111.
- Graichen, F., Bergmann, G. (1999) Hip endoprosthesis for in vivo measurement of joint force and temperature. *Journal of Biomechanics*, Elsevier, vol. 32, no. 10, pp.1113-1117.
- Pražák, J., Vocel, J. et al., (2002). Možnosti umělé lubrikace umělých kloubů – závěrečná zpráva dílčího úkolu v rámci programu SKELET, Praha, Ústav termomechaniky AV ČR

CREATION OF THE STABLE ELASTIC LOOP

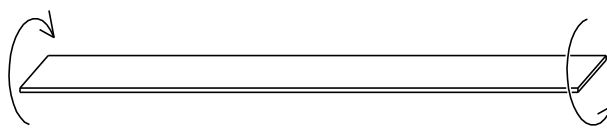
P. Frantík¹

Summary: *Paper deals with conditions of creation of the loop from a slender prismatic elastic beam loaded by torsional moments at its free ends. The loop occurs by achieving postcritical state of the beam. The problem is solved by dynamical simulation of discrete nonlinear model obtained by the physical discretization of the continuous beam. There are four qualitative different steady states, which can be obtained by the simulation.*

Úvod

Modelování pružných konstrukcí je oborem, jehož aplikace vykazují výbornou shodu s experimenty i za náročných podmínek, jakými jsou velká přemístění. Je-li reálná konstrukce dostatečně štíhlá, pak může dosahovat velmi velkých přemístění, při zachování pružného působení materiálu (malá přetvoření).

Mějme prizmatický prut zatížený na svých koncích proti sobě působícími, stejně velkými kroutícími momenty, viz obr. 1. Při nárůstu velikosti kroutících momentů M nad určitou kritickou hodnotu M_{cr} dochází ke ztrátě stability přímého tvaru prutu, prut se zakřivuje a střednice prutu se stává prostorovou křivkou (přehled viz [Bažant & Cedolin 1991]).



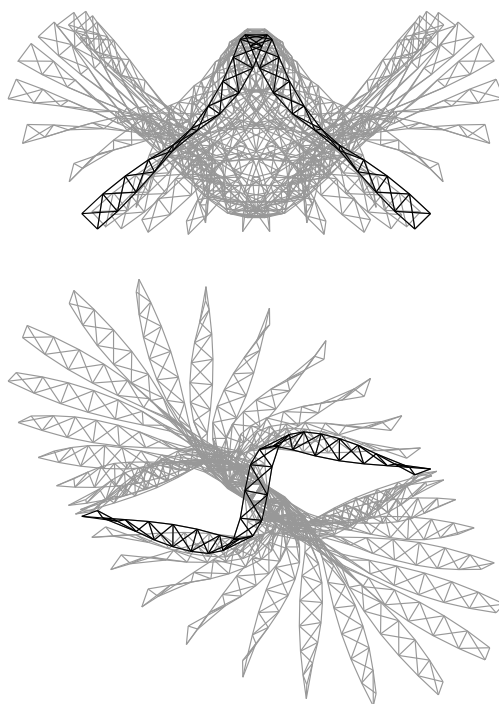
Obrázek 1: Schéma kroucení přímého prutu

Při ztrátě symetrie prutu, v důsledku užití sledujícího zatížení, může dojít k rotaci modelu prutu jako celku, jelikož dvojice kroutících momentů přestane mít nulovou výslednici. Z tohoto důvodu nebude zcela zřejmá případná stabilita získané smyčky ve smyslu stability statického stavu. Za stabilní stav proto obecněji považujeme pohybuující se prut, který nemění svůj tvar.

¹ Ing. Petr Frantík, Ph.D., Ústav stavební mechaniky, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně, Veveří 331/95, 602 00 Brno, e-mail: kitnarf@centrum.cz

Simulace jsou prováděny následujícím způsobem: Jako počáteční stav je zvolen nepřetvořený model prutu s malou „pohybovou“ nesymetrií v počátečních podmínkách. Dvojice kroutících momentů je nanesena v plné velikosti a v průběhu simulace nemění velikost. Parametry modelu prutu jsou zvoleny tak, aby odpovídaly tenkému pásku oceli s převažující délkou (obr. 1). Kromě velikosti kroutících momentů je rovněž uvažována proměnlivost parametrů tlumení. Výsledkem simulace systému pak mohou být následující stavy:

- statický přímý tvar prutu (obecně zkroucený),
- rotující vybočený prut s ustáleným tvarem,
- periodické oscilace změny tvaru prutu (obr. 2),
- chaotický pohyb, vzniklý celkovou ztrátou symetrie úlohy.



Obrázek 2: Kinogram poloviny periody oscilujícího prutu (dva vzájemně kolmé průměty)

Poděkování

Tento výsledek byl získán za finančního příspěví MŠMT, projekt 1M6840770001, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS. Při řešení byly částečně využity teoretické výsledky dosažené v projektu GA ČR 103/03/1350.

Literatura

- [Arnold 1983] Arnold, V. I., 1983: *Teória katastrof* (orig. Teorija katastrof, vydavateľstvo Moskevské univerzity 1983), vydavateľstvo Alfa, Bratislava
- [Bažant & Cedolin 1991] Bažant Z. P., Cedolin L., 1991: *Stability of Structures, Elastic, Inelastic, Fracture, and Damage Theories*, Oxford University Press, New York

MODEL OF CONCRETE AT THE EARLY AGES

M. Frantová¹, O. Lojkásek²

Summary: *Since the Chen model of plasticity is very suitable for modelling of hardened concrete due to the different strengths considered in compression and tension, it was sought to make use of this model also for description of mechanical behaviour of hardening concrete. The material parameters considered in the modelling have to be dependent on the progressing hydration. The performance of the modified Chen model of plasticity is described in an illustrative example.*

1. Introduction

This paper describes an extension of Chen model of plasticity [Chen 1982] for use with concrete in the very early ages. Since the Chen model of plasticity is very suitable for modelling of hardened concrete due to the different strengths considered in compression and tension, it was sought to make use of this model also for description of mechanical behaviour of hardening concrete. The material parameters considered in the modelling have to be dependent on the progressing hydration. The hydration is quantified with help of the degree of hydration, [Štemberk & Tsubaki 2003]. Due to this modification the range of application of the Chen model can be extend to hardening concrete.

2. Method of solution

All material parameters using in the Chen model of plasticity are functions of the evolutionary function. The evolutionary function, as its name implies, is introduced in order to describe the evolutionary changes in the microstructure of solidifying and hardening concrete and therefore to control the mechanical behaviour of concrete in the modelling, as shown in the paper [Štemberk & Tsubaki 2003]. Therefore it is obvious that the loading surfaces are changing with increasing time.

To illustrate the applicability of the presented approach, a real structure was considered. The Border bridge is a part of the newly constructed D8 highway connecting Prague and Dresden.

¹ Ing. Michaela Frantová, Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering, Department of Concrete and Masonry Structures, Thákurova 7, 160 29 Prague 6, tel.: +420 224 354 364, e-mail michaela.frantova@fsv.cvut.cz

² Ing. Otakar Lojkásek, JHP-mosty s.r.o., Ústřední 60, 102 00 Prague 10, tel.:+420 272 701 682, e-mail: lojkasek@jhp-mosty.cz.

This composite bridge is about 500 metres long and overpasses a deep valley. The intermediate columns are circa 50 metres tall, which prohibits pumping concrete directly from the bottom of the valley to the bridge deck, which is designed as reinforced concrete slab. Therefore, the concrete needs to be transported to the location of placement across the already finished reinforced concrete deck. Figure 1 shows the form of deformation of young concrete under the excessive compressive load. Figure 2 shows results of the analysis. There are shown decreasing displacements with increasing age of the concrete under constant loading. The growing of strength at the ages from 6 to 12 hours is also obvious from this graph.

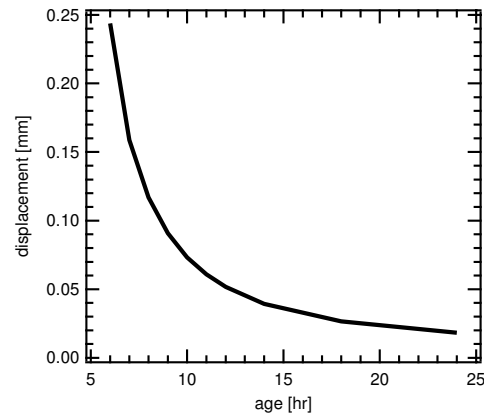
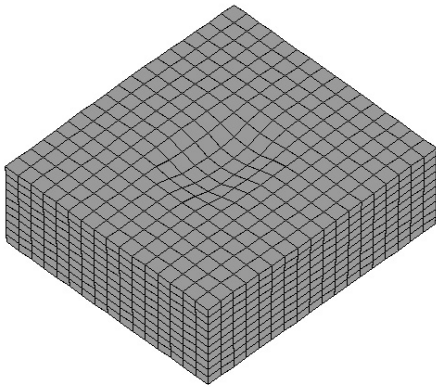


Figure 1: Section of analysed concrete deck- deformation Figure 2: Vertical displacement at various ages

3. Conclusions

In this paper, modification of Chen model of plasticity was described, so it is possible to use this model also for solidifying and hardening concrete. The applicability of the presented model is shown on the real structure and were the possibility of entrance to the newly concrete section was investigated. The proposed model can be extended further so that the uncertainty is accounted for. An approach to fuzzification of the Chen model of plasticity described above was presented in [Kruis & Štemberk 2005].

4. Acknowledgment

This work was financially supported by the Czech Science Foundation, project no. 103/05/2244, which is gratefully acknowledged.

5. References

- [Chen 1982] Chen, W.F. 1982: *Plasticity in reinforced concrete*. Osborne-McGraw-Hill, New York.
- [Štemberk & Tsubaki 2003] Štemberk, P. and Tsubaki, T. 2003: *Modeling of Solidifying Concrete under One-Dimensional Loading*. Proc. of JCI, Vol.25, No.1, 587–592.
- [Kruis & Štemberk 2005] Kruis, J., Štemberk, P. 2005: *Fuzzyfication of Chen Model of Plasticity of Concrete*. Computational Plasticity VIII. Barcelona, pp. 747–750.

**SOLUTION OF THE BEAMS ON ELASTIC FOUNDATION
 (DETERMINISTIC AND PROBABILISTIC APPROACH)**

K. Frydrýšek *, L. Václavek †

Summary: *The subject of this paper is the analysis of elastically supported beams (beams on elastic Winkler's foundation). The real beams of finite length can be also solved via superposition principle using the linear combinations of solutions of two beams of unlimited (infinite) length. The application of deterministic and probabilistic reliability assessment was used in a result evaluation (deflection, stress and buckling).*

1. Introduction

The bending of beams on an elastic foundation is described by differential equation:

$$EJ_{zT} \frac{d^4 v}{dx^4} + \left(\frac{\beta k EJ_{zT}}{GS} - N \right) \frac{d^2 v}{dx^2} + kv = q - \frac{dm}{dx} + \frac{\beta EJ_{zT}}{GS} \frac{d^2 q}{dx^2} - \frac{\alpha_t EJ_{zT}}{h} \frac{d^2 (t_2 - t_1)}{dx^2} + \dots,$$

The beams on elastic foundation can be classified into beams of infinite (or semi-infinite) length and beams of finite length L, see fig. 1.

Consider an intensity of force: $q = \frac{q_1(L-x)}{L}$ distributed over length L (Fig.2). The results solved via principles of superposition leads to the solution of system of linear equations:

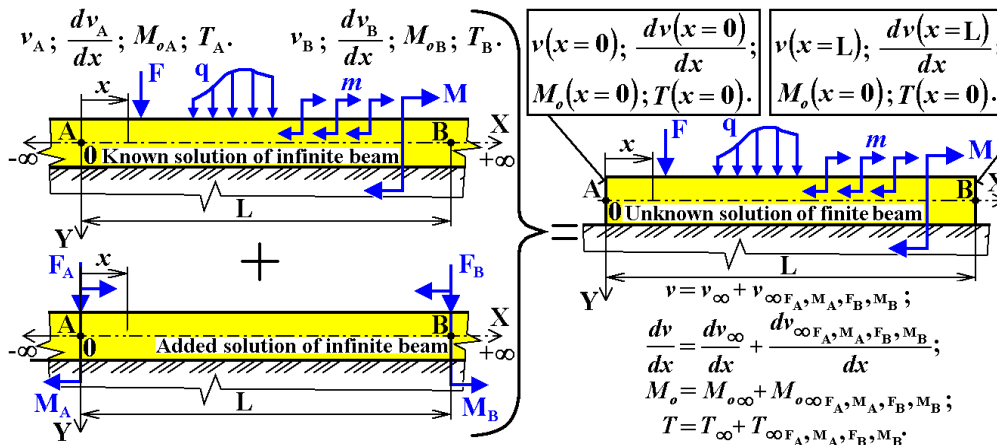


Fig.1. Superposition Principles Used for Solution of the General Beams of Finite Length L

* MSc. Karel FRYDRÝŠEK, Ph.D., ING-PAED IGIP, VŠB-TU Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanics of Materials, 17. listopadu 15, 708 33, Ostrava, CZ, tel.: +420 597324552, e-mail: karel.frydrysek@vsb.cz.

† MSc. Leo VÁCLAVEK, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, VŠB-TU Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanics of Materials, 17. listopadu 15, 708 33, Ostrava, CZ, tel.: +420 597324555, e-mail: leo.vaclavek@vsb.cz.

$$\begin{bmatrix} F_A & M_A & F_B & M_B \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} P_\infty \end{bmatrix}^{-1} \times \begin{bmatrix} -\frac{2k}{\omega} v_{\infty A} & -\frac{k}{\omega^3} \frac{dv_{\infty A}}{dx} & -2\omega M_{o\infty B} & 2T_{\infty B} \end{bmatrix}^T$$

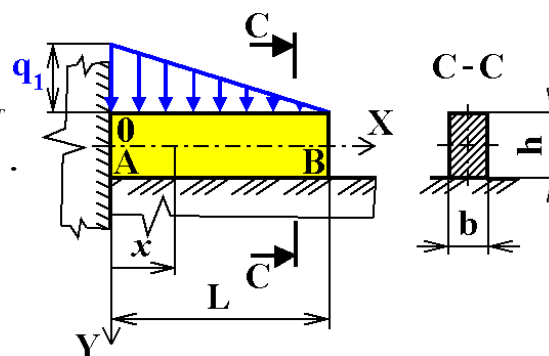


Fig.2. Solved Beam of Finite Length L.

Compare maximal deterministic deflection and stresses with probabilistic deflection and stresses of the beam on the fig.2.

Using the Anthill programme (SBRA method using Monte Carlo simulation) can be calculated probabilistic values (Fig.3).

These probabilistic values are compared with the deterministic values (Tab.1). Lower subscript "PRO" means probabilistic approach and lower subscript "DET" means deterministic approach. Operator "P" means probability.

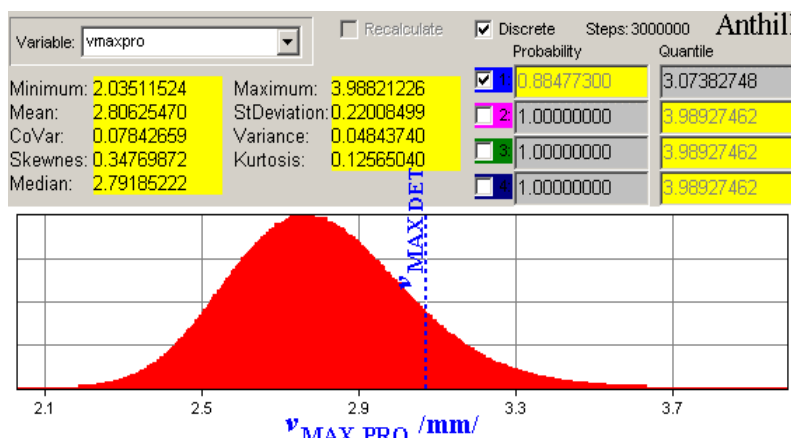


Fig.3 Comparing of Probabilistic and Deterministic Approach (Maximal Values of Deflection).

Deterministic approach:	Probabilistic approach:			Probability (Comparing):
	Minimum value:	Mean value:	Maximum value:	
$\sigma_{MAX DET} = 99.99 \text{ MPa}$	$\sigma_{MAX PRO} / \text{MPa}:$			$P(\sigma_{MAX DET} < \sigma_{MAX PRO}) = 0.966$
	71.98	91.05	115.58	
$v_{MAX DET} = 3.07 \text{ mm}$	$v_{MAX PRO} / \text{mm}:$			$P(v_{MAX DET} < v_{MAX PRO}) = 0.885$
	2.04	2.81	3.99	

Tab.1 Some Deterministic and Probabilistic Results and their Comparing.

For more information see full version of this paper. This paper was supported by the project FRVŠ 3413/2005/F1/A.

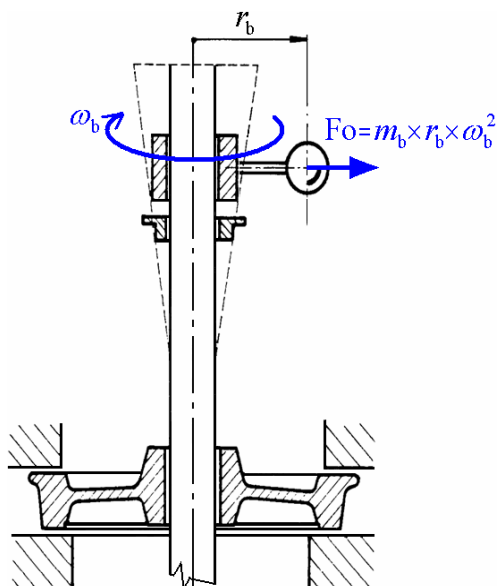
2. References

- Frydrýšek, K., 2006, Nosníky a rámy na pružném podkladu 1, Ostrava, pp.448 (in print).
- Frydrýšek, K., 2006, Nosníky a rámy na pružném podkladu 2, (interní učební texty oboru aplikovaná mechanika), Ostrava, katedra pružnosti a pevnosti, FS VŠB-TU Ostrava,.
- Frydrýšek, K., 2005, Solution of the Beams on Elastic Foundation Using Superposition Principles, In: Proceedings of 22st Conference with International Participation "Computational Mechanics 2005", vol.1, ISBN 80-7043-400-7, Plzeň, University of West Bohemia in Pilsen, Czech Republic, pp. 167-174.
- Hetényi, M., 1946, Beams on Elastic Foundation, Ann Arbor, University of Michigan Studies, USA, pp.245.
- Marek, P., Brozzetti, J., Guštar, M., 2001, Probabilistic Assessment of Structures Using Monte Carlo Simulation Background, Exercises and Software, ISBN 80-86246-08-6, ITAM CAS, Prague, Czech Republic, pp.471.

PROPOSAL CALCULATIONS OF A NEW MACHINE FOR FATIGUE TESTING OF RAILWAY AXLES

K. Frydryšek^{*}, R. Fajkoš[†], J. Rojíček[‡]

Summary: *There was done some proposal calculations for a new testing machine. This new testing machine is determined for a fatigue testing of railway axles. The railway axles are subjected to bending and rotation (centrifugal effects). For the project of massive testing machine is also important to know the basic dynamic characteristics of whole system.*



Obr.1 Princip zkoušení náprav odstředivou silou, které je založené na rezonančním principu.

1. Úvod

Evropské normy definují jakost, výpočty napětí, meze únavy, zkoušky atp. u železničních náprav, viz normy EN 13261, EN 13260 a EN 13104.

Vyvíjí se nový zkušební stroj (rezonátor), který je určený k únavovému testování vlakových náprav ohybem za rotace, viz obr.1. Zkouška je řízena pomocí tenzometrů. Pro správné navržení výše uvedeného zkušebního stroje, je důležité znát základní dynamické charakteristiky navržené soustavy. Byly řešeny dvě varianty výpočtů (12 nebo 16 pryžových pružin, s nelineárními charakteristikami, které jsou umístěny pod betonovým základem).

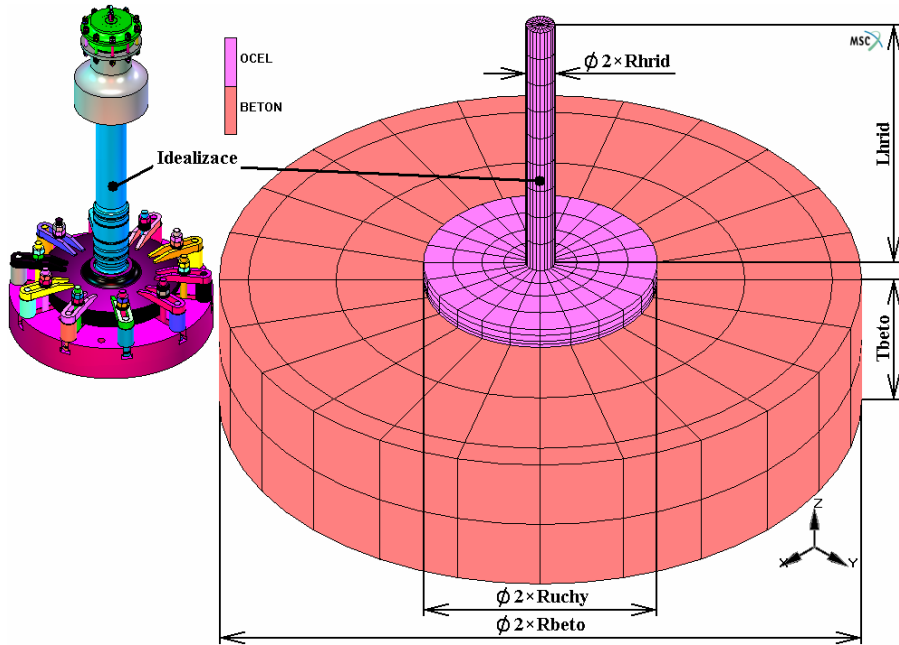
Izotropní Materiál vyhovuje Hookeovu zákonu. Při výpočtu se uvažuje i materiálové tlumení.

Nejprve byla řešena modální analýza ze které se stanovily rezonanční frekvence. Následně byl řešen také rozběh zkušebního stroje až do ustáleného stavu při zvolených frekvencích rotačního budiče. Pro odstředivou sílu budiče a úhlovou rychlost platí: $F_o = m_b \times r_b \times \omega_b^2$,

^{*} Ing. Karel FRYDRÝŠEK, Ph.D., ING-PAED IGIP, VŠB-TU Ostrava, Fakulta strojní, katedra pružnosti a pevnosti, 17. listopadu 15, 708 33, Ostrava, CZ, tel.: +420 597324552, fax: +420 596916490, e-mail: karel.frydrysek@vsb.cz.

[†] Ing. Rostislav FAJKOŠ, Útvar technického ředitele-oddělení výzkumu a vývoje, Bonatrans a.s., Bezručova 300, 735 94 Bohumín, CZ, tel: +420 597082016, fax: +420 597082814, e-mail: rfajkos@bonatrans.cz.

[‡] Ing. Jaroslav ROJÍČEK, VŠB-TU Ostrava, Fakulta strojní, katedra pružnosti a pevnosti, 17. listopadu 15, 708 33, Ostrava, CZ, tel.: +420 597324552, fax: +420 596916490, e-mail: jaroslav.rojicek@vsb.cz.



Obr.2 Schéma zkušebního stroje se základními rozměrovými parametry a přijatými zjednodušeními

$\omega_b = 2\pi \times n_b$, kde n_b /s⁻¹/ jsou otáčky budiče. Ve všech výpočtech platí: $n_b \in (10; 35)$ s⁻¹.

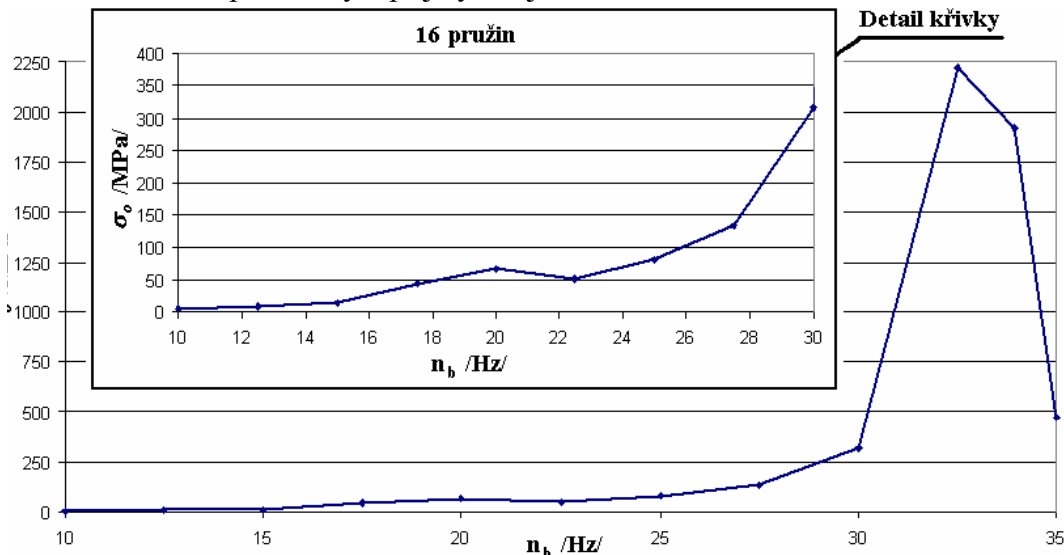
2. Výsledky

Z výsledků transienční analýzy je možno, při zvolené frekvenci n_b , získat radiální průhyb u_{RAD} /m/ na konci hřídele.

Následně lze stanovit ohybové

napětí, viz obr.3.

V obr. 3 je znázorněn také detail křivky pro rozsah napětí do 400 MPa.



Obr.3 Varianta výpočtu 16 pružin – Transienční analýza.

3. Závěr

Podle navržených rozměrů a navržených pružin se v současné době dokončuje nový zkušební stroj pro testování únavy materiálu vlakových náprav.

4. Literatura

EN 13261 Applications – Wheelsets and bogies – Axles – Product requirements.

EN 13103 Railway applications – Wheelsets and bogies – Non-powered axles – design Method.

EN 13104 Railway applications – Wheelsets and bogies – Powered axles – design Method.

Frydryšek, K., Rojíček, J.: Výpočtová zpráva: Výpočet a optimalizace odpruženého základu určeného pro rezonanční zkoušky kol a náprav v měřítku 1:1, katedra pružnosti a pevnosti, FS VŠB-TU Ostrava, Ostrava, 2005, pp. 25.

DYNAMICS OF A BEAM COUPLED WITH A PRESTRESSED STRING

L. Frýba*, C. Fischer*

Summary : *The beam with an axial force is coupled by an elastic layer of Winkler type with the pretensiled string. It is subjected to a row of moving forces. The theoretical model corresponds to a prestressed bridge. The concrete bridges of this type are the most spread types appearing on both the road and railway bridges of small and medium spans. The governing equations form a coupled set of partial differential equations that are solved using the Fourier and Laplace-Carson integral transformations. The closed form of the solution is – as yet – derived for the undamped case.*

Utlumit dynamické účinky vozidel při jejich pohybu po silničních a železničních mostech je dávnou snahou stavebních i strojních inženýrů. Pro tento účel byla vyvinuta celá řada systémů, např. pružné uložení mostních ložisek, odpružená vzpěradla s řízenými tlumiči nebo dvojité systémy nosníků či lan spojené pružnou vrstvou. Každý z těchto způsobů je účinný v určitých případech a ne všechny jsou i ekonomicky přijatelné.

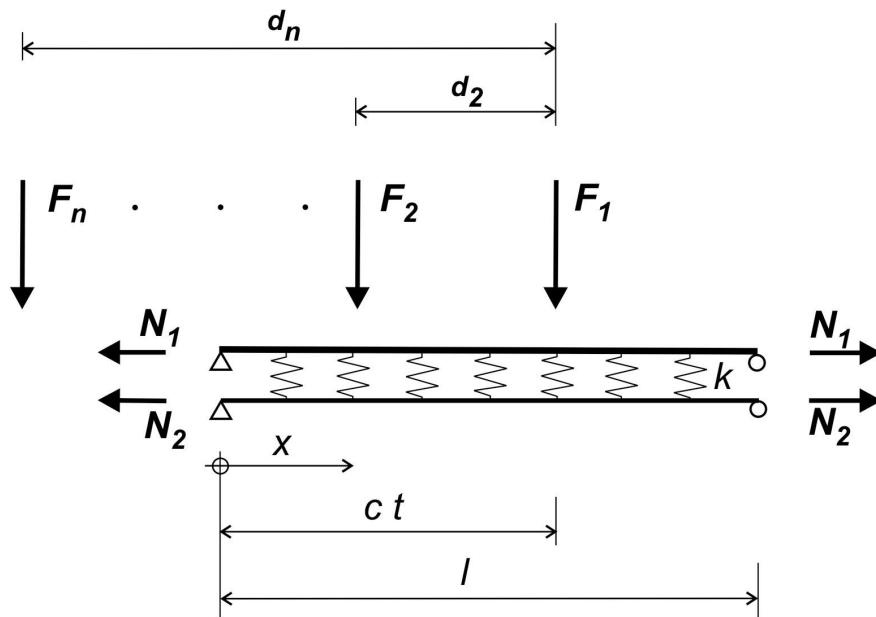
V poslední době se hojně používají předpjaté železobetonové silniční a železniční mosty o malých a středních rozpětích. Tento typ je u nás i ve světě nejrozšířenější a skládá se ze železobetonových nosníků a tažených strun, které způsobují příznivý tlak v nosnicích. Struny jsou zabetonovány v kanálcích, ale často jsou uloženy i volně (zvláště při rekonstrukcích a zesilování) a opírají se do čel nosníků.

S ohledem na dvojité systémy, které jsou v poslední době hojně propagovány, vznikla myšlenka spojit železobetonový nosník pružnou vrstvou s předpínacími strunami. Pružná vrstva může být opatřena i vhodnými tlumiči. Tak vzniká nová soustava, jež je schématicky zobrazena na obr. 1 a která představuje teoretický model nosníku, předpjaté struny a pružné mezivrstvy, po které se pohybuje soustava nápravových sil.

Dynamické chování systému na obr. 1 popisuje spřažená soustava parciálních diferenciálních rovnic pro svislý průhyb nosníku (Bernoulliho-Eulerova typu) a struny, která se řešila metodou integrálních transformací, a to Fourierovou v proměnné x a Laplaceovou-Carsonovou v časové proměnné t .

Účelem studie je sledovat obor různých parametrů, jež ovlivňují řešení problému, a které způsobují, že dynamická odezva předpjatého nosníku s pružnou mezivrstvou je menší než téhož systému bez mezivrstvy.

* Prof. Ing. Ladislav Frýba, Dr.Sc., Dr.h.c., RNDr. Cyril Fischer, PhD., Ústav teoretické a aplikované mechaniky, Akademie věd České republiky, Prosecká 76, CZ – 190 00 Praha 9, tel/fax : ++ 420 283881646, E-mail : fryba@itam.cas.cz



Obr. 1. Teoretický model.

Poděkování

Tato práce vznikla za podpory grantů GA AV ČR 200710505, GA ČR 105/05/2066, projektu MOSTDYN 1F45D/013 a výzkumného záměru ÚTAM AV ČR OZ 07207/10524.

Literatura

- [1] Frýba, L. (1989) *Kmitání těles a konstrukcí způsobené pohybujícím se zatížením*. 2. vydání, Academia, Praha.
- [2] Frýba, L. (2005) Zmenšení dynamických účinků na předpjatých mostech. *Stavební obzor*, 14, č. 9, str. 257-260.
- [3] Frýba, L., Fischer, C. (2005) Dynamics of prestressed beams coupled with a string. In : C.A. Brebbia, G.M. Carlomagno (eds) : *Computational Methods and Experimental Measurements XII*. WIT Press, Southampton, Boston, str. 445-454.
- [4] Frýba, L., Fischer, C. (2005) Vibration of a coupled system beam and string under a moving force. In : C. Soize, G.I. Schuëller (eds) : *Structural Dynamics EURO DYN 2005*, Millpress, Rotterdam, Netherlands, Vol. 2, str. 1033-1037.

CALCULATION OF THE CERAMICS MATERIAL PARAMETERS FROM THE TESTING DESTRUCTIONS OF THE HEADS

V. Fuis^{*}, P. Hlavon^{*}, T. Návrat^{*}

Summary: *This paper deals with increasing of the computation modelling level of the reliability problem of ceramic heads of total hip joint endoprostheses. The solution to this problem was invoked by recent more frequent failures of these heads in clinical practice. Results of computational and experimental modelling have shown a substantial influence of shape deviations in the conical connection between stem and head on the initiation of ceramic head fractures. The fracture probability was evaluated step by step for various macroscopic shape deviations in the conical connection and then for microscopic shape deviations superposed on the macroscopic deviations. The solution to the problem of ceramic head reliability requires realization of two computational models: one for determination of stress states and another one for evaluation of the fracture probability. Material characteristics of ceramics used in fracture probability evaluation have been determined by a three-point-bending test till now. Within the framework of this paper is that the characteristics will be determined by destruction tests of ceramic heads and they will be used as new input data in the computational variants realized till now.*

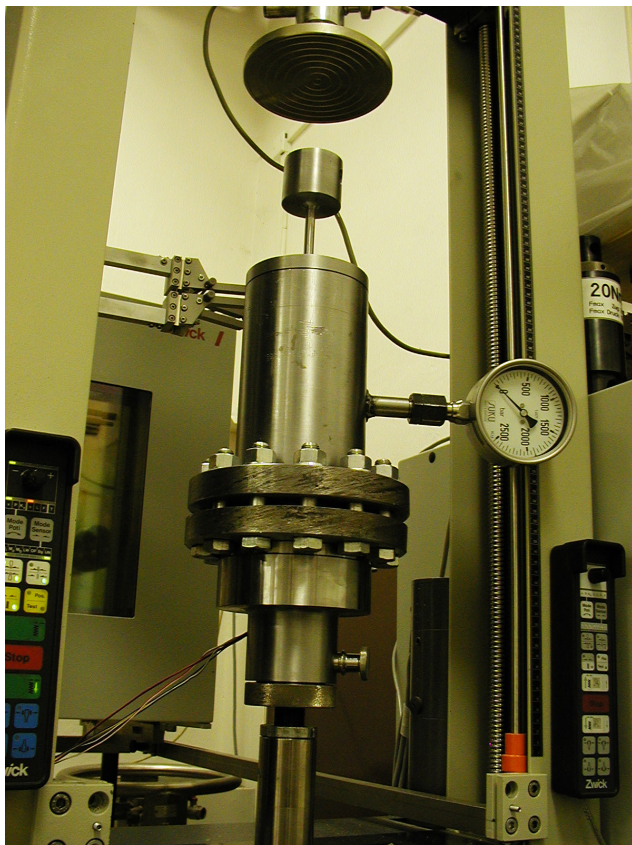
1. Úvod

Problémovou situací, kterou je třeba vyřešit, jsou destrukce keramických hlavic totální kyčelní endoprotézy *in vivo*, ke kterým docházelo od poloviny devadesátých let v řadě českých nemocnic. Jednalo se o keramické hlavice české provenience vyrobené z Al_2O_3 nasazené na kužel dřívku z austenitické oceli ULTRA AKV 2. Selhání implantátu typu „destrukce keramické hlavice“ má vždy pro pacienta traumatologické následky, neboť je nutné provést reoperaci části nebo dokonce celé endoprotézy, po které opět následuje rekonvalescence a rehabilitace. Je tedy žádoucí, aby se počet reoperací implantátů minimalizoval. Proces implantace endoprotézy ortopédem je až konečnou etapou procesu tvorby a aplikace technického objektu (v tomto případě totální kyčelní endoprotézy). Předchází mu proces návrhu, výroby, testování, dopravy, skladování a sterilizace. V každém z těchto procesů je možné spolehlivost konečného výrobku zvýšit, nebo naopak nevhodnými zásahy snížit. Spolehlivost součásti z keramického materiálu se určuje na základě Weibullový teorie nejslabšího článku (Bush (1993)) a závisí na třech materiálových parametrech. Tyto parametry je nutné experimentálně určit ze sady zkoušek 3 nebo 4-bodovým ohybem normalizovaných zkušebních vzorků vyřezaných z analyzovaných keramických součástí.

* Ing. Vladimír Fuis, Ph.D., Ing. Pavel Hlavon, Ph.D., Ing. Tomáš Návrat, Ph.D.: Společné pracoviště ÚT AV ČR a ÚMTMB FSI VUT v Brně, Technická 2, 616 69, Brno; tel.: +420.541 142 891, fax: +420.541 142 876; e-mail: fuis@fme.vutbr.cz, hlavon@fme.vutbr.cz, navrat@fme.vutbr.cz

2. Určení materiálových charakteristik biokeramiky

Rozměry keramické hlavice totální kyčelní endoprotézy jsou příliš malé, a proto z ní nelze vyřezat normalizované testovací vzorky. Vyřezané vzorky jsou výrazně menší než normalizované, a proto výsledky vykazují vyšší hodnoty pevnostních charakteristik, než které by se určily z destrukcí normalizovaných vzorků.



Obr.1 Zkušební přípravek na destrukce keramických hlavic

Cílem práce je určit materiálové parametry keramického materiálu přímo z destrukčních zkoušek keramických hlavic a následného výpočtového modelování napjatosti v komponentě metodou konečných prvků. Keramické hlavice jsou destruovány ve speciálním přípravku (obr. 1) tak, že do kuželového otvoru hlavice je vtlačována elasticko-plastická pryž NBR90. Tímto způsobem zatížení se v hlavici vytváří tahová napjatost v obvodovém směru, která se podobá napjatosti od kontaktu se dříkem endoprotézy. Na rozdíl od kontaktní úlohy však napjatost v hlavici není ovlivňována makro a mikro tvarovými odchylkami (Fuis (2000)) a je funkcí pouze vnějšího tlakového zatížení. V procesu zatěžování hlavice do její destrukce jsou měřena obvodová přetvoření na vnější kulové ploše hlavice, která jsou následně použita při výpočtovém modelování napjatosti a deformace v hlavici metodou konečných prvků. Po obvodu hlavice jsou nalepeny dva tenzometry, které v průběhu zatěžování kvantifikují nehomogenitu obvodových přetvoření, která signalizuje

odchylku od rotačně symetrického zatěžování. Z výsledků experimentů vyplývá, že maximální odchylka změřených přetvoření činila 7 %, a to pouze u jednoho měření, ostatní odchylky se pohybovaly od 0,5 % do 5 %, což znamená, že hlavice byly zatěžovány, tak že v nich vznikala napjatost blízká rotačně symetrické.

3. Poděkování

Tato práce vznikla za podpory grantu GAČR 101/04/P037 a záměru MSM 0021630518.

4. Literatura

Bush, D.: Designing Ceramic Components for Structural Applications. J. Mater. Eng. Perf. ASM Int., 2, pp. 851-862, 1993.

Fuis, V.: Napjatostní a spolehlivostní analýza keramické hlavice kyčelní endoprotézy. Vědecké spisy VUT v Brně, edice PhD Thesis, sv. 34, Brno, 2000

STRAIN GAGE USED FOR STRESS AND STRAIN STATE OF THE TORSION TEST QUANTIFICATION

J. Fuxa*, R. Kubala*, F. Fojtík*

Summary: *An original method for the strain, strain rate and stress intensity of the torsion test has been developed. This method replaces "classical" one - based on the Cauchy's geometrical equations. The method has been based on a considering of a fictive circle - which is thought on the surface of the cylindrical specimen. The circle transforms - due to straining - into fictive ellipse; its major axis and minor axis serves for principal strains and stresses calculation. A strain gage is able to serve for the strain state quantification.*

1. Úvod

Článek pojednává o využití odporové tenzometrie pro vyhodnocení napětově-deformačního stavu při laboratorním kroucení tenkostěnných válcových vzorků. Tyto torzní testy umožňují ze změřených hodnot dopočítávat konstitutivní rovnici testovaného materiálu a slouží dále ke stanovení mezních hodnot při koncipování kritérií pevnosti staticky nebo únavově namáhaných materiálů. Odporový tenzometr umožňuje určit poměrnou deformaci:

$$\varepsilon = \Delta l / l_0, \quad (1)$$

kde l_0 je původní délka a Δl je přírůstek této délky vlivem zatížení. Je-li odporový tenzometr nalepen na povrch dutého tenkostěnného válcového vzorku tak, že jeho osa je rovnoběžná s osou vzorku, pak při zkrucování dochází ke změně délky tenzometru. Při kroucení se zamezením posunutí ve směru osy vzorku lze pro zkos γ psát:

$$\cos \gamma = l_0 / l = l_0 / (l_0 + l_0 \cdot \varepsilon) = 1 / (1 + \varepsilon), \quad (2)$$

když hodnotu ε můžeme průběžně zaznamenávat. V práci Fuxa (1997) bylo odvozeno, že deformační i napětový stav je pro malé i velké deformace nelineárně závislý na parametru Z :

$$Z = \operatorname{tg} \gamma = \sin \gamma / \cos \gamma = (2 \cdot \varepsilon + \varepsilon^2)^{1/2}. \quad (3)$$

Jak je z rovnice (3) zřejmé, můžeme parametr Z vyjádřit ze změřené hodnoty $\cos \gamma$ - viz rovnicí (2) - a tím použít připravenou teorii, viz Fuxa (2000), k vyhodnocení zkoušky kroucením. Úhel sklonu α směru hlavní deformace ε_1 vůči ose zkušební vzorku se mění:

$$\alpha = \operatorname{arctg} ((2 \cdot \varepsilon + \varepsilon^2)^{1/2} / 2 + ((2 \cdot \varepsilon + \varepsilon^2) / 2 + 1)^{1/2}). \quad (4)$$

* Prof. Ing. Jan Fuxa, CSc., Ing. Rostislav Kubala, CSc., Ing. František Fojtík: Katedra pružnosti a pevnosti, Fakulta strojní VŠB-TU Ostrava; 17. listopadu 15; 708 33 Ostrava - Poruba; tel.: +420.597 324 412, fax: +420.596 916 490; e-mail: jan.fuxa@vsb.cz

2. Deformační stav a napět'ový stav

Intenzita deformace S_ε je počítána z výrazu:

$$S_\varepsilon = 2 / 3^{1/2} \cdot \ln \left(\frac{2 + (2\varepsilon + \varepsilon^2)/2 + (2\varepsilon + \varepsilon^2)^{1/2} \cdot (4 + 2\varepsilon + \varepsilon^2)^{1/2} / 2}{2 + (2\varepsilon + \varepsilon^2)/2 - (2\varepsilon + \varepsilon^2)^{1/2} \cdot (4 + 2\varepsilon + \varepsilon^2)^{1/2} / 2} \right) \quad (5)$$

Napět'ový stav je s deformačním stavem svázán fyzikálními rovnicemi. Konstanty těchto rovnic však zpravidla neznáme, určujeme je při vyhodnocení torzního testu ze změřených hodnot. Směry hlavních napětí a odpovídajících hlavních deformací jsou totožné. Napětí σ a τ v rovině příčnému řezu krouceného zkušební vzorku lze odvodit z rovnic rovnováhy vnitřních sil ve směru osy vzorku a ve směru kolmém k ose vzorku:

$$\sigma = -S_\sigma / 3^{1/2} \cdot \left(\varepsilon + \varepsilon^2 / 2 + (2\varepsilon + \varepsilon^2)^{1/2} \cdot (4 + 2\varepsilon + \varepsilon^2)^{1/2} / 2 \right) / \left(2 + \varepsilon + \varepsilon^2 / 2 + (2\varepsilon + \varepsilon^2)^{1/2} \cdot (4 + 2\varepsilon + \varepsilon^2)^{1/2} / 2 \right), \quad (6)$$

$$\tau = 2 \cdot S_\sigma / 3^{1/2} \cdot \left((2\varepsilon + \varepsilon^2)^{1/2} / 2 + (4 + 2\varepsilon + \varepsilon^2)^{1/2} / 2 \right) / \left(2 + \varepsilon + \varepsilon^2 / 2 + (2\varepsilon + \varepsilon^2)^{1/2} \cdot (4 + 2\varepsilon + \varepsilon^2)^{1/2} / 2 \right). \quad (7)$$

Hlavní napětí σ_1 mění směr během rozvoje (plastických) deformací - viz rovnici (4). Druhé hlavní napětí σ_2 má opačné znaménko a jeho směr souhlasí se směrem ε_2 . Třetí hlavní napětí je nulové. Smykové τ a normálové σ napětí lze dopočítávat ze změřených hodnot krouticího momentu M_K a osově síly F_A , při aplikaci rovnic (7) a (6).

3. Závěr

Byl předložen postup vhodný pro získávání hodnot deformačně-napět'ových stavů při kroucení s užitím odporových tenzometrů. Měřené hodnoty ε mohou být získávány buď přímo z tenzometru, který je nalepen na povrchu zkušební vzorku anebo mohou být použity upravené extenzometry.

Metoda umožňuje vyhodnocovat deformačně-napět'ové stavy při kroucení zejména dutých, tenkostěnných, válcových vzorků. Předložené vztahy platí jak v oblasti malých (pružně-platických), tak také v oblasti velkých (plastických) deformací.

Podrobnosti jsou uvedeny v plném textu referátu.

4. Poděkování

Autoři děkují GA ČR za finanční podporu projektu 101/04/0475, v jehož rámci vznikl také tento příspěvek.

5. Literatura

- Fuxa, J. (1997) Theory of the Torsion Test Evaluatin, in: *Proc. 2nd Congress of Croatian Society of Mechanics, Supetar - Croatia, 18-20 September 1997*, pp.353-359.
- Fuxa, J. (2000) Analytické řešení napět'ově-deformačního stavu při zkoušce krutem, in: *Proc. 16. konference s mezinárodní účastí Výpočtová mechanika, Nečtiny 30. říjen - 1. listopad 2000* (J. Křen ed), pp.111-118.

DYNAMIC MODEL OF DIFFERENTIALLY DRIVEN SOCCER ROBOT

R. Grepl¹, J. Hrabec, P. Honzík, F. Šolc²

Summary: *This paper describes the modelling of differentially driven soccer robot. Dynamic model of mechanical subsystem is built in Matlab/SimMechanics software. Detailed attention is dedicated to modelling of rolling of the wheel as well as to slipping model in forward and lateral direction. Developed simulation model can be used as reference for other simplified models used in control.*

Tento příspěvek se zabývá modelováním dynamiky chování fotbalového robotu kategorie MI-ROSOT. Herní scéna je snímána kamerou umístěnou nad středem hřiště. Obraz je vyhodnocován řídicím počítačem a jeho analýzou jsou získány údaje o poloze a orientaci jednotlivých robotů a míče. Tyto údaje jsou zprostředkovány řídicímu algoritmu (strategii) hry. Vnější rozměry robotu jsou omezeny krychlí o hraně 80 mm, hmotnost smí být maximálně 650 g. Rychlost robotů konstruovaných v současné době dosahuje až $4m.s^{-1}$ a zrychlení až $10m.s^{-2}$. Jedná se tedy o poměrně rychlý dynamický systém. Robot se pohybuje pomocí dvou pevných kol s diferenciálním řízením. O napájení se starají akumulátory a komunikace s řídicím počítačem je bezdrátová (více informací v [1]).

V souvislosti s růstem kvality softwarového i hardwarového vybavení pro řízení se objevují i požadavky na modelování dynamiky pohybu robotu.

Návrhem dynamických modelů pro řízení jsme se zabývali již v [2, 3]. Zde prezentujeme přístup k tvorbě dynamického modelu v prostředí Matlab/SimMechanics (nástroj pro modelování kinematiky a dynamiky MBS).

Naším cílem je model robotu, který by zahrnoval všechny podstatné faktory objevující se při reálném provozu (dynamika mechanické části především pak složitou problematiku tření, dynamika pohonů, vliv akčních zásahů řízení, změnu maximální tečné síly v kole robotu vlivem jeho dynamiky). Takto komplexní model zahrnující i interakci systému s okolím lze považovat za virtuální prototyp (VP). V tomto příspěvku uvádíme výsledky práce vedoucí k návrhu mechanické části budoucího VP.

¹ Ing. Robert Grepl, Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Fakulta strojního inženýrství, VUT v Brně, Technická 2896/2, 616 69 Brno, Czech Republic,
email: grepl@fme.vutbr.cz, web: <http://www.umt.fme.vutbr.cz/~rgrepl/>

² Ing. Jakub Hrabec, Ing. Petr Honzík, prof. Ing. František Šolc, CSc., Ústav automatizace a měřicí techniky, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, VUT v Brně, Kolejní 2906/4, 612 00 Brno, Czech Republic,
email: hrabec@feec.vutbr.cz

Hlavním problémem mechanického modelu je simulace valení kola po rovinném terénu s možností prokluzu při překročení maximální možné přenášené síly v kontaktu. Simulační nástroj, který pro MBS (multi body system – soustava tuhých těles propojených vazbami) používáme (Matlab/SimMechanics) nemá žádnou takto definovanou vazbu mezi tělesem a rovinou, umožňuje však přístup k modelu mechanismu na nízké úrovni a proto i takto komplikovaná vazba může být modelována.

V článku je nejprve detailně rozebrán případ valení samostatného kola, uvedeny jsou dvě možnosti řešení vazby bez prokluzu a dále model s prokluzem. Následně jsou tato kola připojena k tělu robotu a vazbová síla v jejich spojení je použita ke kompenzaci přenesené třecí síly.

Výsledný model má následující vlastnosti:

- zahrnuje dynamiku těla i kol robotu
- modeluje možnost prokluzu v obou kolech
- modeluje možnost prokluzu v ose kolmé na směr robotu
- rychlost simulace není vhodná pro řízení v reálném čase

Dynamický model mechaniky robotu společně s jednoduchým diferenciálním řízením lze použít k detailní analýze pohybu robotu z hlediska prokluzu v kolech vlivem záběrového momentu (ve směru pohybu robotu) i setrvačných sil (ve směru kolmém k pohybu robotu). Také může sloužit jako reference při verifikaci jednodušších modelů, při testování řídicích algoritmů a algoritmů plánování trajektorie.

Prezentovaný přístup modelování valivé vazby v prostředí Matlab/SimMechanics lze zobecnit i pro systémy s větším počtem kol (automobily, kolejová vozidla, vícekolové mobilní roboty).

Poděkování

Publikovaných výsledků bylo dosaženo za podpory ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky, výzkumný záměr MSM 0021630518 "Simulační modelování mechatronických soustav".

Reference

- [1] webovské stránky projektu RoBohemia: <http://www.robohemia.cz/>, FEE VUT, 2006
- [2] Šolc, F., Hrabec, J., Grepl, R.: *Modelling of Fast Differentially Driven Mobile Robot*, NETSS 2006, 3rd International Winter Workshop, Přerov, 2006
- [3] Šolc, F., Hrabec, J., Honzík, B.: *Control of a soccer robot*, In 7th Symposium on Robot Control SYROCO 03. 7th Symposium on Robot Control SYROCO 03. Wroclav Poland: Wroclav University of Technology, s. 379 - 384 , 2003

AN EFFECTIVE APPROACH TO DESIGN OF INTERACTIVE MECHATRONIC SYSTEM

R. Grepl¹, R. Vlach¹, P. Krejčí¹

Summary: *This paper deals with the ideas of an effective approach to computer modelling of mechatronic system. The classification of used models is described as well as optimal usage of each class of model. Two experimental design of mobile walking robots is briefly mentioned as an example of the method application.*

1. Úvod

V tomto článku se stručně popíšeme jeden z možných přístupů k problematice počítačového modelování mechatronických soustav. Mechatronickou soustavu zde chápeme jako komplexní (obsahuje subsystemy různé fyzikální podstaty) dynamický interaktivní (významná je „komunikace“ soustavy s obecně dynamických okolím) systém.

V našich úvahách předpokládáme, že model soustavy má charakter systému se soustředěnými parametry, dynamické modely jsou tedy založeny na řešení soustav ODE resp. DAE (v mechanice jde o MBS – multi body systems).

V neposlední řadě považujeme za velmi významné racionální využívání simulačního modelování a především jeho kombinaci s modelováním experimentálním. Vždy je nutno mít na paměti, že výsledky simulačního modelování je nutno verifikovat experimentem, jinak je jejich hodnota diskutabilní.

Teoretické úvahy o charakteru a efektivních postupech počítačového modelování chápáme jako inženýrský nástroj demonstrujeme na dvou příkladech realizací laboratorních experimentálních fyzických modelů mobilních robotů. Mobilní robot, který realizuje poměrně dosti komplikovanou činnost – chůzi – může být považován za ideální modelový případ komplexní dynamické interaktivní (mechatronické) soustavy.

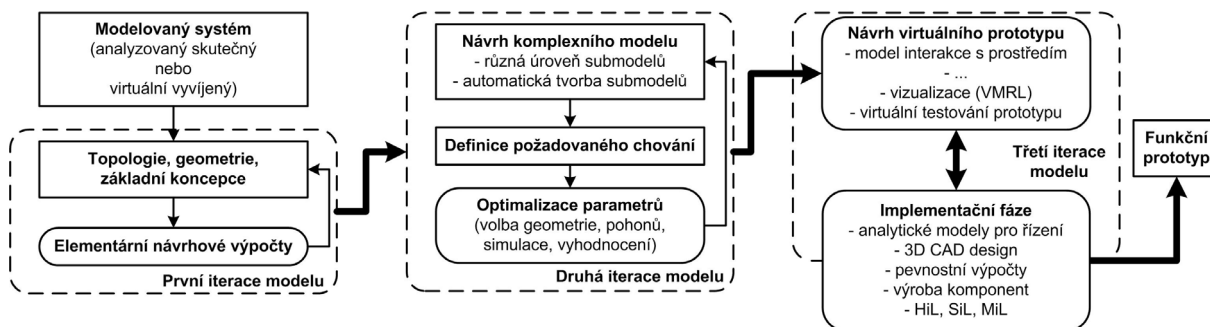
2. Efektivní přístup k návrhu mechatronické soustavy

Efektivní cesta návrhu mechatronické soustavy od zadání problému k reálnému fungujícímu prototypu vyžaduje podporu počítačového modelování. Efektivní počítačové modelování pak

¹ Ing. Robert Grepl, Ph.D., Ing. Radek Vlach, Ph.D., Ing. Petr Krejčí, Ph.D., Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Fakulta strojního inženýrství, VUT v Brně, Technická 2896/2, 616 69 Brno, Czech Republic, email: grepl@fme.vutbr.cz, web: <http://www.umt.fme.vutbr.cz/~rgrepl/>

sestává z vhodné kombinace a posloupnosti použití různých typů modelů popsanych v plném textu článku.

Při posuzování obecných vlastností modelu ve vztahu k jeho použití je nutno brát ohled na náročnost tvorby modelu, výpočetní náročnost modelu a soulad výpovědi modelu s realitou. Je zřejmé, že pro různé fáze návrhu konečného reálného prototypu budeme volit rozdílné modely, tak aby byl celý proces maximálně efektivní. Na obr. 1 je uvedeno schéma možného způsobu efektivního počítačového návrhu od zadání základních požadavků po oživení prototypu.



Obr. 1: Postup návrhu mechatronické soustavy s podporou počítačového modelování)

3. Závěr

V článku jsme stručně popsali efektivní způsob použití počítačových modelů jako podpory inženýrských rozhodnutí konstruktéra. Důležité je především rozlišení vhodného konkrétního typu modelu z hlediska doby jeho návrhu, výpočetní rychlosti a věrohodnosti výsledků. Každá z kategorií modelování (základní úloha, komplexní model, virtuální prototyp) má své místo v procesu návrhu mechatronické soustavy. Optimální proces modelování vyžaduje vhodné načasování implementace konkrétního typu modelu.

4. Poděkování

Tento příspěvek byl vytvořen za podpory projektu GAČR 101/06/P108 „Výzkum simulačního a experimentálního modelování dynamiky mobilních kráčečících robotů“.

5. Reference

- [1] Grepl R., Kratochvíl C.: *Conception of Robot-Environment Simulating Modelling*, Proceedings of the 5th Polish-German Mechatronic Workshop "Trends in Mechatronics", Serock, Poland, June 16-17, 2005, p. 61-66 (ISBN 83-905409-3-2))
- [2] Modelling of Kinematics of Biped Robot: *Dynamics of machines 2006, Prague, 2006*,
- [3] Grepl, R.: *Využití nástrojů Matlab, Simulink a SimMechanics při návrhu a optimalizaci mobilních kráčečících robotů*, International Conference Technical Computing, Prague, ISBN 80-7080-577-3, 2005

TUNING UP PARAMETERS OF VIBRATION GENERATOR

Z. Hadaš^{*}, V. Singule^{**}, Č. Ondrůšek^{***}

Summary: *The paper deals with tuning up parameters of a vibration power generator for feeding wireless sensors. The vibration power generator obtains electrical energy from ambient energy of the mechanical vibration. This device consists of a resonance mechanism and an electromagnetic circuit (energy transducer). The energy transducer must be tailored exactly to relatively movement of mass in resonance mechanism, which depends on overall damping factor of generator. This vibration power generator is capable generates useful electric power but the generator must be tailored exactly to the specific application, environment and vibration.*

1. Úvod

Článek se zabývá návrhem a laděním parametrů elektromagnetického vibračního generátoru, který je schopen generovat elektrickou energii z okolních vibrací. Tento generátor najde uplatnění pro napájení bezdrátových senzorů, kde není z nějakého důvodu možno použít napájení bateriemi. Vibrační generátor je konstruován jako mechanický rezonanční obvod, který je naladěn svou vlastní frekvencí na nejčetnější frekvenci okolních vibrací. Při zatížení vibracemi o rezonanční frekvenci dochází k vybuzení relativního pohybu kmitající hmoty uvnitř generátoru, který je pomocí vhodně zkonstruovaného elektromagnetického obvodu transformuje část kinetické energie kmitající hmoty na eklektickou energii. Vhodně navržený magnetický obvod s permanentním magnetem je spojen s rezonančním mechanismem a při buzení vibracemi se relativně pohybuje vůči cívice kotvy. Všechny parametry tohoto elektromagnetického obvodu musí být optimálně navrženy podle parametrů a naladění konstrukce rezonančního mechanismu vibračního generátoru. V cívice kotvy se díky relativnímu pohybu podle Faradayova zákona elektromagnetické indukce indukuje výstupní napětí.

Je navrženo a simulačně ověřeno několik koncepcí konstrukce jak rezonančního obvodu, tak i elektromagnetického obvodu (Hadaš, 2005). Článek se zabývá naladěním vhodné konstrukce vibračního generátoru pro budící vibrace s frekvencí okolo 36 Hz.

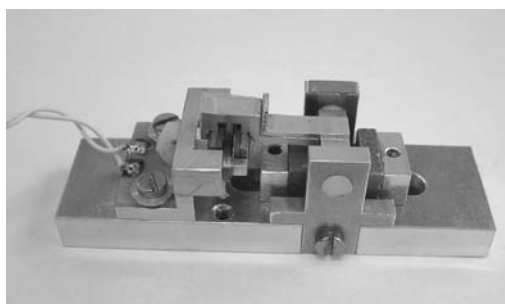
* Ing. Zdeněk Hadaš, Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2, 616 69 Brno, tel.: 541142804, mail: yhadas00@stud.fme.vutbr.cz

** Doc. Ing. Vladislav Singule, CSc., Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2, 616 69 Brno, tel.:541142189, mail: singule@fme.vutbr.cz

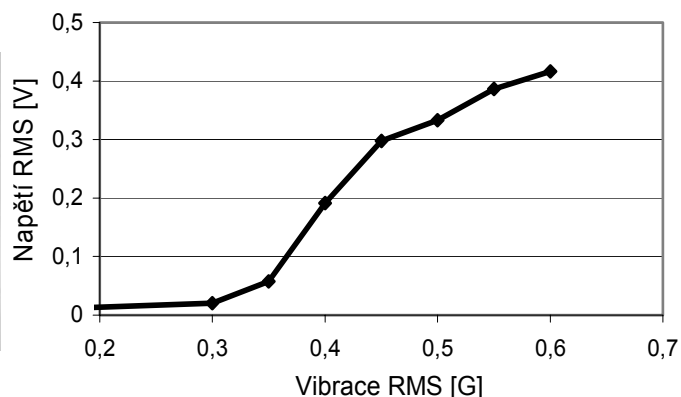
*** Doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc., Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky, Fakulta elektroniky a komunikačních technologií, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2, 616 69 Brno, tel.:541142463, mail: ondrusek@fec.vutbr.cz

2. Elektromagnetický vibrační generátor

Konstrukce rezonančního mechanismu vibračního generátoru, obr. 1, (Hadaš et al., 2005) je založena na tuhosti odpuzujících se permanentních magnetů a na hmotnosti, kterou z velké části tvoří magnetický obvod pohybující se vůči kotvě cívky. Parametry generátoru jsou naladěny na rezonanční frekvenci 36 Hz a generátor je schopen generovat elektrickou energii již při intenzitě vibrací s efektivní hodnotou okolo 0,4 G. Pokud je generátor buzen vibracemi s rezonanční frekvencí, pak naladěný rezonanční mechanismus kmitá relativním pohybem vůči cívkce a indukuje napětí, obr. 2. Vybuzený relativní pohyb závisí na intenzitě budících vibrací a tak i indukované napětí je úměrné intenzitě budících vibrací.



Obr. 1 Konstrukce generátoru



Obr. 2 Generované napětí vs. intenzita vibrací

V článku je uvedeno naladění parametrů generátoru, tj. návrh rezonančního mechanismu, návrh vhodného magnetického obvodu a optimální cívky. Takto optimálně naladěný generátor je schopen generovat efektivní elektrický výkon okolo 20 mW při efektivní hodnotě vibrací 0,6 G při budící frekvenci 36 Hz.

3. Závěr

Vibrační generátor je vhodný nezávislý zdroj elektrické energie pro bezdrátové senzory pokud je snímané místo zatíženo dostatečnými vibracemi. Konstrukce vibračního generátoru musí být naladěna na budící vibrace a parametry elektromagnetického obvodu musí být vhodně naladěny podle vlastností rezonančního obvodu. Generovaný elektrický výkon závisí na kvalitě rezonančního mechanismu, konstrukci elektromagnetického obvodu, který převádí energii relativního pohybu na elektrickou energii, a intenzitě budících vibrací.

4. Poděkování

Tato práce byla provedena za podpory projektu MSM 0021630518 "Simulační modelování mechatronických soustav".

5. Literatura

- Hadaš, Z. (2005) *Mikrogenerátor jako mikromechanická soustava*. Pojednání ke státní doktorské zkoušce, FSI VUT v Brně.
- Hadaš, Z., Singule, V., Ondrůšek, Č. (2005) Mechanism of Vibration Microgenerator Based on Non-linear Stiffness. *MRB 2005*, Třešť, pp. 19-24.

MULTIBODY ANALYSIS OF THE CONTROL ASSEMBLY DROP IN THE VVER 440/213 NUCLEAR REACTOR

M. Hajžman*, P. Polach*

Summary: *This paper is focused on the control assembly of the VVER 440/V213 nuclear reactor modelling and on the investigation of its dynamic response in the course of the drop and prescribed seismic excitation. The influences of the pressurized water have to be introduced in the MBS model because control rods are falling in a limited space and water resistance is not negligible. Possible contacts of the falling control rod with adjoining structure are supposed. The multibody model including all special features was created in the **alaska** simulation toolbox.*

1. Introduction

As the nuclear reaction and radioactive materials, which can get out of hand, are viewed as a very dangerous phenomenon, the safety of nuclear power plants is under review and has to be properly tested. This paper deals with the multibody modelling and analysis of a special control part of the VVER 440/V213 reactor called the control assembly, which has to drop down and stop the nuclear reaction in the core in case of various breakdown states. The VVER 440 reactor consists of a reactor pressure vessel with an interior structure and a reactor upper block with control assemblies drives. Vertical motion of the control assembly through internal parts of the reactor is controlled by an electric motor. The rotating motion of the motor is transformed by means of a geared transmission system to the vertical sliding motion of a rack. The control assembly (fuel assembly with absorber part) is coupled by the rack with an inserted rod. These couplings are realized by bayonet joints. An important part of the drive system is a centrifugal brake, which regulates the rotating motion in dependence on its angular velocity.

2. Multibody model of the control assembly

The model was created in the **alaska** simulation toolbox on the basis of the technical documentation and drawings provided by the control assembly producer. It is intended mainly for the simulations of the control assembly drop during the seismic event, where the significant measured and computed quantity is the total time of the drop. The spatial multibody model of the whole control assembly is composed of 14 rigid bodies coupled by 14 kinematic constraints and has 48 degrees of freedom. The report Polach & Hajžman (2004) describes the control assembly model in detail.

* Ing. Michal Hajžman, Dr. Ing. Pavel Polach: ŠKODA VÝZKUM s.r.o.; Tylova 1/57, 316 00 Plzeň;
tel.: +420.378 182 268, fax: +420.378 182 217; email: michal.hajzman@skoda.cz, pavel.polach@skoda.cz

Possible contacts and impacts of the moving parts with the drive's stator and with the adjacent structural parts inside the reactor are very important and significant aspects of the control assembly drop modelling. This is the topical issue in the modern multibody dynamics and many publications were released studying this field, e.g. Klisch (1998). The problem can be divided into two steps — the first one is the determination of the contact event and contact position and the second one is the calculation of the impact force acting on the bodies. Simple nonlinear Hertzian law $F = kd^n$ (Flores et al., 2004), where k is the stiffness, d is the relative deformation and n is the material coefficient, is used for the impact force evaluation. The contacts are coupled with vertical motion and therefore the friction force is introduced.

The most problematic factor in the control assembly multibody model is the influence of the pressurized coolant that flows through the reactor interior structure and acts against the control assembly motion. It is clear that the main influence of the coolant is the hydraulic resistance and friction slowing down the rigid body motion. Hydraulic resistance force for the motion of the body in certain fluid is $F = \frac{1}{2}C\rho_k S v^2$ (Giles, 1962). The relative velocity is designated v , S is the body effective surface and C is the hydraulic coefficient depending mainly on the shape of the body.

3. Numerical simulations and conclusions

Numerical simulations of the control assembly drop without and with seismic excitation were performed in the **alaska** simulation toolbox using the Shampine-Gordon integration method. The computed drop times fulfil the prescribed limits given for nuclear power plants safety estimation. These times are necessary for immediate stop of the chain nuclear reaction in the reactor core in case of an earthquake.

The model with the considered influences should be understood as the introductory work on this topic. Various problems arised from the solving of this task will be studied in more detail in future work. Mainly the problems of the falling body that is in contact with other bodies and interacts with fluid (coolant) in a limited space have to be investigated. The control assembly (the fuel assembly with the absorber part) is of a complex structure. It is composed of many fuel rods and the evaluation of the bending stiffness is difficult. The consideration of rigidity seems to be good assumption in the case of its drop but the problem of a falling flexible body in fluid with contacts has to be studied, too.

4. References

- Flores, P. et al. (2004) Study of Contact-Impact Force Models in Multibody Mechanical Systems, in: *Proc. 10th Conference on Nonlinear Vibrations, Stability and Dynamics of Structures*, Virginia Tech.
- Giles, R.V. (1962) *Fluid Mechanics and Hydraulics*. McGraw-Hill, New York.
- Klisch, T. (1998) Contact Mechanics in Multibody Systems. *Multibody System Dynamics*, 2, pp. 335–354.
- Polach, P. & Hajžman, M. (2004) *Multibody model of the control assembly of the VVER 440/V213 NPP Paks nuclear reactor and calculation of the control assembly drop time during the seismic event*. Research report VYZ 0715/2004, ŠKODA RESEARCH Ltd., Plzeň. (in Czech)

TESTING OF FREQUENCIES GENERATED IN WATER BY SUBMERGED HIGH-ENERGY LIQUID JET

L.M. Hlaváč*, J. Kaličinský, V. Mádr

Summary: Utilization of water jets is rather well known for cutting and removing of materials in air. Nevertheless, utilization of water jets for similar works under the water level causes health problems to operators. Testing of high-energy liquid jet outflow to the pressure vessel indicates that there is a very high probability of generation of quite strong ultrasonic wave field. This contribution is aimed at measurements performed for pressures simulating submersion from the water level up to the depths 160 meters below it.

1. Úvod

Výzkum frekvenčního spektra kmitů buzených průnikem kapalinového paprsku vysoké rychlosti kapalným prostředím – vodou – navazuje na praktický problém obsluhy zařízení pro destrukci materiálů pod vodní hladinou kapalinovými paprsky. Při těchto pracích je obsluha zařízení sužována velmi intenzivním hlukem, který způsobuje i ztrátu orientace, stavy úzkosti apod. Studium spektrálního složení vznikajících kmitů probíhá v tlakové komoře v laboratoři Oddělení kapalinového paprsku Institutu fyziky VŠB –TU Ostrava.

2. Experimentální metoda

Kmity generované ve vodě v tlakové komoře byly buzeny kapalinovým paprskem vznikajícím ve vodních tryskách různých průměrů. Tlaková komora je válcová nádoba o objemu 163 l se dvěma bočními přírubami opatřenými průzory se skleněnými výplněmi. Nádoba je uzavírána víkem zajištěným dvaceti šrouby. Víko nese mechanismus pro upevnění a posun vzorku materiálu. Ve dvou osách je posun ruční, ve třetí ose je hydraulický a umožňuje vytvořit na vzorku lineární řez zvolenou přednastavenou rychlostí. Kromě vstupního otvoru, kterým je přivedeno do komory potrubí zakončené vodní tryskou, je ve stěnách komory ještě několik dalších přírub, a to s napouštěcím ventilem, odvodušňovacím ventilem, automatickým regulačním odtokovým ventilem, pojistným ventilem a tlakoměrem. Konfigurace komory je stálá, není-li mechanismus pro upevnění a posun vzorku přesouván.

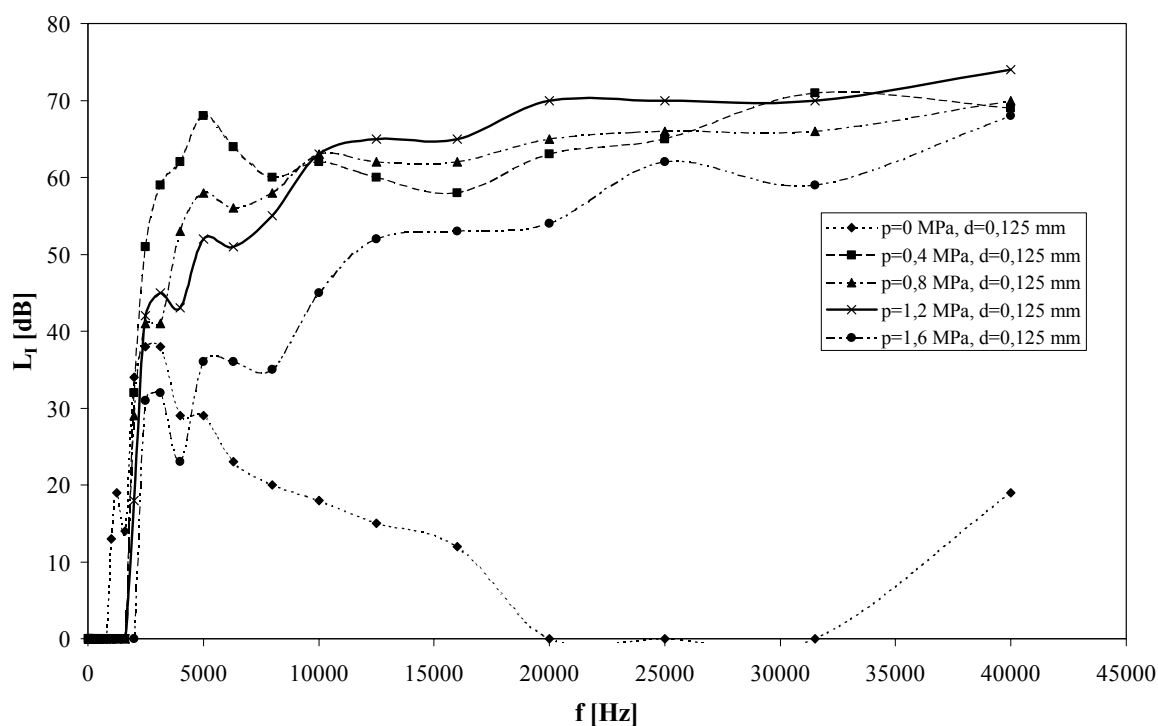
Kmity vznikající v uvedené komoře se šíří do jejího okolí. Hluk generovaný v laboratoři je snímán přenosným hlukoměrem s externím filtrem, a to ve vzdálenosti asi 1 m od komory. Hladiny intenzity náležející příslušným frekvencím spektra jsou zaznamenávány jak při

* Doc. Ing. Libor Hlaváč, Ph.D., Jiří Kaličinský, Prof. RNDr. Vilém Mádr, CSc.: Institut fyziky, HGF, VŠB-TU Ostrava, Tř. 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava – Poruba; tel.: +420 597323147, fax: +420 596918589, e-mail: libor.hlavac@vsb.cz

provozu samotného vysokotlakého čerpadla, tak při spuštění vodním paprskem tryskajícím do tlakové komory naplněné vodou, v níž je pomocí regulačního odtokového ventilu nastavena požadovaná hodnota přetlaku odpovídající simulované hloubce ponoření. Po nastavení požadovaných parametrů je provedeno měření frekvencí do 40 kHz. Odečtením hladin intenzit změřených se spuštěným čerpadlem bez paprsku od hladin intenzit určených při výtoku paprsku lze získat hladinu intenzity kmitů buzených v tlakové komoře.

3. Experimentální výsledky

Při experimentech byl použit konstantní tlak vody v čerpadle (400 MPa), konstantní průměr vodní trysky během jedné série přetlaků vody v komoře a nulová postupová rychlost. Analýza byla provedena v celém rozsahu filtru, tedy od 20 Hz do 40 kHz. Pro ukázkou byly zvoleny průměrné výsledky z opakovaných měření s průměrem vodní trysky 0,125 mm. Přetlaky v komoře (0 MPa, 0,4 MPa, 0,8 MPa, 1,2 MPa, 1,6 MPa) odpovídají ponoření těsně pod hladinu, respektive do 40 m, 80 m, 120 m a 160 m. Výsledky jsou uvedeny na obr. 1.



Obr.1. Hladina intenzity frekvenčního spektra hluku vytvořeného kapalinovým paprskem v tlakové komoře naplněné vodou (po odečtení pozadí tvořeného čerpadlem).

4. Závěr

Naměřené výsledky odpovídají předpokladům, že kapalinový paprsek vystupující do vody generuje kmitů o frekvencích v ultrazvukové oblasti. Tento problém bude nadále studován.

5. Poděkování

Práce byla podpořena projekty 1H-PK2/22 MPO a 1/2005 Magistrátu SMO.

EXPERIMENTAL VERIFICATION OF VELOCITY MODULATION BY STRONG ELECTROMAGNETIC FIELD

I. M. Hlaváčová*, L. M. Hlaváč*

***Summary:** Theoretical derivations and analyses of modulation of the liquid flow through the inverse magnetohydrodynamic phenomenon have been implemented by experimental data. Two different series of measurements were realized, both at low-pressures of flowing water: The presence of the phenomenon was tested in the simple plexiglass chamber with rectangular cross section, the fluctuations induced in water flow by inverse magnetohydrodynamic phenomenon should be detected in special excitation-measuring double-chamber. The results of measurements of the voltage generated by steady state flow of water through the chambers are presented in the form of graphs and table. The results of tests in double chamber are summarized and evaluated verbally.*

1. Introduction

In 1999 the new method for generation of modulated or pulsing jets was proposed based on magnetohydrodynamic phenomenon. The basic theoretical analysis was presented and then implemented in 2001. The basic idea can be summarized as follows: When the liquid containing charged particles is flowing across the strong magnetic field induced voltage appears perpendicularly to the magnetic field lines and the flow direction. This effect occurs not only in the case of highly conductive liquids (liquid metals, plasma) but also in the much less conductive liquids as water. On the other hand application of the strong electric field perpendicular to the magnetic induction should result in the flow rate changes. If the harmonic voltage is used together with constant magnetic field the resulting flow rate should be harmonic as well.

Verification of the theory has to be realized in several steps. The first one is measurement of the magnetohydrodynamic effect on the low-pressure liquids. The experimental channel simulating the “Hartmann” problem was designed and the set of experiments was realized aimed at determination of the magnetohydrodynamic effects in various liquids. The conductivity, liquid velocity and magnetic field were changed and resulting electric voltage was measured. The experimental results are discussed with regard to their application for liquid jet modulation.

* Ing. Irena M. Hlaváčová, PhD., Doc. Ing. Libor M. Hlaváč, PhD.: Institut fyziky HGF, VŠB-TU Ostrava; 17. listopadu 15; 708 33 Ostrava - Poruba; tel.: +420.596 993 047, e-mail: irena.hlavacova@vsb.cz

2. Hartmann-like channel

A steady flow of the conductive liquid through a gap formed by two large perfectly insulating plates placed in a strong magnetic field with constant magnetic induction (the Hartmann problem) was substituted by a flow through a long flat channel made of plastic plates. The sidewalls of the channel are formed by perfectly conducting electrodes so that the induced voltage can be measured.

Two different chambers were used for the measurement. Their inner dimensions were 15x52x120 mm and 15x56x120 mm. Their endings were provided with the cylindrical inlets with the diameter of 9 mm enabling the connection of hosepipes for an input and an output of the liquid. There were two electrodes placed at the smaller sidewalls of the chambers. One of the chambers has got the titanium electrodes at the inner side of the walls. The second chamber was provided with the electrodes on its outer walls and a voltage transformer was connected to them on account of the planned generation of the inverse magnetohydrodynamic phenomenon.

3. Experimental procedure

The measurements were realized in Ostrava and in the laboratory of the Institute of Geotechnics in Košice. The liquids (water, sodium chloride water solution and solutions of blue and green vitriol) were driven either by the sludge pump or by the water main, so that the flow rates from $0.03 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ to $0.42 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ were investigated.

The second part of our experiments was aimed at enforcing the flow modulation by electric and magnetic fields. A special excitation-measuring double-chamber was prepared and studied. The common water from water main was used.

4. Conclusions

The most important results can be summarized:

- ◆ The effects of the magnetohydrodynamic phenomenon are measurable even for liquids with low conductivities.
- ◆ The amount of the magnetohydrodynamic effect is directly proportional to the flow rate of the liquid (i.e. to the flow velocity).
- ◆ The amount of the magnetohydrodynamic effect is directly proportional to the magnetic induction applied perpendicularly to the liquid flow velocity.
- ◆ The measurement of the voltage induced by the magnetohydrodynamic phenomenon can be used for the evaluation of the pressure gradient along the liquid flow inside the measuring chamber.

5. Acknowledgements

The author is grateful to the Faculty of Mining and Geology of the VSB - Technical University Ostrava for supporting the work presented in this paper by the project IGS2005.

PREDICTION OF THERMALLY INDUCED PRELOAD IN HIGH-SPEED BEARING SYSTEMS

T. Holkup¹, S. Holý²

Summary: *Increased use of high-speed machining creates the need to predict spindle behaviour at high speeds. Particularly, prediction of bearing failures caused by excessive thermally induced preload is one of key issues in the design of high-speed machine tool spindles. There is a need for optimization of spindle bearing system and of its surroundings, which could be enabled by a coupled thermo-mechanical model. However such a model must consider all physical fields involved in the problem.*

1. Introduction

Most problems of modern high-speed spindles are caused by heat generated within the spindle and by the mechanical consequences of the structure's warming. Preloaded angular contact ball bearings are commonly used to obtain high stiffness of machine tool spindles. However, a potential thermal instability due to positive feedback in the 'preload-heat' closed loop is a serious drawback. This is noted as the thermally induced preload problem.

2. Scheme of proposed model

The fully coupled preload model cannot be created by a standard finite element method (FEM) approach, because thermal and structural properties of bearings are coupled and dependent on the instantaneous thermo-mechanical condition. For the purpose of updating these parameters, the transient problem is solved in discrete time-steps, Fig. 1, and after each step new bearing properties are calculated.

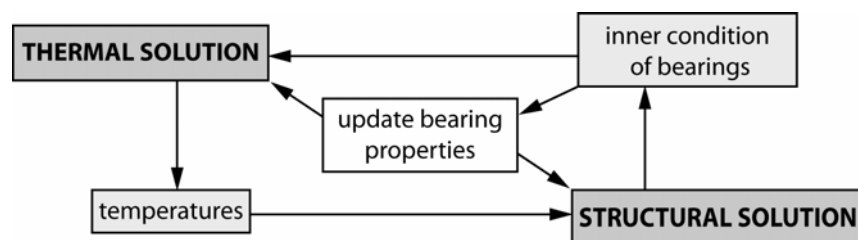


Fig. 1: Solution flow diagram

¹ Ing. Tomáš Holkup: Research Centre of Manufacturing Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Czech Technical University in Prague; Horská 3; 128 00 Praha 2; tel. +420 605 205 936; e-mail: t.holkup@rcmt.cvut.cz

² Prof. Ing. Stanislav Holý: Division of Strength of Materials, Faculty of Mechanical Engineering, Czech Technical University in Prague; Technická 4; 166 07 Praha 6; e-mail: stanislav.holy@fs.cvut.cz

It is necessary to determine following in each step:

- thermal field, with known thermal input data can be solved by FEM
- deformations, with known thermal field and load can be solved by FEM
- internal condition of bearings, determined by system of algebraic equations

3. Bearing model

In high speed operation of ball or roller bearings the rolling element centrifugal forces and forces due to thermal expansion can be significantly large compared to the forces applied to the bearing externally.

The bearing model is programmed in Matlab and solves the ‘internal condition’ of bearings (contact forces, angles, rigidity) as the result of the ‘external condition’ given by FEM.

4. FEM thermal and structural solution

The task of thermal solution is to determine temperatures for following structural solution. The analysis runs on defined time interval with updated thermal boundary conditions.

The structural model solves deformations (external bearing condition) together with simultaneous update of bearing internal conditions, as depicted in Fig. 2

A means of coupling FEM with the general bearing model solved outside FEM software is presented.

Moving bearing nonlinearities out from FEM has several advantages: no convergence difficulties, short time of solution and easy debugging of the cyclic process.

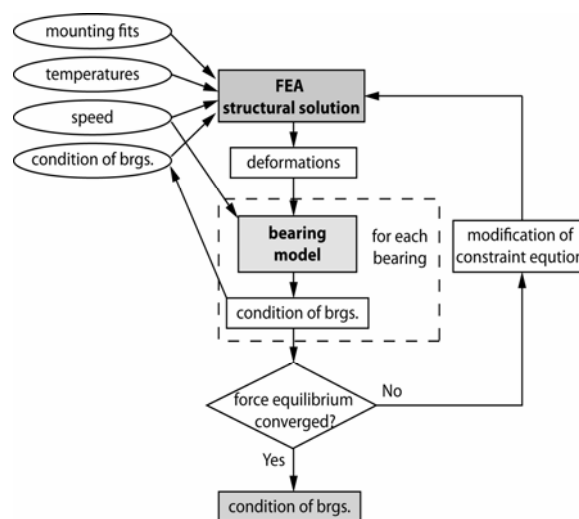


Fig. 2: Data flow during structural solution

5. Conclusion

A comprehensive method for prediction of thermo-mechanical behaviour of spindle bearings has been proposed and experimental work is in progress. The ‘open source’ character of the model allows any additional subroutine to be introduced if it shows up as important during experiments. Results of the theoretical model are in proportional agreement with expectations. It makes it possible to virtually compare various bearing configurations and cooling conditions with thermal stability and high performance considered as the objective.

6. Acknowledgements

This research has been supported by the 1L 6840770003 grant of the Ministry of Education of the Czech Republic. Also thanks to SKF for material support.

EFFECT OF THE NEEDLE DIAMETER ON ITS FATIGUE FAILURE RESISTANCE

R.Hollý*, P.Hrušovská*

Summary: *The article deals with the cyclic bending strain of a sewing needle. It is focused on the effect of the needle diameter on its fatigue failure resistance.*

Od konca roku 2004 sa pracovníci Katedry špeciálnej a výrobnjej techniky na Fakulte špeciálnej techniky Trenčianskej univerzity venujú problematike namáhania strojovej šijacej ihly pri procese šitia, najmä však jej mechanickému namáhaniu. Pre realizovanie skúšok cyklického ohybového zaťaženia strojových šijacích ihliel bolo vytvorené pracovisko zhotovené zo staršieho šijacieho stroja TEXTIMA (trieda stroja 8832/005), na ktorom sú pôvodné otáčky hlavného hriadeľa s hodnotou 2800 ot.min⁻¹ zredukované výmenou motora a prevodu na 900 ot.min⁻¹. Z uvedeného šijacieho stroja sú s výnimkou mechanizmu pohybu ihlovej tyče demontované všetky ostatné mechanizmy. Na konci ihlovej tyče je namiesto uchytenia ihly namontovaný doraz ohýbajúci ihlu, upnutú do prípravku pre upnutie ihly. Tento prípravok sa upevňuje v mieste stehotvornej doštičky šijacieho stroja. Veľkosť ohybu strojovej šijacej ihly je regulovaná pomocou podložiek rôznej hrúbky, ktoré sa vkladajú medzi ihlovú tyč a doraz. Ihla sa ohýba, rovnako ako pri šití, v smere kolmom na os prechádzajúcu otvorom uška. Počet priehybov až do zlomenia ihly bol sledovaný pomocou snímača impulzov a počítadla OB Electronics 8-digit pulse counter PCO1.

Na tomto zariadení bol uskutočnený už celý rad meraní, ktorých výsledky boli priebežne publikované. Výsledky týchto meraní často vykazovali veľmi veľký rozptyl nameraných hodnôt počtu ohybov do lomu. Výrazný rozdiel medzi týmito nameranými hodnotami u ihliel toho istého typu, dokonca z toho istého balenia, mohol byť spôsobený výrobnu nepresnosťou, napr. nedodržaním udávaného priemeru ihly. Preto boli spätne zmerané i priemery driekov zlomených vzoriek, avšak premeranie priemerov drieku ihliel typu MY 1023 s jemnosťou 11/75 a porovnanie týchto hodnôt s hodnotami počtu cyklov do lomu vzoriek nepreukázalo ich vzájomnú súvislosť (tab.1). Priemery drieku jednotlivých vzoriek sa pohybovali v rozmedzí 2,01 mm až 2,03 mm. Vzorky s najnižším a najvyšším počtom ohybových cyklov do lomu (vzorka č.9 a č.27) mali priemer drieku 2,020 mm a 2,015 mm. Priemerná hodnota priemeru drieku ihly je 2,0205 mm.

Ďalšou možnou príčinou takého výrazného rozptylu nameraných hodnôt môže byť vznik pnutí a vnútorných defektov materiálu, ku ktorým dochádza už pri výrobe ihly a môžu mať značný vplyv na mechanické vlastnosti ihly. Ako príklad výrobných operácií, ktoré môžu takto ovplyvniť mechanické vlastnosti ihly, môžeme uviesť vyrážanie otvoru uška, frézovanie drážok, tepelné spracovanie a pod.

* Ing. Rastislav Hollý, Ing. Petra Hrušovská : Katedra špeciálnej a výrobnjej techniky, Trenčianska univerzita A. Dubčeka v Trenčíne; Študentská 2; 911 50 Trenčín; SR; tel.: 0042X-032-7400 236; e-mail: holly@tnuni.sk, hrusovska@tnuni.sk

Tab.1 Výsledky merania cyklického ohybu ihly typu MY 1023 s jemnosťou 11/75 z piatich balení po 10 ks ihliel (veľkosť priehybu v mieste uška ihly: 2,2 mm)

balenie č.1	vzorka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	hd[mm]	2,020	2,015	2,020	2,010	2,015	2,020	2,025	2,025	2,020	2,020
	pcdl	2105	1651	2154	2712	1684	1439	2801	2076	449	2073
	ml[mm]	16,85	18,00	18,15	17,70	19,20	16,45	17,90	18,75	19,85	17,95
balenie č.2	vzorka	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	hd[mm]	2,015	2,010	2,020	2,015	2,030	2,020	2,020	2,030	2,025	2,020
	pcdl	1462	3142	1648	2273	1661	1534	1619	944	1842	1516
	ml[mm]	16,40	17,65	16,50	16,95	16,50	17,15	17,05	18,05	17,40	17,00
balenie č.3	vzorka	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	hd[mm]	2,015	2,020	2,015	2,020	2,025	2,025	2,015	2,020	2,020	2,015
	pcdl	1092	1811	1568	2486	1671	1793	3174	1951	1463	2235
	ml[mm]	18,15	17,40	16,90	18,20	16,95	18,15	17,45	19,30	17,30	17,00
balenie č.4	vzorka	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	hd[mm]	2,030	2,020	2,020	2,020	2,025	2,020	2,020	2,025	2,015	2,025
	pcdl	1687	1763	1473	2050	1778	1455	1607	2445	2461	2128
	ml[mm]	19,80	16,95	18,75	16,40	16,60	16,90	19,30	16,45	17,20	17,10
balenie č.5	vzorka	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	hd[mm]	2,020	2,025	2,025	2,025	2,020	2,020	2,020	2,020	2,020	2,030
	pcdl	2086	1979	1660	2216	1984	1015	1873	2153	1947	1149
	ml[mm]	19,10	18,55	18,60	16,75	16,90	17,50	18,30	19,80	16,85	17,00

hd – hrúbka drieku ihly, pcdl – počet ohybových cyklov do lomu ihly, ml – miesto lomu (merané od päty drieku)

Literatúra

- Barborák O. (2004) Ihla ako aktívny člen ihlového mechanizmu šijacieho stroja, in: *Zborník vedeckých prác a štúdií FŠT č.3*, TnU AD, Trenčín, s.7-29
- Barborák O., Kotras Š., Backárová H. (2004) Odevné stroje a výrobné systémy - zásady prevádzky šijacej techniky, TnU AD, Trenčín
- Hrušovská P., Hollý R., Barborák O. (2006) Odolnosť strojových šijacích ihliel voči cyklickému namáhaniu na ohyb, In: *Sborník mezinárodní konference DIAGO 2006*, ATD ČR, s.88-93
- Hollý R.(2006) Vplyv nameraných extrémnych hodnôt na vyhodnotenie odolnosti strojovej šijacej ihly voči cyklickému ohybu, in: *Zborník konferencie SEMDOK FŠT 2006*, TnU AD Trenčín
- Hollý R., Hrušovská P. (2005) Namáhanie strojovej šijacej ihly cyklickým ohybom, in: *Zborník príspevkov konferencie TSO 2005*, Prešov, s.152-155
- Petrášová L. (2005) Návrh a realizácia pracoviska na sledovanie a vyhodnocovanie namáhania šijacej ihly periodickým namáhaním na ohyb. TnU AD, Trenčín
- Petrášová L. (2005) Porovnanie odolnosti rôznych typov priemyselných strojových šijacích ihliel voči cyklickému namáhaniu na ohyb. TnU AD, Trenčín

Recenzoval: Doc. Ing. Oto Barborák, PhD.

Príspevok vznikol v rámci riešenia úlohy grantového projektu VEGA č. 1/2093/05.

WING AIRFOIL RIME ICE ACCRETION PREDICTION

V. Horák*, B. Hoření**

Summary: *The paper presents the wing airfoil rime ice accretion prediction code R-ICE 1.1. The rime ice accretion model includes the calculation of a velocity distribution round a wing airfoil. The resulting flow field is used to an aerodynamic forces acting on water droplets determination. Results of the droplets trajectories solution are used for the determination of a water mass flux impacting on the airfoil surface. The impacting rime ice accretion changing the airfoil shape is illustrated in compare of experimental results.*

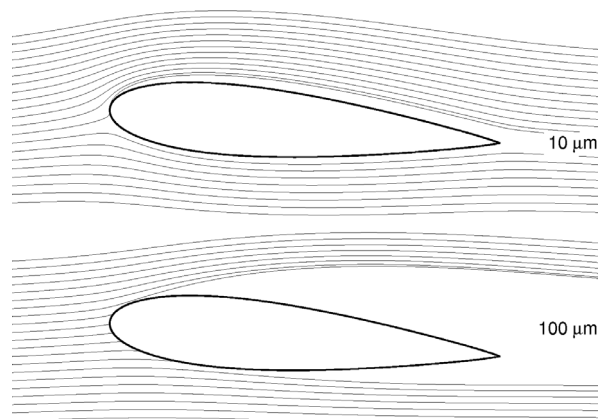
1. Introduction

The formation of ice on wings occurs when the aircraft flies at a level where temperature is at, or below freezing point and hits supercooled water droplets. Two basic kinds of ice can be formed. The *rime ice* if all the impinging water droplets freeze immediately upon impact. In contrast, the *glaze ice* creates if not all of the impinging water freezes on impact and the remainder is running aft along the surface. There is described the first period of a wing airfoil ice accretion theoretical solution – the rime ice accretion prediction code R-ICE in the paper.

The overall rime ice simulation involves: flow field calculation, water droplets trajectory calculation and ice accretion prediction.

Typical results of trajectories solution near an airfoil are presented in Fig. 1. It is perceptible that the small water droplets have trajectories similar to streamlines, vice versa the large water droplets trajectories are affected by the airfoil inherency only slightly.

Fig. 1. Influence of the water droplets diameter on their trajectories.
 Airfoil NACA 0018, chord is 1 m, free stream velocity is 50 ms^{-1} and angle of attack is 5° .



* Vladimír Horák, associate professor, University of Defence in Brno, Kounicova 65, 612 00 Brno, Czech Republic, tel.: +420.973442616, e-mail: vladimir.horak@unob.cz

** Bohumír Hoření, senior research worker, Institute of Hydrodynamics, Academy of Sciences of the Czech Republic, Pod Paťankou 5, 166 12 Praha 6, tel.: +420.233109025, e-mail: horeni@ih.cas.cz

2. Ice accretion prediction

Let it be presumed the known water droplets distribution in a space far in front of a streamlined body. Then may be calculated droplets trajectories and select those of which intersect an airfoil surface and freeze immediately upon the impact. A time stepping procedure is used with successive thin ice layers followed by a new flow field and droplet impingement recalculations. This procedure is repeated until the desired icing time is reached. Results of the airfoil NFL0414 ice accretion prediction for the icing duration time 324 seconds in five time steps of solution are outlined in Fig. 2. There are presented icing parameters (the R-ICE code incoming data) in figure either. Fig. 2 also shows the final ice shape from the in-flight icing experiment at the same conditions.

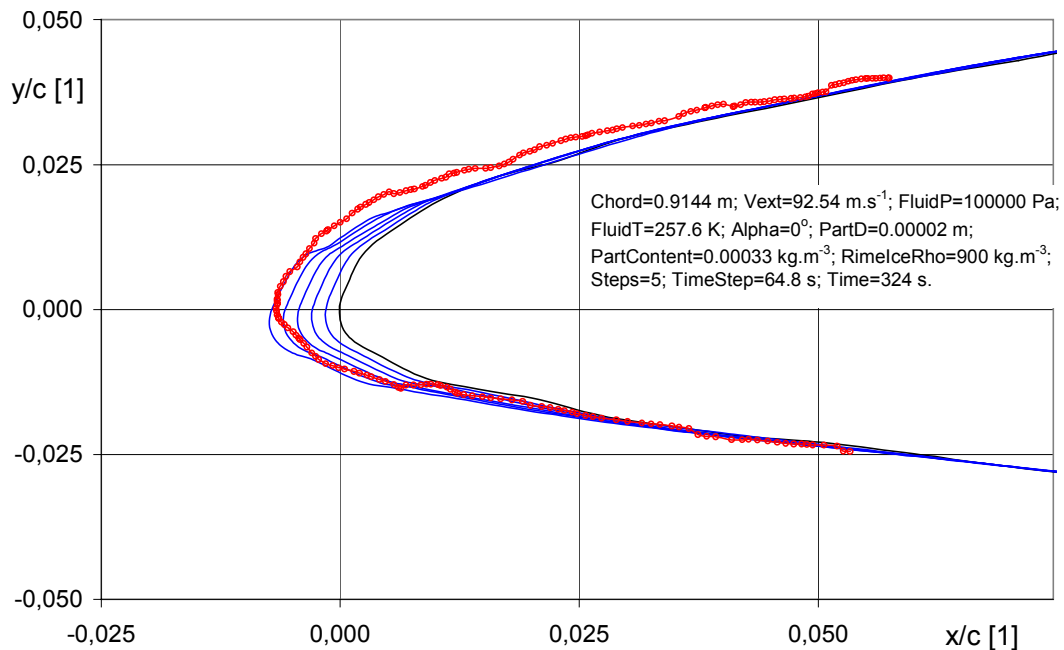


Fig. 2. Illustration of the successive rime ice accretion for the icing duration time 324 sec.

3. Concluding remarks

Computational simulation of ice accretion is an essential tool in design, development and certification of aircraft for flight into known icing conditions. Presented icing code R-ICE enables to predict the location, size and shape of rime ice accretion. Ice accretion prediction code R-ICE provides the comparable results like other current computational ice-accretion simulation methods. Although the icing code R-ICE provides a number of satisfied results of the rime ice simulation it is necessary to be considered as a product in the phase of further development and improvement. The second period of a wing airfoil icing theoretical solution the glaze ice accretion prediction is in the phase of implementation to the program code and testing now.

4. Acknowledgement

The support under the project FT-TA/026 of the Czech Ministry of Industry and Trade, the project No. 103/04/0970 of the Grant Agency of the Czech Republic and the project No. K 2076106 of the “Program of Basic Research” and the Institutional Research Plan AV0Z2060917 of Academy of Sciences of the Czech Republic are gratefully acknowledged.

DETERMINATION OF THE SMALL HEAT EXCHANGERS LEAK

V. Horák*, D. Rozehnal**

Summary: *The paper presents thermodynamic processes analysis connected with the identification and quantification of the air leak discharge from small heat exchangers – coolers, condensers, evaporators. Outlined theoretical solution was verified by the experiment. Time pressure drop during air leak discharge was measured for various heat exchangers volume and leakage size.*

1. Východiska, cíle a prostředky řešení problému

Potřeba rozboru jevů a procesů spojených s výtokem plynu malým otvorem vyvstala ve spojitosti s identifikací a vyhodnocováním netěsnosti malých výměníků tepla – chladičů, kondenzátorů, výparníků. Případná netěsnost se v technologickém procesu určuje na základě úniku stlačeného vzduchu netěsností. Tento výtok se běžně určuje prostřednictvím měřeného poklesu tlaku vzduchu v závislosti na čase, tj. jeho časovou derivací.

Cílem příspěvku je provést teoretický rozbor jevů a procesů spojených s popsáním způsobem určování netěsností malých výměníků tepla. Realizací experimentu ověřit správnost teoretického řešení problému a identifikovat případné vedlejší jevy a vlivy.

Teoretický rozbor úlohy představuje:

- rozbor fyzikální podstaty problému a formulaci rovnic pro teoretické řešení;
- matematickou simulaci úniku netěsností výparníku jako výtok vzduchu malým otvorem při nadkritickém i podkritickém tlakovém spádu;
- řešení závislosti tlaku a teploty vzduchu na čase při úniku netěsností v rozsahu tlaků (přetlaků) od 2 MPa až nulový přetlak;
- varianty výpočtu pro různé velikosti netěsnosti a rozměry výměníků tepla.

Experimentální ověření teoretického řešení měřením zahrnuje:

- sestavení měřicího řetězce a realizaci experimentu;
- měření časového průběhu tlaku a teploty při několika velikostech netěsností a pro několik velikostí výměníků tepla.

Při teoretickém řešení úlohy se vychází z obecných termodynamických zákonitostí. Energetickou bilanci při vyprazdňování chladiče popisuje rovnice prvního zákona termodynamiky pro časově neustálený děj v otevřené soustavě. Hmotnostní výtok je determinován okamžitým stavem plynu soustavě a velikostí netěsnosti. Je předpokládán výtok ideálního plynu kruhovým otvorem do okolního prostředí, tj. volné atmosféry.

* Doc. Ing. Vladimír Horák, CSc.: Katedra strojírenství, Fakulta vojenských technologií, Univerzita obrany v Brně, Kounicova 65, 612 00 Brno; tel.: +420.973.442749; E-Mail: vladimir.horak@unob.cz

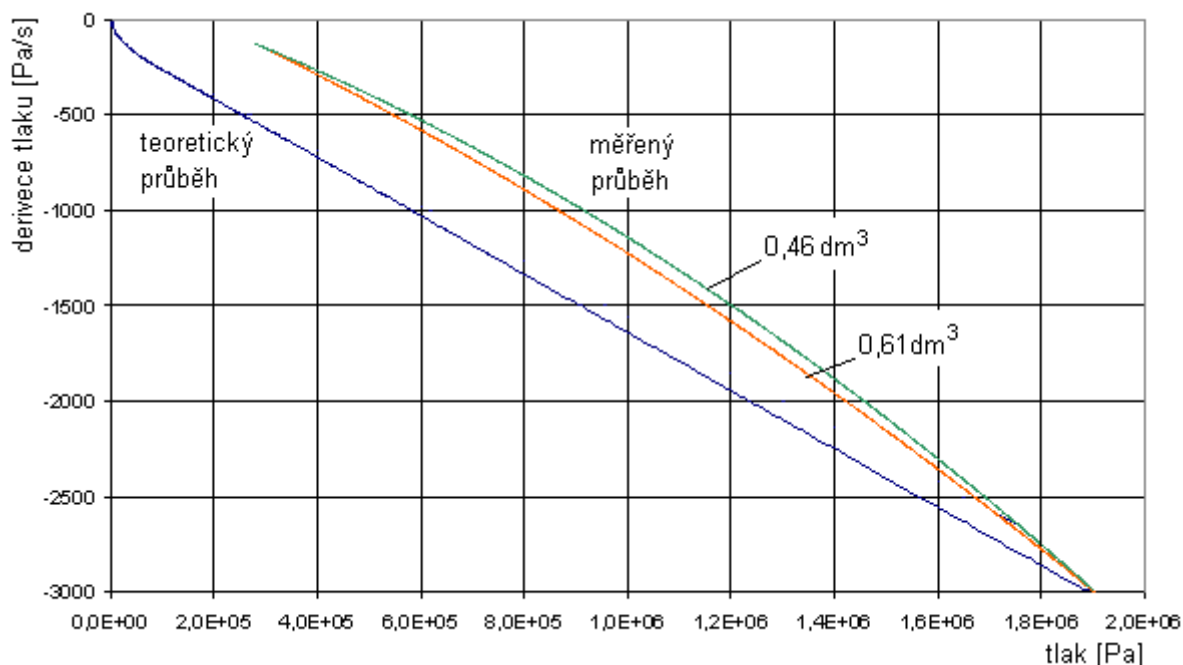
** Ing. Dalibor Rozehnal, PhD.: Katedra letecké a raketové techniky, Fakulta vojenských technologií, Univerzita obrany v Brně, Kounicova 65, 612 00 Brno; tel.: +420.973.445161; E-Mail: dalibor.rozehnal@unob.cz

2. Závěry

Velikost úniku stlačeného vzduchu netěsností je určována měřeným poklesem tlaku – časovou derivací. Velikost této derivace je přímo svázána s velikostí otvoru netěsnosti, která determinuje změnu hmotnosti v soustavě vlivem úniku vzduchu. Z teoretického popisu problému vyplývá, že průběh derivace tlaku je vzhledem k okamžitému tlaku prakticky lineární (*obr. 1*). Pro stejnou počáteční hodnotu derivace tlaku jsou tedy průběhy derivací tlaků v závislosti na okamžitém tlaku shodné pro všechny velikosti chladičů.

Tuto skutečnost potvrzuje i měřený průběh derivací z experimentu. Na *obr. 1* jsou vyneseny také průběhy derivací tlaku v závislosti na okamžitém tlaku pro dvě velikosti chladičů – pro objem $0,61 \text{ dm}^3$ a $0,46 \text{ dm}^3$. Blížkost průběhu obou křivek tedy podporuje předchozí závěr.

Na druhou stranu podstatná odchylka průběhu měřených hodnot derivací tlaku od teoretického výpočtu názorně demonstruje vliv změny geometrie otvoru netěsnosti při změně okamžitého tlaku v chladiči.



Obr. 1 Teoretická a měřená závislost derivace tlaku na okamžitém tlaku v chladiči

Vzhledem k nákladům na budování tlakových rozvodů je opodstatněná úvaha o možnostech testování netěsností při nižších tlacích. Při rozhodování o velikosti tlaku vzduchu při testu a rozsahu poklesu tlaku bude potřeba především uvážit experimentem potvrzený jev změny velikosti otvoru netěsnosti při snížených tlacích. Tento vliv se bude pravděpodobně měnit s geometrií a umístěním otvoru netěsnosti na objektu.

Dále významné zmenšení derivace tlaku při nižších tlacích bude – vzhledem k zachování rozlišovací schopnosti – mít negativní vliv na dobu testovacího měření vzhledem k možnostem a parametrům měřicího zařízení. Co se týče doby stabilizace před testem, která má vyrovnat teplotní poměry v soustavě po naplnění stlačeným vzduchem, lze předpokládat možnost jejího částečného zkrácení při určování netěsnosti chladičů za nižších tlaků.

POTENTIAL OF ADAPTIVE STATE CONTROL FOR ACTUATOR REGULATION OF MACHINE TOOL MOTION AXIS

T.Hornych¹, J.Smolík¹, J.Švéda¹, M.Valášek²

Summary: This work deals with control problem of machine tools through state feedback control. Potential is better precision of classic machine tools regulation but especially application on machine tools with load off constructions and so upped plasticity. There is shown control simulation experiment on 2-mass simple model with variable parameters with represents real motion axis with working screw.

1. Úvod

V oblasti řízení pohybových os obráběcích strojů se ustálil standard tzv. kaskádní regulace, jejíž základní schéma je pouze doplňováno přídatnými bloky např. rychlostními, či proudovými feedforwardy. Toto jsou dopředné vazby zavedené na vstup rychlostního nebo proudového regulátoru, mající za cíl zvýšení dráhové přesnosti. Jako významný problém z hlediska zvyšování parametrů dynamiky a přesnosti obráběcích strojů se v současné době ukazuje samotná mechanická stavba strojů. U menších strojů, zejména pak strojů pro technologii HSC (obrábění vysokými rychlostmi s malými řeznými silami) se ve větší míře uplatňují konstrukce s přímými pohony. U větších strojů pro klasické ("silové") obrábění je však absence vložených převodů nevýhodná a jako pohonné jednotky vládou v současné době synchronní servomotory s pohybovým šroubem a často též s dalším vloženým převodem. Právě pohon s kuličkovým šroubem je uplatněn v tomto příspěvku jako hlavní předmět matematického modelu mechaniky pohybové osy.

Zvyšování dynamických parametrů u této koncepce pohonu při použití klasické regulace vede na konstrukci s výkonnějšími pohony a výrazně staticky i dynamicky tužší mechanickou nosnou strukturou. Vyšší hmotností pohyblivých dílů se ovšem efekt výkonnějšího pohonu potírá, čímž se konstrukce a provoz takového stroje stává záležitostí méně efektivní, méně ekonomickou a ekologickou. Zachování vysoké tuhosti mechanické struktury je nutné právě z hlediska použití klasických metod regulace. Snahou kolektivu autorů je tedy zabývat se problémem "Jak řídit s uspokojivými výsledky přesnosti dráhového řízení pohybové osy s uvažováním poddajnosti mechanické struktury systému?"

1 Ing. Tomáš Hornych, Ing. Jan Smolík, Ing. Jiří Švéda: RCMT, fakulta strojní, ČVUT v Praze; Horská 3; 128 00 Praha 2; tel.: +420.221 990 927, fax: +420.221 990 997; e-mail: T.Hornych@rcmt.cvut.cz
2 Prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.; Ústav mechaniky, odbor mechaniky těles, fakulta strojní, ČVUT v Praze, Karlovo nám. 13, 121 35 Praha 2;

Pokud by výsledky takovéto snahy vedly k prakticky uplatnitelným řešením, pak by bylo možné zlepšovat parametry řízení na standardních strojích s přirozenou poddajností mechaniky pohybových os a dále řídit pohybové struktury strojů, které budou poddajnější (lehčí, levnější) než je standardně běžné s výslednými parametry srovnatelnými se standardním provedením s uplatněným klasickým řízením.

2. Stavová regulace

Návrh řízení pomocí stavové zpětné vazby vychází ze zjednodušeného modelu stroje (pohybové osy). Otázkou je míra zjednodušení matematického modelu s uvážením reálné měřitelnosti stavů. Uvažujeme řízení poddajného stroje s pohonem kuličkovým šroubem. Protože stavová regulace je citlivá na správné parametry modelu, je nutné uvažovat tuhost (tlumení) aktivní části pohybového šroubu jako proměnnou, závislou na poloze suportu. Právě tímto problémem, kdy je třeba uvažovat model pro odvození řízení jako systém s nekonstantními parametry se zabývá návrh řízení.

3. Závěr

Realizace řízení odvozeného od přímého odměřování polohy nástroje může přinést výrazné zkvalitnění obráběcího procesu. A to také u strojů klasické "tuhé" konstrukce. Důvodem je především schopnost zachytit do regulační smyčky všechny vlivy, způsobující odchylku TCP od žádané polohy. Zejména je to pak schopnost zachycovat a kompenzovat i chyby dynamické a z toho vyplývající možnost konstruovat obráběcí stroje s nižší tuhostí a tedy i nižší hmotností, při užití konvenčních materiálů. Z výsledků simulačních experimentů lze předpokládat, že bude-li k dispozici dostatečně přesný náhradní model pohybové osy bude řízení z něj odvozené funkční i na reálné ose.

4. Poděkování

Tyto výsledky byly získány za finančního přispění Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy v rámci podpory projektu výzkumu a vývoje 1M6840770003.

5. Literatura

Souček, P. (2004) *Servomechanismy ve výrobních strojích*. Vydavatelství ČVUT, Praha.

Nečas, M., Valášek, M. (2004) *Problémy nekolokovaného řízení poddajných systémů*.
článek ke konferenci Interakce a zpětné vazby 2004

Valášek, M. (1995) *Mechatronika*. Vydavatelství ČVUT, Praha

STRESS DISTRIBUTION IN HUMAN ARTERY BASED ON SEVERAL TYPES OF SEDF

L. Horný*, T. Adámek†

Summary: *Two material models of an arterial wall based on hyperelastic approach are compared within a solution of a boundary value problem for thick-walled tube. Thick-walled tube, which is the computational model used here, was loaded by internal pressure $p = 16$ kPa and axial pre-stretches $\lambda_z = 1.15, 1.3, 1.45$. An influence of residual strains was included. It is shown that purely phenomenological model revealed circumferential Cauchy stress distribution in the range of supposed physiological values. Structural model based on a fiber-reinforcement is significantly more compliant than phenomenological one. Moreover, the residual strains are necessary in the structural model to obtain physiological values of circumferential stress. An influence of an helix angle, which is a structural parameter, on the stress distribution was determined.*

1. Assumptions and methods

There are many material models which were proposed for an arterial wall in the last twenty years. The most of models is based on a Fung-type exponential expression of a *strain energy density function* (SEDF). SEDFs studied in this paper are also derived from this one. A main aim of this paper is to compare them and to compare predictions obtained by using them in computational model.

$$\Psi_{1998} = c_1(I_1 - 3) + c_2 \left(e^{b_1 E_t^2 + b_2 E_z^2 + b_4 E_t E_z} - 1 \right) \quad (1)$$

$$I_1 = \lambda_t^2 + \lambda_r^2 + \lambda_z^2, \quad E_j = \frac{1}{2}(\lambda_j^2 - 1), \quad j = t, r, z. \quad (2)$$

$$\Psi_{2000} = \frac{c}{2}(\bar{I}_1 - 3) + \frac{k_1}{k_2} \left(e^{k_2 \left(\lambda_t^2 \cos^2 \beta + \lambda_z^2 \sin^2 \beta - 1 \right)^2} - 1 \right) \quad (3)$$

* Ing. Lukáš Horný, Department of Mechanics, Faculty of Mechanical Engineering Czech Technical University in Prague, Technická 4, 166 07, Prague, Czech Republic. Tel. +420 224 352 690, fax +420 224 310 292, horny@mbox.fs.cvut.cz.

† MUDr. MVDr. Tomáš Adámek, Institute of Forensic Medicine, University Hospital Na Královských Vinohradech, Šrobárova 50, 100 34, Prague, Czech Republic. Tel. +420 267 163 571, fax. +420 267 162 505, adamek@fnkv.cz.

The first material model Ψ_{1998} , proposed by Holzapfel and co-workers in Holzapfel (1998), is purely phenomenological model which considers artery as orthotropic. The second one, Ψ_{2000} , was also proposed by Holzapfel and colleagues. For further details see Holzapfel (2000). This model contains structural parameter β which denotes angle of a pitch of two symmetrical helices of collagen fibers which reinforce an arterial wall. The stress distribution is obtained by derivatives of the SEDF with respect to Green strains in accordance with general hyperelastic theory. Green strains are related to a cylindrical coordinate system and geometrical model of thick-walled tube with residual strains. An opened configuration is supposed to be a stress free. Numerical characterization of SEDF was adopted from literature published by material models authors, Holzapfel (1998, 2000). Ψ_{1998} : $c_1 = 30.523$ kPa, $c_2 = 0.4308$ kPa, $b_1 = 5.36603$ [1], $b_2 = 3.55858$ [1], $b_4 = -31.7206$; Ψ_{2000} : $c_1 = 44.24$ kPa, $k_1 = 0.206$ kPa, $k_2 = 1.465$ [1].

2. Results and discussion

So, in this paper two material models were compared in the case of physiological loading. The first model showed typical behavior of thick-walled tube. Determined displacements and computed stress fields range close to expected values. The circumferential stress between 200 – 250 kPa is commonly considered as a stress state similar to smooth muscle cells in vivo states. Second model, what is utilized for two-layered computational model, showed significant influence of residual strains on a shape of stress-radius curves and on the stress values also. It seems to be necessary to suppose high values of an opening angle. Residual strains have to exceed opening angle of 90° to manage stress field close to supposed physiological range. Second model is also significantly more compliant than first one and unphysiological values of predicted inner radius were achieved within the model. But it is important to note that second layer was not considered in this model.

3. References

- Holzapfel, G.A. and Weizsäcker, H.W. 1998 Biomechanical behavior of the arterial wall and its numerical characterization. *Comp. Biol. Med.* **28** 377–392.
- Holzapfel, G. A., Gasser, T. C. and Ogden, R. W. 2000 A new constitutive framework for arterial wall mechanics and a comparative study of material models. *J. Elast.* **61** 1–48.

4. Acknowledgement

This research has been supported by MSM 68 40 77 00 12 and GA CR 106/04/1181.

INFLUENCE OF LINEAR AND NONLINEAR DAMPING ON THE STABILITY OF MOTION OF KINEMATIC PAIRS OF GEARS

M. Hortel , A. Škuderová *

Summary: *The damping of dynamic phenomena in the structural complicated mechanical systems with different i.e. rigid or liquid substances of elements is the matter till this time generally recondite. The contribution deals therefore both qualitative and quantitative with the model of different combinations of linear and nonlinear - quadratic and cubic - damping both in the phase of normal gear mesh and in the phase of dynamic tuning when happens to contact bounces of tooth faces in gear mesh and to following contacts with impacts.*

1. Úvod

Současný světový, a o to více perspektivní, vývoj moderních strojů směřuje svými požadavky k symbióze parametrů dvou extrémních oblastí. Jsou to na jedné straně požadavky na maximální výkony strojů při vysokých otáčkách, na straně druhé pak požadavky na jejich minimální dimenze a hmotnosti při zachování provozní spolehlivosti, bezpečnosti a životnosti.

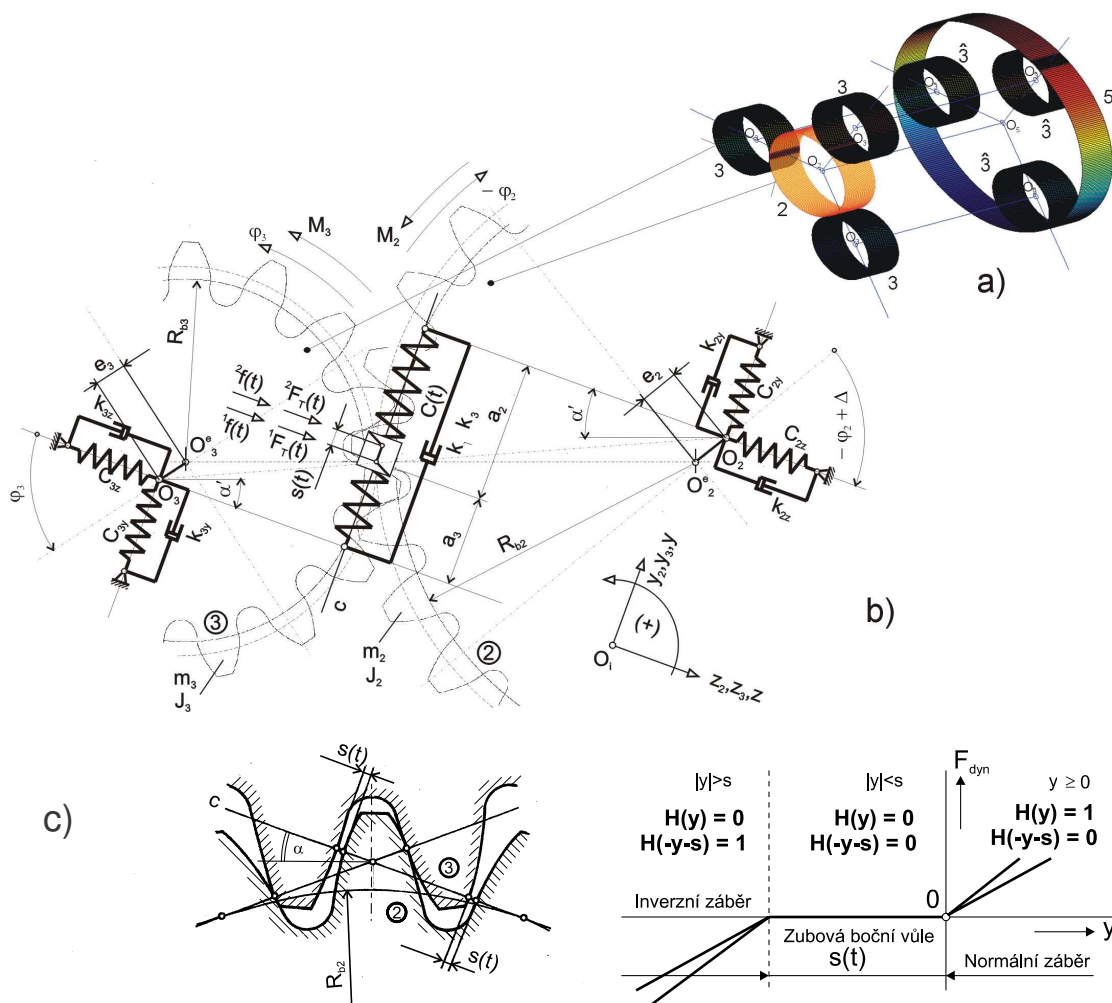
Výše uvedeným zdánlivě protichůdným extrémním požadavkům vyhovují v současné době nejvíce, z převodových mechanických systémů s kinematickými vazbami – ozubenými koly, systémy s děleným či větveným tokem výkonu. Jejich projektování musí být proto založeno na dokonalé znalosti dynamických jevů, které se mohou v těchto lehkých slabě a silně nelineárních parametrických soustavách vyskytovat.

Nelineární dynamika parametrických, tj. heteronomních systémů tvoří v posledních několika desetiletích zvláštní, vysoce aktuální obor, který je dominující zejména u planetových převodových mechanismů s kinematickými vazbami v leteckých vysokootáčkových turbovrtulových pohonných konstrukcích.

2. K matematicko-fyzikálnímu modelu kinematické dvojice ozubených kol jedné větve pseudoplanetové soustavy

Tlumení ať materiálové v záběru ozubení, tak i viskózní vlivem mazacího olejového prostředí v zubové mezeře při odskoku zabírajících zubových profilů bude v dalším uvažováno jednak lineární, jednak nelineární kvadratické, kubické, případně jejich kombinace. Dynamika pohybu v záběru bude sledována na zvláštním případě jedné větve simulačního modelu soustavy s děleným tokem výkonu, viz obr.1, jehož pohyby jsou popsány nelineárními deterministickými diferenciálními rovnicemi s časově proměnlivými koeficienty pro vybranou frekvenční oblast rezonanční charakteristiky.

* Ing. Milan Hortel, DrSc., Ing. Alena Škuderová, Ph.D., Ústav termomechaniky AV ČR, Dolejškova 5, 18200 Praha 8; tel.: +420.266 053 803, fax: +420.286 584 695; email: hortel@it.cas.cz; skuder@it.cas.cz



Obr.1 – Náhradní matematicko-fyzikální model kinematické dvojice ozubených kol – (b) pseudoplanetové soustavy s dvojnásobnými satelity – (a), technologická boční zubová vůle $s(t)$ a hodnoty Heavisideových funkcí H v oblastech zubového záběru s vůlemi – (c).

3. Závěrečné poznámky

Ve studii ukázané dílčí výsledky analýzy vlivu tlumení na dynamiku záběru ozubení kinematických dvojic s rázovými jevy tvoří dílčí výsledky analýzy vnitřní dynamiky silně nelineárních parametrických soustav buzených pouze parametricky, tj. zmíněnou časově modifikovanou výslednou tuhostí $C(t)(H_1 + H_2)$ v záběru ozubení.

4. Poděkování

Práce vznikla při řešení pilotního projektu Ústavu termomechaniky PP 06 – 361 v rámci výzkumného záměru AVOZ 20760514 za podpory Akademie věd ČR.

5. Literatura

[1] Hortel, M., Škuderová, A.: K problematice rázových jevů v planetových převodových soustavách s čelním ozubením. In: Dynamika strojů 2005 : Dynamics of machines 2005 : national colloquium with international participation. (Ed.: Pešek, L.), Praha, Ústav termomechaniky AV ČR, 2005, 63-70.

INFLUENCE OROGRAPHY ON DESIGN WIND SPEEDS IN THE CZECH REPUBLIC

J. Hostýnek*, J. Král**

Summary: *The necessity of the Czech wind map changes was found out by the analysis of ten-minute wind speeds and wind gusts from the 16 stations during 1981-1999. Some of the gust estimates were significantly higher than equivalent gusts determined from design pressures according the Eurocode. More stations during 1961-2000 were taken into account in a direct collaboration with CHMI. The terrain roughness influences and statistical deviations of time measurements were removed from the ten minute wind speed estimates. The wind speed maps were calculated by standard methods in the GIS environment with utilisation of the altitude variation of the mean wind speed and the low-pass filtration. Mean wind speed map will be used in the national annex of the ČSN EN 1991-1-4.*

1. Úvod

Při řešení projektu GA ČR byl proveden výchozí statistický odhad středních rychlostí a nárazů větru pomocí obvyklých metod u profesionálních stanic ČHMÚ. Tyto poznatky byly využity rámci řešení rozborového úkolu ČNI. Podle požadavků KÚ ČVUT vyhodnotil ČHMÚ dostupné informace a sestavil mapu desetiminutových rychlostí, která bude součástí národní přílohy k ČSN EN 1991-1-4.

2. Zahrnutí vlivu orografie do mapy desetiminutových středních rychlostí

Při vydání ČSN ENV 1991-2-4 nebyly desetiminutové rychlosti pro ČR k dispozici. Bylo zachováno rozdělení území ČR na dvě oblasti podle ČSN 730035 a pro tyto oblasti byly definovány dvě základní rychlosti větru (24 m/s a 26 m/s) na základě analýzy maximálních nárazů větru let (Vorlíček, 1976) a poznatků z literatury.

Výchozí statistický rozbor středních rychlostí byl proveden se soubory 100 maximálních nekorelovaných středních rychlostí, vybraných z databáze SYNOP nezávisle na směru větru a meteorologické situaci pro 16 profesionálních stanic a období 1981-1999. Odhady nárazů větru byly stanoveny ze souborů ročních maxim převážně z období 1981-1999. Jako základní byl použit Gumbelův postup. Získané odhady rychlostí byly porovnávány s odhady podle Liebleinovy metody BLUE (Best Linear Unbiased Estimators) a s odhady podle Paretova rozdělení pro různé hodnoty minimální rychlosti. Metody analýzy souborů dat, získané výsledky jsou uvedeny ve výzkumných zprávách (Král, 2002) a byly publikovány (Král, 2005) – viz plné znění příspěvku.

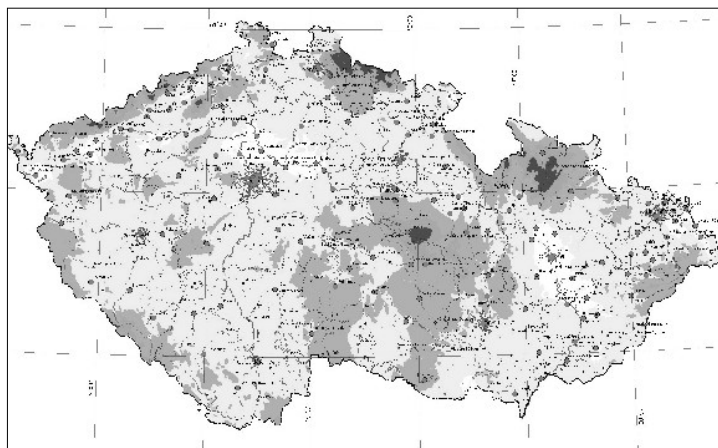
Pro zpracování mapy byly použity ověřené soubory rychlostí z 46 stanic ČHMÚ a 4 stanic v Německu. Odhady desetiminutových rychlostí s pravděpodobností překročení $p = 0,02$ byly vypočteny z termínových rychlostí v období 1961-2000 bez ohledu na typ meteorologické

* RNDr. Jiří Hostýnek, ČHMÚ pobočka Plzeň, Mozartova 1, 323 00 Plzeň, e-mail: hostynek@chmi.cz

** Ing. Jaromír Král, CSc., ČVUT Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha, e-mail: jkral@klok.cvut.cz

situace, směr větru nebo zvrstvení atmosféry. Bylo použito dvouparametrické Gumbelovo rozdělení s odhadem parametrů MLE metodou statistického software QCExpert 2.5. Současně byly tytéž odhady vypočteny u 13 stanic ze souborů ročních maxim hodinových odečtů desetiminutových rychlostí v období 1982-2000, které byly použity pro testování statistických rozdílů mezi odhady z termínových a hodinových souborů rychlostí. Z odhadů rychlostí byl vyloučen vliv drsnosti terénu v místě stanice a statistická odchylka termínových měření.

Korigované odhady rychlostí byly lokalizované do polohy stanic. Nerovnoměrná síť stanic na území ČR byla doplněna fiktivními stanicemi. Do kterých byly extrapolovány vypočtené odhady rychlostí podle regresní rovnice, která popisovala závislost odhadů rychlostí na nadmořské výšce. Plošné rozložení odhadnutých rychlostí bylo zpracováno v prostředí GIS za použití orografické interpolace, digitálního modelu terénu (DEM) a matematické metody IDW. Výpočet byl směřován do rastrové podoby v kroku 200 m. Vyhlazení čtverců se provedlo nízkofrekvenčním filtrem s pětinasobným počtem cyklů. Na obr. 1 je pracovní verze mapy desetiminutových středních rychlostí s roční pravděpodobností překročení $p = 0,02$ po korekci na maximální nárazy větru (viz plné znění příspěvku).



Obr. 1 – Mapa desetiminutových středních rychlostí (pracovní verze)

3. Závěr

Mapa desetiminutových středních rychlostí s roční pravděpodobností překročení $p = 0,02$ (střední doba návratu 1x za 50 let) byla sestavena na základě analýzy maximálních ročních rychlostí v období 1961-2000. Vzhledem ke značnému rozpětí návrhových rychlostí a s ohledem na již vytvořené mapy sousedních zemí, byla zvolena stupnice s hranicemi 22,5 – 25,0 – 27,5 – 30 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Na územích s rychlostmi nad 30 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ se doporučuje pro zpřesnění odhadu vždy kontaktovat odpovědné osoby v ČHMÚ.

4. Poděkování

Mapa rychlostí větru byla zpracována na základě výsledků řešení projektů GA ČR č. 103/00/0706 a č. 103/03/1395. Finanční prostředky na dokončení mapy poskytl ČNI. Autoři by touto cestou chtěli poděkovat za poskytnutí prostředků na řešení projektů.

5. Publikace – viz plné znění příspěvku.

MONOLENS SYSTEM FOR BUBBLE DIMENSION AND POSITION MEASUREMENT

J. Hošek*

***Summary:** This paper presents a new optical system, which is able to determine radius and position in 3D-observation space of a number of spherical bubbles with using the only one monolens camera system. The principle of the system is based on anamorphic optical system and appropriate data processing algorithm. The precision and repeatability of the system were tested by measurement of a glass and steel sphere mounted on x, y, z movable support. The first measurement and data processing are demonstrated in multiphase bubble-liquid system. We expect the presented system will be able to be used for the determination of the objects velocity as well as dimension change in the case of application of time-resolved photography.*

1. Introduction

Determination of bubble objects in space is very important in many technical or production applications. Observation and determination of dimension and position of these objects can affect or be the bases for optimization of the technological processes like chemical reactors, where homogeneous distribution of bubbles is often demanded in multiphase reacting systems. On the other hand, there are technologies where the presence of multiphase system can indicate a technological problem, for example in hydrodynamic systems or in glass production industry. Bubble dimension and distribution measurement is important for the studies of environmental engineering too.

This paper presents a new optical system, which is able to determinate radius and position of a number of spherical bubbles in 3D-observation space using only one monolens camera system. The principle of the system is based on anamorphic optical system and appropriate data processing algorithm.

2. Principle of the method

Presented experimental method (Hošek 2006) is based on anamorphic optical system and known shape of the measured object. Anamorphic optical system is characterized with astigmatism. This system imagines the object with different magnification in different directions perpendicular to the optical axis. Due to the fact, that objects magnification is a function of the object distance it is possible to unambiguously determinate object distance from the ratio of magnifications different planes of anamorphic system and direction to the object. This experimental method is able to be used for the measurement of all kinds of spherical objects. It can be bubbles in liquids, droplets in gases, droplets of different density

* Ing. Jan Hošek, Ph.D. Department of Instrumentation and Control Engineering, Division of Precision Mechanics and Optics, Faculty of Mechanical Engineering, Czech Technical University in Prague, Technická 4, 166 07 Prague 6, Czech Republic, tel.: +420 224 352 552, e-mail: Jan.Hosek@fs.cvut.cz

anamorphic lens placed to the optical system. The third kind of set-up is to use the common camera lens and a cylindrical tube used as an anamorphic lens.

5. Conclusion

The first measurement and data processing are demonstrated in multiphase bubble-liquid system. We expect the presented system will be able to be used for the determination of the spherical objects velocity as well as dimension change in the case of application of time-resolved photography.

6. Acknowledgments

This work was supported by grand CTU 0511212

7. References

- Crift, R., Grace, J.R., Weber, M. E. (1978) Bubble drops and particles, in: *Academic Press*, New York, pp. 22-28.
- Chanteperdrix, G., Schuler, A. (1999) Two Phase Flows with Fluent B, in: Mastering Industrial Codes and Parallelism REPORTS, <http://wn7.enseeiht.fr/hmf/travaux/CD9900/travaux/optmfn/micp/reports/reports.htm>.
- Grace, J. B. (1973) Shapes and velocities of bubbles rising in infinite liquids, in: *Trans. Int. Chem. Eng.*, 51, 116 – 120.
- Grace, J. B. (1976) Shapes and velocities of single drops and bubbles moving freely through immiscible liquids, in: *Trans. Int. Chem. Eng.*, 54, 167 – 173.
- Guerrero, J. A., Mendoza, S., Moreno, F., Mfunes-Gallanzi, D., Fernandez-Orozco, S. (2000) Particle positioning from CCD images: experiments and comparison with the generalized Lorenz-Mie theory, in: *Meas. Sci. Technol.* 11 568-575.
- Hassan, Y. H. (1997) Multiphase Flow Visualization Utilizing Particle Image Velocimetry (PIV), in: *2nd Int. Workshop on PIV*, Fukui, Japan.
- Hošek, J. (2006) Monolens 3-D Imaging and Measurement System, in: *Workshop 2006*, Czech Technical University, Prague.
- Jeon, D., Pereira, F., Gharib, M. (2002) Application of DDPIV to Bubbly Flow Measurement, in: *11th International symposium, Application of Laser Techniques to Fluids Mechanics*, Lisbon, Portugal.
- Leifer, I., de Leeuw, G., Cohen, L. H. (2003) Optical Measurement of Bubbles: System Design and Application, in: *Journal of Atmospheric and Ocean Technology*, Vol 20, No 9, pp. 1317-1332.

OPTICAL SET-UP FOR SMALL VOLUME OF LIQUID SURFACE TENSION MEASUREMENT

J. Hošek*, K. Studenovský*

Summary: *For the measurement of properties of the metastable super cooled water it is necessary to work with as small sample as possible, due to the fact, that probability of appearance of any ice nucleus is proportional to the sample volume in a period of time. The appropriate experimental method of the minimum volume surface tension measurement seems to be a sophisticated method devised by Furgeson (1924). This method is based on optical observation of liquid meniscus at the open end of the capillary. The goal of the presented work is to optimize the experimental set-up of the end-tip meniscus planarity observation and detection. A new, compact and sensitive experimental optical set-up is designed for the meniscus planarity measurement.*

1. Úvod

Povrchového napětí kapalin je materiálová vlastnost vypovídající o vnitřní struktuře tekutin a změně fáze materiálu či fázových složek při jeho teplotních změnách. Proto je studiu povrchového napětí kapalin věnována velká pozornost, a například hodnoty povrchového napětí vody jsou tabelovány a publikovány společností International Association for the Properties of Water and Steam – (IAPWS 1994). Nicméně uvedené hodnoty povrchového napětí jsou tabelované pouze pro teploty nad trojným bodem vody, přestože byla voda v kapalném stavu experimentálně pozorována až do teplot 205 K. Existují historická měření hodnot povrchového napětí vody měřené NACA (Hacker 1951) až do teploty 251 K. Ta vykazují změnu charakteru závislosti hodnoty povrchového napětí přechlazené vody při teplotě 267 K, která by odpovídala fyzikální interpretaci změny vnitřní struktury vody popsané (Hrubý 2004). Nicméně novější měření povrchového napětí vody (Floriano and Angell 1990), díky svému velkému rozptylu, charakter původního měření nepotvrzují. Proto cílem této práce je navrhnout experimentální způsob měření povrchového napětí podchlazené vody s dostatečnou přesností pro potvrzení nebo vyvrácení existence změny v charakteru teplotní závislosti povrchového napětí přechlazené vody při teplotě 267 K.

2. Metodika měření povrchového napětí přechlazené vody

Měření povrchového napětí kapalin je velmi důležité pro chemický průmysl, a proto i metodika měření je velmi rozsáhlá a propracovaná například v (Hartland 2004). Nicméně pro měření přechlazené kapaliny je nutné použít co nejmenší množství kapaliny, aby se minimalizovala pravděpodobnost zmrznutí vzorku při měření. Proto jako nejlepší metoda pro

* Ing. Jan Hošek, Ph.D., Prof. Ing. Karel Studenovský, DrSc. Ústav přístrojové a řídicí techniky, Odbor přesné mechaniky a optiky, Fakulta strojní, ČVUT v Praze, Technická 4, 166 07 Prague 6, Česká Republika, tel.: +420 224 352 552, e-mail: Jan.Hosek@fs.cvut.cz

měření povrchového napětí kapaliny v podchlazeném stavu byla vybrána metoda vyvinutá (Ferguson 1924, 1932) a později aplikovaná i (Hacker 1951) pro jeho měření, která pro měření využívá vzorek o objemu do 1 mm³.

Pro tuto metodu byly stanoveny rovnice vyjadřující vliv chyb měření tlakového rozdílu, nekruhovosti kapiláry a nerovinnost menisku na otevřeném konci kapiláry na měření povrchového napětí kapaliny a byly stanoveny požadavky na přesnost uvedených veličin. Byl navržen nový a přesnější způsob měření rovinnosti menisku na konci kapiláry a proveden výpočet intenzity odraženého světla v závislosti na poloměru křivosti menisku a dalších parametrech optické soustavy. Při celkově kompaktním uspořádání nově navrženého měřicího zařízení je možno jím sledovat i poloměry křivosti menisku větší než jeden metr.

3. Závěr

Bylo provedeno srovnání měření rovinnosti na malé ploše odpovídající průměru kapiláry, a to interferometrickými metodami a metodami geometrické optiky. Bylo prokázáno, že pro malé rozměry měřených ploch jsou metody geometrické optiky citlivější na odchylky od rovinnosti než metody interferometrické. Dále byl proveden detailní teoretický rozbor geometrické metody měření rovinnosti menisku kapiláry prováděné Hackerem (1951) a byl odhalen pravděpodobný zdroj chyb uvedeného měření. Na základě této analýzy byl proveden návrh nového experimentálního uspořádání metody měření rovinnosti menisku dosahující vyšší citlivosti a kompaktnějšího uspořádání než původní měřicí metoda.

4. Poděkování

Práce byla vypracována v rámci grantu č. GA ČR 101/05/2214

5. Literatura

- Ferguson, A. (1924). On the measurement of the surface tension of a small quantity of liquid, in: *Proc. Phys. Soc.* (London) 36, 37-43.
- Ferguson, A., Kennedy, S. J. (1932) Notes on surface-tension measurement. in: *Proc. Phys. Soc.* (London), 44, 511-515.
- Floriano, M. A., Angell, C. A. (1990) Surface Pension and Molar Surface Free Energy and Entrophy of Water to -27.2°, in: *J. Phys. Chem.* 94, 4199.
- Hacker, P. T. (1951) Technical Note 2510, in: *National Advisory Committee for Aeronautics*. URL <http://naca.larc.nasa.gov/reports/1951/naca-tn-2510/naca-tn-2%510.pdf>.
- Hartland, S. (2004), Surface and Interfacial Tension : Measurement, Theory, and Applications, in: *Marcel Dekker*, New York.
- Hrubý, J., Holten V. A., (2004) A Model for Density and Surface Tension of Supercooled Water, in: *14th Int. Conf. Properties Water Steam*, Kyoto.
- IAPWS, (1994) *Release on Surface Tension of Ordinary Water Substance*, URL <http://www.iapws.org/relguide/surf.pdf>.

POSSIBILITIES OF IMPROVEMENT ACCURACY OF THE ATTITUDE SENSOR FOR WALKING ROBOT

P. Houška¹, T. Marada², V. Ondroušek³, V. Singule⁴

Summary: *Measuring of the robot platform attitude with respect to the direction of gravity acceleration – attitude in abbreviation is very important issue in control of walking robots and other devices that can work in irregular terrain. One possible way of attitude sensor is described in contribution. Focus is on identification of stochastic properties parts of attitude sensor. Results are used for sensor and filters tuning.*

1. Úvod

Pro řízení stability kráčivého robotu při pohybu je důležité znát okamžitý náklon základny robotu. Pro snímání náklonu kráčivého robotu byl vytvořen snímač náklonu tvořený akcelerometry a gyroskopy. Příspěvek se zabývá nastavením částí snímače a identifikováním vlastností použitých snímačů, za účelem získání reálných dat pro analýzu a následné zvýšení přesnosti snímače na takovou úroveň, aby byl plně použitelný pro řízení stability robotu.

2. Snímač náklonu

Pro snímání náklonu bylo zvoleno použití MEMS gyroskopů, ale takto získaná hodnota je zatížena driftem gyroskopu. To znamená, že gyroskop je použitelný pouze pro krátkodobá měření. Proto musí být snímací soustava doplněna snímači, které umožní kompenzovat drift. K tomuto účelu byly vybrány MEMS akcelerometry, které ale měří mimo působení gravitačního zrychlení i zrychlení, způsobená pohybem snímače. Pro řešení problému je tudíž nutná fůze dat z obou typů snímačů, která provede kompenzaci chyb snímačů.

Fůze dat z obou typů snímačů lze provést s použitím komplementárního filtru, který byl popsán v [1]. Základní myšlenka spočívá v zavedení dvou filtrů, které odstraňují nevýhody obou snímačů, tj. drift a citlivost na pohyb. První filtr tvoří dolní propust druhého řádu (DP2Ř), který je aplikován na výstupní signál z inklinometru. Inklinometr pak poskytuje informaci o náklonu pouze při nízkých frekvencích (pomalé změny v náklonu). Druhý filtr tvoří horní propust druhého řádu (HP2Ř), a je aplikován na výstupní signál z gyroskopu.

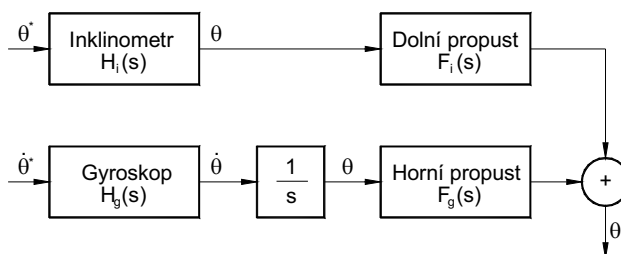
¹ Ing. Pavel Houška, Ph.D., Ústav automatizace a informatiky, FSI VUT v Brně, ČR, e-mail: houska.p@fme.vutbr.cz

² Ing. Tomáš Marada, Ph.D., Ústav automatizace a informatiky, FSI VUT v Brně, Technická 2 61669 Brno, ČR, e-mail: marada@fme.vutbr.cz

³ Ing. Vít Ondroušek, Ústav automatizace a informatiky, FSI VUT v Brně, Technická 2, 61669 Brno, ČR, e-mail: yondro00@stud.fme.vutbr.cz

⁴ Doc. Ing. Vladislav Singule, CSc., Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky, FSI VUT Brno, Technická 2, 616 69 Brno, ČR, e-mail: singule@fme.vutbr.cz

Gyroskop tak poskytuje informaci o náklonu pouze při vysokých frekvencích (velké změny v náklonu). Sečtou-li se informace z obou snímačů je výsledkem skutečný náklon. Tato metoda je zobrazena na obr. 1.



Obr. 1 Schéma vyhodnocení náklonu pomocí komplementárního filtru

3. Identifikace vlastností snímačů

V předchozích pracích [2] jsme se zabývali použitelností snímače pro měření náklonu. Tyto práce potvrdili vhodnost snímače a zavedli požadavek identifikace dlouhodobé přesnosti a spolehlivosti akcelerometru a identifikace „okamžité“ přesnosti použitých gyroskopů. Výsledky identifikace jsou určeny jak pro „doladění“ hardware snímače, tak pro naladění filtrů. Dále z [2] vyplynula vhodnost nahrazení součtového členu výsledného náklonu za Kalmánův filtr, který je schopen stochasticky ohodnotit aktuální data z jednotlivých snímačů.

4. Závěr

Článek se zabývá identifikací vlastností akcelerometrické části snímače náklonu a ověřením vlastností filtrů nastavených podle výsledků identifikace, za účelem zvýšení přesnosti snímače náklonu. Během identifikačních experimentů se ukázalo, že přesnost akcelerometrické části snímače lze výrazně zlepšit použitím vhodných filtrů typu dolní propust. Do budoucna se připravuje výše uváděné nahrazení součtového členu signálů z jednotlivých částí snímače, digitálním filtrem Kalmánovského typu. A dále provádění dalších experimentů za účelem ověření přesnosti celého snímače.

5. Poděkování

Práce byla provedena za podpory projektu MSM 0021630518 „Simulační modelování mechatronických soustav“.

6. Literatura

- [1] Theory of Operation of Angular Rate Sensors; Crossbow; www.crossbow.com
- [2] Houška, P.: Distribuovaný systém řízení kráčivého robotu; Disertační práce; ÚMT FSI VUT v Brně; 2004

TRANSIENT TEMPERATURE FIELD IN THE CHAMBER FOR MEASUREMENT OF SURFACE TENSION OF SUPERCOOLED LIQUIDS

J. Hrubý*, M. Müller, K. Richtr, R. Mareš

Summary: *We present results of mathematical modeling of the transient temperature field in a new chamber developed to measure surface tension of supercooled liquids, and results of auxiliary measurements. The chamber is designed to enable a very fast (within 0.1 s) formation of a homogeneous temperature field (within 0.02 K) after a temperature jump of 60 K. The interior of the chamber of dimensions 20x16x32 mm is filled with dry nitrogen surrounding the measuring capillary and thermometers (very fine thermocouples and RTD's). The temperature jump is generated by switching the flow direction of the nitrogen serving as a heat transmitting fluid. To reduce the thermal boundary layer near the bottom and ceiling walls, they are made permeable and some gas is sucked out. The flow in the chamber is laminar. We compute the temperature field analytically and numerically, using the commercial software Fluent. The analytical solution results in a series of goniometric and confluent hyperbolic functions. The Fluent code has been adapted to accept special boundary conditions for the velocity and temperature fields at the permeable walls. The results indicate that the design objectives of the experimental device were met.*

1. Analytical and numerical simulation of the temperature field in the new chamber

For a limited time, pure liquids can remain liquid even deep below the freezing point. Liquid below its equilibrium freezing point is metastable and it is called the supercooled liquid. Supercooled liquid water was observed down to 240 K. Only two datasets [Hacker 1951, Floriano 1990] exist for the surface tension of supercooled water and they are inconsistent. Therefore, a project was started to obtain new measurements. The present contribution describes analysis of the temperature field in the measuring chamber of the device. The change of temperature is performed by switching the flow of dry nitrogen, which comes either from left or right, tempered to low temperature or room temperature. For the sintered glass, the magnitude of the proportionality constant between the pressure drop and normal flow velocity was determined as $5.3 \times 10^4 \text{ Pa.s.m}^{-1}$. After switching the flow, for a relatively long

* Ing. Jan Hrubý, CSc.: Institute of Thermomechanics AS CR, e-mail: hruby@it.cas.cz. Ing. Miloš Müller: Technical University of Liberec. Ing. Karel Richtr and Prof. Ing. Radim Mareš, CSc.: University of West Bohemia in Pilsen

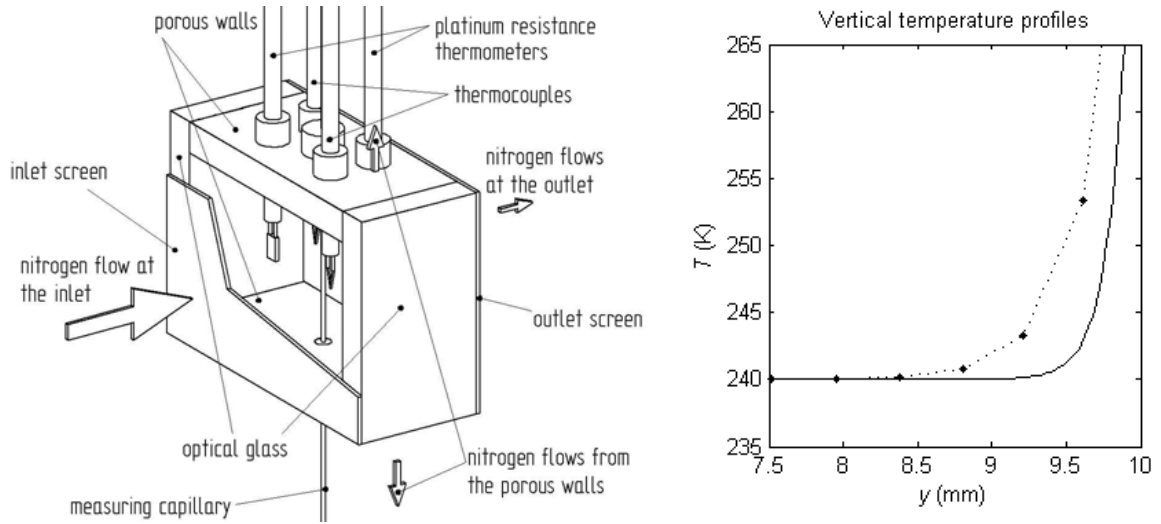


Figure 1. Left: View of the experimental chamber. The relative magnitude of the flows is indicated by the size of the arrows. Right: Temperature profile near the sintered glass plate at center of the chamber. Points and dotted line: CFD Fluent. Solid line: analytical computation.

period (seconds) the situation is quasi-stationary—the walls remain at the initial temperature. This is the case studied in this contribution analytically and numerically. Analytically we solve a simplified equation of energy conservation

$$(u_0 - qx) \frac{\partial T}{\partial x} + (v_0 + qy) \frac{\partial T}{\partial y} = \kappa \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right). \quad (1)$$

where κ is thermal diffusivity of the fluid and parameters u_0, v_0, q determine the flow field.

The results indicate that the design objectives of the experimental device were met. However, there is a space for improvements. It appears that the inlet screen has a too small hydrodynamic resistance, allowing some disturbances from the inlet tubes to enter the measuring chamber. The imperfection of the flow-field is probably the main reason of differences between the analytical and CFD results shown in Fig. 1 (right).

2. Acknowledgement

A support by Grant No. 101/05/2214 of the Grant Agency of the Czech Republic is gratefully acknowledged.

3. References

- Hacker, P. T. (1951) Experimental values of the surface tension of supercooled water. Technical Note 2510, National Advisory Committee for Aeronautics (1951)
- Floriano, M. A. & Angel, C. A. (1990) Surface tension and molar surface free energy and entropy of water to -27.2°C . *Journal of Physical Chemistry* 94, pp. 4199-4202.

PREDICTION AND VERIFICATION OF THE LIFETIME FOR THE VARIOUS COMBINED TENSILE AND TORSION LOAD

Z. Hrubý*, J. Papuga*, M. Růžička*, M. Balda, J. Svoboda****

Summary: The paper deals with the problem of fatigue in FEA simulation, fatigue post-processing and experimental verification. The use of the relevant constitutive model with the non-linear hardening is discussed. Experimental data for several load schemes are given. Last but not least, the comparison of calculated and measured lifetime is presented.

1. Úvod

V příspěvku jsou uvedeny výsledky únavových zkoušek pro několik typů různých zatěžovacích režimů – kombinace tahového a torzního namáhání realizovaného na vzorcích z uhlíkové oceli 11 523. V rámci projektu GA ČR 101/05/199 jsou v Centru diagnostiky materiálu, ÚT AV ČR v současné době realizovány rozsáhlé únavové zkoušky vzorků pro celkem deset různých zatěžovacích kombinací tahu-tlaku a krutu pro zkušební vzorek tvaru hladké trubky s tloušťkou stěny 2 mm. Pro experimentálně realizované průběhy zatěžování je za použití vhodného konstitutivního modelu metodou konečných prvků určena odezva materiálu na cyklické namáhání za stavu saturace hysterezních smyček. Numerické simulace jsou prováděny pomocí MKP programu ABAQUS. Časové průběhy složek tenzoru napětí a deformace jsou podrobeny zpracování pomocí vybraných únavových kritérií. Únavové analýzy jsou prováděny samostatně vyvíjeným programem PragTic.

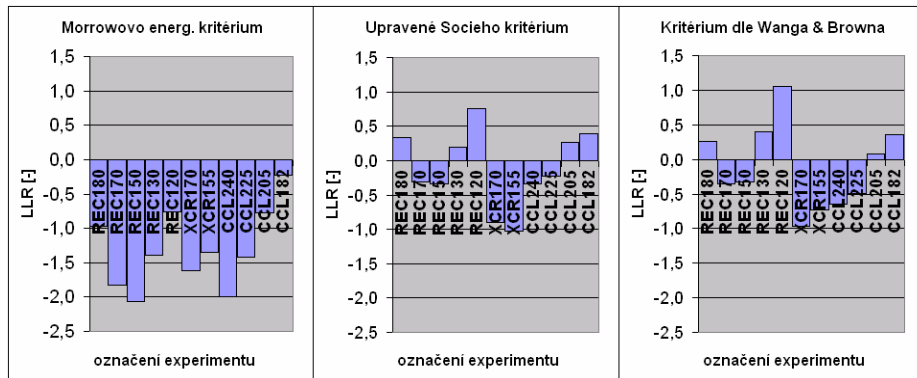
Ukazuje se, že pro získání dobré shody numerické simulace s experimenty je klíčová dostatečná přesnost vstupních materiálových dat, jejich správná interpretace do cyklického zatěžování, příkladem může být užití Masingova pravidla, volba odpovídajícího konstitutivního modelu a také numerická přesnost v multiaxiálních metodách.

2. Životnosti – program PragTic

Byly provedeny výpočtové analýzy životnosti za použití uniaxiálních i multiaxiálních přístupů jako srovnání s výsledky experimentálních zkoušek. Histogram logaritmického poměru životností (*LLR*) vykazuje pro různé hladiny zatížení a různé zátěžné cesty jak konzervativní tak nekonzervativní predikce životnosti, jak znázorňuje obrázek 1.

* Ing. Zbyněk Hrubý, Ing. Jan Papuga, Ph.D., Prof. Ing. Milan Růžička, CSc.: Ústav mechaniky, Fakulta strojní ČVUT v Praze; Technická 4; 166 07 Praha 6; tel.: +420.224 352 519, fax: +420.233 322 482; e-mail: Zbynek.Hruby@fs.cvut.cz, papuga@pragtic.com

** Prof. Ing. Miroslav Balda, DrSc. FEng., Ing. Jaroslav Svoboda: Ústav termomechaniky AV ČR, Centrum diagnostiky materiálu; Veleslavínova 11; 301 14 Plzeň; tel.: +420.377 236 415, fax: +420.377 220 787



Obrázek 1 Výsledky doposud řešených testů. Parametr Wangova & Brownova kritéria je $S = 0,619$, Bannantinova & Socieho metoda má koeficienty $k_1 = 1,1$ a $k_2 = 3,4$.

3. Závěr

Pro vybrané případy zatížení byl proveden únavový post-processing s pomocí programu PragTic. Dosavadní použití uniaxiálních metod a dvou multiaxiálních metod (Wang & Brown, Bannantine & Socie) nevedlo k akceptovatelným výsledkům. Rozptyl výsledků zůstává příliš značný. V dalším kroku je plánováno rozšíření souboru výpočtu o ostatní zveřejněné testy a především implementování dalších výpočetních procedur do PragTicu.

4. Poděkování

Príspevek byl podpořen grantovým projektem GA ČR 101/05/199.

5. Literatura

- ABAQUS Online Documentation. (2004) Version 6.5. ABAQUS, Inc. <http://man.fsid.cvut.cz:2080/v6.5/>
- Balda, M., Svoboda, J., Václavík, M. (2001) *Únava strojních komponent při víceosém namáhání se synchronizovanými a fázově posunutými fázovými složkami napětí*. Výzkumná zpráva, ÚT AV ČR, Plzeň.
- Hrubý, Z., Růžička, M. (2005) Využití MKP při predikci životnosti pomocí lokálních přístupů, in: *Výpočty konstrukcí metodou konečných prvků 2005* (V. Laš ed), ZČU v Plzni, pp.24-31.
- Khan, A. S., Huang, S. (1995) *Continuum Theory of Plasticity*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Kim, K., Park, J. and Lee, J. (1999). *J. of Engng. Mater. Techn., Transactions of the ASME* 121, s. 286.
- Papuga, J. (2005) *Mapping of Fatigue Damages – Program Shell of FE-Calculation*. PhD Thesis, ČVUT, Praha. <http://www.pragtic.com>
- Růžička, M., Papuga, J., Balda, M., Svoboda, J. (2004) Data Processing Line for Multiaxial Fatigue Computation and its Experimental Verification. In: *Proc. of AED 2004* [CD-ROM]. Orgit, Praha.

MODELING OF VOCAL FOLDS FUNCTION USING FEM II.

V. Hruža*

Summary: *During fonation the vocal folds are excited by air flow. This air is portioned by vocal folds into separated air bubbles. These are the cause of the source voice. It is obvious, that we must model fluid-structure interaction. Actual models comes from air flow hypothesis, and the influence of Bernoulli's effect. Next thing is, that as agitated medium is mostly used incompressible fluid. The idea of this new model is to molel function of vocal folds as full fluid-structure interaction. This paper deals with increasing of fluid velocity and thus pressure of the air under the vocal folds. Simulation was computed by FEM program Ansys 8.1.*

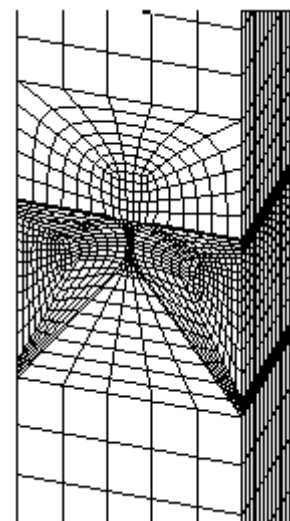
1. Úvod

Práce se zabývá modelováním funkce hlasivek s využitím metody konečných prvků. V modelování je zahrnut jak výpočet samotné struktury hlasivek, tak i výpočet vzduchu, který budí pohyby hlasivek. Modelování funkce hlasivek tímto způsobem lépe popisuje skutečnost, než modely dosud vyvinuté. Simulace je prováděna pomocí programu Ansys 8.1.

V tomto článku jsou prezentovány výsledky výpočtů, kdy byla zvyšována rychlost vzduchu přicházejícího do prostoru pod hlasivkami, a tudíž se zvyšuje tlak působící na hlasivky.

2. Model

Model hlasivek je vypracován jako symetrický s namodelováním tří vrstev – epitelu, vaziva a svalu obr. 1. Tyto vrstvy se liší použitým modulem pružnosti, který byl uvažován u epitelu 10 kPa, vaziva 7 kPa a u svalu 20 kPa. Pro jednoduchost výpočtu je zatím uvažován lineární izotropní materiál. Materiál hlasivek je uvažován jako takřka nestlačitelný, $\eta=0,49$, hustota všech tří tkání je dána $\rho=1040 \text{ kg/m}^3$ (Titze, 1994)(Golombeck, 1999). Hlasivky jsou modelovány pomocí elementu solid185. Kontakt hlasivek je realizován pomocí symetrického kontaktního páru, modelovaného prvky conta174 a target170. Rozměrově je model dimenzován podobně jako skutečné hlasivky, na výšku má model 0,018m, na šířku 0,01m a na délku má počítaný model hlasivek 0,015m.



Obr. 1. Celkový model

* Ing. Václav Hruža: Ústav mechaniky, mechatroniky a biomechaniky, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně; Technická 2896/2; 616 69 Brno; tel.: +420541142804;

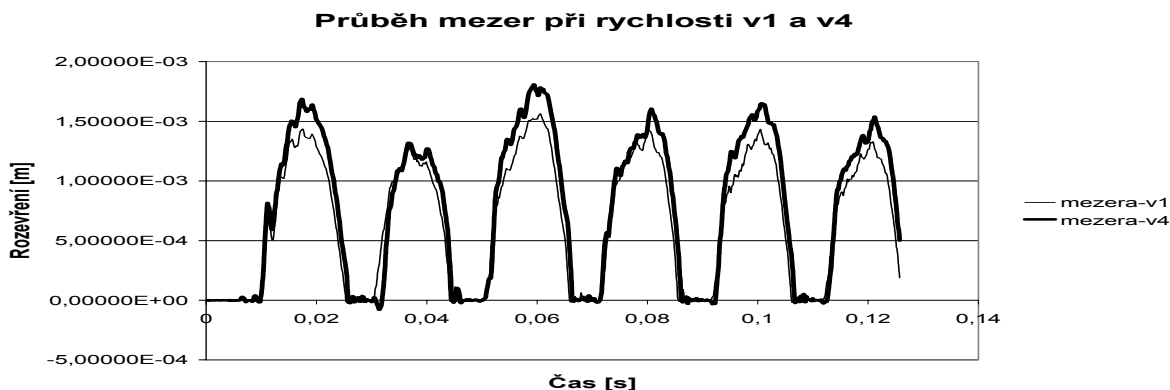
Model vzduchu sestává ze dvou hlavních částí. Části nad hlasivkami, která nahrazuje supraglotický prostor a části pod hlasivkami, čímž se modeluje subglotický prostor. Další důležitá část, kterou musíme brát v potaz, je část vzduchu mezi hlasivkami, kde dochází k zavírání hlasivek a tudíž k úplnému vytlačení vzduchu. Model vzduchu jak pod hlasivkami, tak nad hlasivkami má délku (osa z) 250mm a půdorysně opisuje model hlasivek. Tento prostor je modelován pomocí prvků Fluid142. Jako materiál je uvažován stlačitelný vzduch, a počítá se s přednastaveným materiálem výpočetního systému Ansys Inc./FLOTRAN.

3. Výpočet

Samotný výpočet je rozdělen do několika kroků. Na začátku jsou realizovány výpočty, které mají statický charakter, což je natažení a jemné přitlačení hlasivek. Po těchto krocích následuje výpočet dynamických dějů, což je otevírání hlasivek a proudění vzduchu. Výpočet je proveden jako interakce struktura-vzduch, kdy výsledky z jednoho prostředí slouží jako zatížení, nebo změna geometrie u druhého prostředí. Algoritmus výpočtu je podrobně popsán v Hruža (2006). Tento příspěvek je zaměřen na vliv rostoucího přísunu vzduchu pod hlasivky, což je řešeno vzrůstající rychlostí vzduchu přiváděného do vzduchové dutiny pod hlasivkami. Změna rychlosti je počítána pro 4 varianty: 0,110m/s, 0,115m/s, 0,120m/s a 0,125m/s.

4. Výsledky

Na obr. 2 vidíme průběh hlasivkové šterbiny pro nejnižší rychlost proudění vzduchu a pro nejvyšší rychlost proudění vzduchu. Vidíme, že v důsledku silnějšího buzení dochází při vyšší rychlosti k většímu rozkmitání amplitudy hlasivkové mezery. Na tomto obrázku je také vidět, že s vyšší rychlostí přidávání vzduchu pod hlasivky roste hlasivková mezera, což je způsobeno vyšším tlakem vzduchu pod hlasivkami.



Obr. 2. Otevření hlasivek pro max. a min. rychlost vzduchu

5. Závěr

Výsledky výpočtu potvrdily použitelnost modelu pro simulaci funkce hlasivek. Na druhou stranu však zvolený nárůst rychlosti vzduchu přicházejícího do prostoru pod hlasivkami byl zvolen poměrně malý, z důvodu testování modelu, takže nebylo možno prokázat výskyt dalších jevů při zvyšování intenzity hlasu, jako je například růst základní frekvence. Vytvořený model na simulaci funkce hlasivek může být dále vyžit například pro zkoumání různých vad hlasivek, a také je možno upravit geometrický model pro výpočet a testování hlasivkových protéz.

DESCRIPTION OF MATERIAL PROPERTIES OF HARDENING CONCRETE INSIDE DECK OF COMPOSITE BRIDGE

I. Monzón Hualde¹, P. Štemberk¹, O. Lojkásek²

Summary: *This paper shows an analysis of a concrete bridge deck. For the analysis, the material parameters of concrete are approximated by functions, which take into account the effect of composition and local temperature. A simple thermal analysis is used to express the thermal field distribution in the concrete deck which affects the progressing hardening. Finally, a mechanical analysis is conducted which gives the possible deformation of the bridge deck caused by a mobile concrete pump and other equipment.*

1. Introduction

The execution of a concrete structure is affected the compressive strength of concrete. The criterion for form stripping is that a certain strength and certain bonding between the reinforcement and the concrete must be attained. Several properties of concrete, such as the tensile and the compressive strength, E-modulus, ultimate strain, etc, which are of interest here, can be related to the compressive strength evolution at the early age.

In this paper, approximations of compressive strength and other concrete parameters are proposed. These functions are dependent upon local temperature and water–cement ratio of concrete. The temperature at each location of concrete deck is obtained by means of simple thermal analysis based on the finite elements method. This paper also shows an analysis of deformation of the bridge deck based on the Chen model of plasticity, where the material parameters are approximated by scaling a function proposed previously.

2. Approximation of evolution of mechanical parameters of concrete

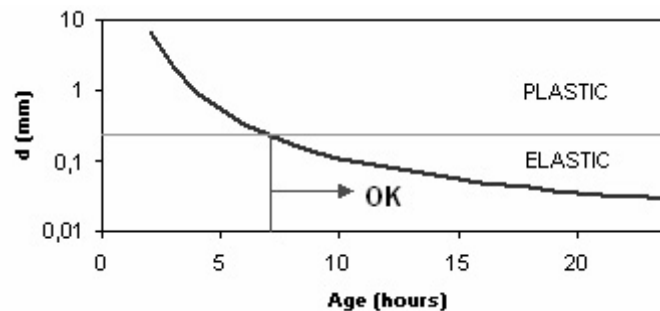
The compressive strength has been adjusted to the evolutionary function, which describes the evolutionary changes in the microstructure of solidifying and hardening concrete, of the compressive strength. For each temperature and water-cement ratio, the values of parameters a_i ($i=1, 2, 3, 4, 5$) have been proposed.

¹ Isabel Monzón Hualde, Ing. Petr Štemberk, Ph.D.: Fakulta stavební, České vysoké učení technické v Praze; Thákurova 7; 166 29 Praha 6; tel.: +420.224 354 364, fax: +420.224 353 740; e-mail: stemberk@fsv.cvut.cz

² Ing. Otakar Lojkásek: JHP Mosty spol. s r.o.; Ústřední 60; 102 00 Praha 10; tel.: +420.272 700 452, fax: +420.272 703 703; e-mail: lojkasek@jhp-mosty.cz

3. Application to bridge construction: thermal analysis and mechanical analysis

Firstly, we focused on thermal analysis of the concrete bridge deck during construction using FEM analysis. For studying the deformation of the section of the bridge deck, the Chen model of plasticity was used. This model was modified so that all its parameters were the function of the degree of hydration. The following figure shows the deformation which the bridge deck suffers under the truck tyre. From the age of 7 hours, the behavior of concrete is elastic. Until this time, a plastic behavior prevails.



4. Conclusions

In this paper, it was attempted to estimate the possible deformation of hardening concrete slab when a truck enters it. For the analysis, a function expressing the evolution of the microstructure was defined. It is acceptable to assume that all mechanical parameters are a function of the degree of hydration. Therefore, a five-parameter hyperbolic function was derived, which depended on the water-cement ratio, temperature and time. For the sake of simplicity, all mechanical parameters are obtained by scaling the degree of hydration. The material model used in this analysis was the Chen model of plasticity which was modified so that all its parameters were the function of the degree of hydration. The deformation of the concrete slab was investigated for various ages and it was established that from the age of seven hours the concrete is only in the elastic region when subjected to the load. Also, for further extension of the model, a finite element tool was programmed for calculating the thermal distribution, which took into account the change in the ambient temperature.

5. Acknowledgement

This work was supported by the Czech Science Foundation (project no. 103/05/2244), which is gratefully acknowledged.

6. References

- Bergström, S. G., and Byfors, J. (1979), Properties of Concrete at Early Ages, 32nd Meeting of RILEM Permanent Committee, Rio de Janeiro, pp. 265-274.
- Michaela Šíplová, Jaroslav Kruis, and Petr Štemberk. (2005) *Model of hardening concrete with evolving parameters*. VIII International Conference on Computational Plasticity. COMPLAS VIII. E. Oñate and D.R.J. Owen (Eds). CIMNE, Barcelona, 4p.
- Petr Štemberk. (September 2003) Ph.D. Thesis: Evolutionary Material Model of Hardening Concrete under Uniaxial Loading. Yokohama National University, Yokohama, Japan.

STRESS – STRAIN ANALYSIS OF AN AGING MOTION SEGMENT OF THE LIGAMENOUS SPINE UNDER PHYSIOLOGIC COMPRESSION.

D. Hudeček^{*}, Z. Florian^{}**

Summary: *This paper deals with implementation stress-strain analysis of the lumbar motion segment of the human spine. Individual vertebral elements are modeled based on the 4. and the 5. CT slices of the lumbar spondyle. Mechanical interaction in joint section of spine between spondyles is modeled by using contact elements. The arthral contact was supported with respect to complication of geometry by creating of cartilage with suitable thickness. This analysis is made by using FEM software ANSYS for a three variations. The results of this analysis contribute to view about effort of the vertebral segment.*

1. Úvod

Páteř, jakožto jedna z nejdůležitějších a nejsložitějších částí lidské kostry, patří v současnosti mezi nejčastěji postižené části lidského těla, neboť vrozené faktory, přetěžování a sedavý způsob života dříve či později způsobí její postupnou degeneraci, která ovlivní její schopnost přenášet zatížení.

Nejmenší jednotkou reprezentující mechanické chování v daném páteřním regionu je pohybový segment, který je tvořen dvěma sousedními obratli s chrupavčitými destičkami na jejich tělech, meziobratlovou ploténkou a meziobratlovými klouby s příslušnými vazy a svaly. Veškeré pohyby v segmentu probíhají snadno, pokud jsou všechny jeho části zdravé a zcela funkční. Poškození či onemocnění jedné jeho části ovlivní funkci celého segmentu.

V důsledku degenerativních procesů a úrazů, dochází ke změnám geometrie a materiálových vlastností páteřních prvků. Tyto změny často vyvolávají obtíže, jež jsou charakteristické vracející se či chronickou bolestí. Objasnění mechanických příčin bolestí v zádech vyžaduje znalost deformace a napjatosti zejména v lumbo-sakrální oblasti páteře, jakožto regionu s nejvíce se vyskytujícími obtížemi.

Cílem práce je tedy provedení deformačně-napěťové analýzy pro fyziologickou kompresi zatížený model bederního segmentu lidské páteře, který by bral v potaz změnu struktury a materiálových vlastností všech jeho modelovaných komponent, jakožto důsledek stárnutí a degenerace.

^{*} Ing. David Hudeček, ÚMTMB FSI VUT Brno, Technická 2, 616 69 Brno,
e-mail: d.hudecek@email.cz , tel.:+420 54114 2804

^{**} Ing. Zdeněk Florian, CSc., ÚMTMB FSI VUT Brno, Technická 2, 616 69 Brno,
e-mail: florian@fme.vutbr.cz , tel.:+420 54114 2863

2. Výpočtový model

Ke tvorbě modelů a k samotným výpočtům byl použit konečnoprvkový výpočetní systém Ansys ver. 8.1. Vzhledem ke složitosti problému jsou všechny modelované prvky mimo vazy, tj. kompaktní a spongiosní kost, meziobratlový disk tvořený jádrem a na subobjemy rozděleným prstencem, chrupavčité a kostní desky, epyfizeální prstence a kloubní chrupavky, modelovány jako homogenní, izotropní, lineárně-elastický materiál. Jednotlivé vazy jsou popsány odlišným nelineárně-elastickým materiálovým modelem.

Materiálové charakteristiky a výskyt jednotlivých komponent (zejména chrupavčitých desek, epyfizeálních kostěných prstenu na terminálních plochách obratlových těl a kloubních chrupavek) se mění v rámci třech modelů zdravého, středně a těžce degenerovaného pohybového segmentu, jakožto důsledek jejich stárnutí a degenerace.

K vytvoření konečnoprvkové sítě byl využit objemový, kvadratický prvek SOLID 92 určený pro automatické generování sítě, tzv. free meshing. Pro plochy obratle byl použit skořepinový prvek SHELL 93, který po přiřazení materiálových charakteristik popisuje kortikální (kompaktní) kost s předepsanou konstantní tloušťkou po celém povrchu 0,6mm a kostní desku o tloušťce 0,25 až 0,35mm (v závislosti na typu modelu). K modelování bederních vazů byl využit jednoosý prvek LINK 10, přenášející pouze tahové namáhání. Sada těchto prvků, reprezentujících příslušný vaz, se vyznačovala rozdílnou průřezovou plochou a počátečním přetvořením. Na stykové plochy chrupavek byly nanášeny kontaktní prvky typu TARGE 170 a CONTA 174 se součinitelem smykového tření pro model segmentu zdravý (normální) $f = 0,005$, středně degenerovaný $f = 0,01$ a těžce degenerovaný $f = 0,1$.

U všech uzlových bodů na kaudální terminální ploše obratle L5 bylo zamezeno všem složkám pohybu (All DOF), jako by byl obratel napevno srostlý s křížovou kostí.

Zhotovený MKP model pohybového segmentu páteře byl podroben kompresivnímu fyziologickému zatížení od vlastní tíhy jedince. Zatížení bylo aplikováno na kraniální terminální plochu obratle L4 o velikosti 850N, což přibližně odpovídá fyziologické kompresivní síle (působící na L4-L5 pohybový segment) u člověka s hmotností 95kg a výškou 194cm.

3. Výsledky a závěr

Tato práce má charakter úvodní studie, jejímž cílem bylo zjistit vliv stárnutí a degenerace na jednotlivé komponenty kompresí zatíženého fyziologického bederního segmentu lidské páteře, a také vliv vazů na namáhání těchto komponent. Při daném způsobu zatěžování byly odhaleny nejvíce namáhané komponenty a objasněn důvod lokálně zvýšených hodnot napětí a deformací u všech tkání. Dále bylo zjištěno, jakým způsobem mohou bederní vazy páteře ovlivnit rozložení napjatosti v segmentu při jeho kompresy. Provedením této analýzy byl vyladěn model pohybového segmentu páteře s bederními vazy, s jejichž přispěním bude možné provést obdobné analýzy pro flexi, extenzi či torzi v kombinaci s kompresí.

DYNAMIC LOADING SIMULATION OF VEHICLE TRACK

M. Chalupa, J. Veverka, R. Vlach*

Summary: *The paper describes possible design of vehicle track computation model and basic step of dynamic loading simulation of the track. The computational model is built for computational simulating system MSC. ADAMS, Tracked Vehicle Toolkit. The model consists of all parts of real vehicle undercarriage design.*

1. Úvod

Článek popisuje sestavení výpočtového modelu podvozku bojového pásového vozidla BVP – 2, ve kterém je podrobně propracován popis konstrukce kolejového pásu. Dále popisuje určení jedné z možností porušování podélné stability při jízdě vozidla a provedení úvodních simulačních výpočtů dynamické zátěže části podvozku při jízdě. Model podvozku je sestavený pro výpočetní systém MSC.ADAMS Tracked Vehicle Toolkit. Je určen ke zjišťování dynamických vlastností podvozku a chování zejména pásu při změnách konstrukce a režimů provozu, při jízdě vozidla. Konečným výsledkem prací má být návrh změn konstrukčních parametrů podvozku, které umožní zlepšení směrové stability vozidla při současném zvýšení jeho maximální rychlosti. Nyní je však třeba vytipovat ty konstrukční parametry částí podvozku, které mohou mít na změnu podélné stability při jízdě vozidla jakýkoliv vliv.

2. Popis výpočtového modelu

Výpočtový model je tvořen základními částmi pásového pohybového a závěsného ústrojí podvozku vozidla. Jsou to pojezdná kola, nosné kladky, hnací kola, vodící a napínací kola, vahadla, torzní tyče a tlumiče pérování, po kterém se pohybují jednotlivé články pásu, spojené mezi sebou sponami. Současný model, ve výpočetním systému MSC.ADAMS, AVT je vytvořen z nabídky jednotlivých součástí podvozku obecného pásového vozidla a jejich konkretizace pomocí vstupních hodnot, jako jsou základní konstrukční rozměry, hmotnost, souřadnice bodu umístění součásti na korbě vozidla a počet těchto součástí.

doc.Ing. Milan Chalupa, CSc.: UO Brno, Kounicova 65, 612 00 Brno, tel.+fax: +420 973 44 3 420,
E-mail: milan.chalupa@unob.cz.

Ing. Josef Veverka, Ph.D., MSC.Software s.r.o., Příkop 4, 602 00 Brno, tel. +420 545 176 106,
E-mail: josef.veverka@mscsoftware.com .

Ing. Radek Vlach : Ústav mechaniky těles, FSI VUT Brno; Technická 2, 619 69 Brno; tel.: +420.541 142 757,
fax: +420.541 142 876; E-mail: vlach@feec.vutbr.cz.

3. Popis simulačních výpočtů

Cílem provedení simulačních výpočtů bylo potvrdit nebo vyloučit vlivy určených konstrukčních parametrů částí podvozku, kterými byly geometrie oblouků pásu, hmotnost článků pásu nebo předepnutí pásu, na změny sledované vlastnosti podvozku vozidla, kterou byla reakční síla v osách napínacích kladek. Její změna jednoznačně ukazuje na pokles, či vzrůst odporů proti pohybu vozidla.

4. Provedení simulačních výpočtů

První ze simulačních výpočtů sledoval zjišťování vlivu změny poloměru oblouku pásu modelovaného změnou poloměru hnacího kola a napínacího kola na hodnoty reakčních sil v osách opěrných kladek. Další simulační výpočet sledoval vliv změny hodnot předepnutí pásu na hodnoty reakčních sil v osách opěrných kladek. Poslední simulační výpočet sledoval zjišťování vlivu změny hmotnosti článků pásu na hodnoty reakčních sil v opěrných kladkách.

Výsledky všech tří simulačních výpočtů potvrdily, že vlivy změn oblouků, předepnutí i hmotnosti článků pásů, na změny reakčních sil na opěrných kladkách podvozku vliv mají jsou takového rázu, že je vhodné se jimi zabývat i v dalších, podrobných výpočtech.

5. Závěr

V článku je popsán jeden z možných způsobů sestavení výpočtového modelu pásového podvozku reálného pásového vozidla, sestaveného pro možnost provádění simulačních výpočtů dynamické zátěže částí podvozku, ve výpočetním systému MSC.ADAMS Tracked Vehicle Toolkit. Tento model slouží v prvním kroku pro provádění výpočtových simulací ke zjištění základních informací o chování jednotlivých částí pásu a podvozku při jízdě vozidla.

Po vytipování vhodných parametrů konstrukce, nebo provozního nastavení částí podvozku, bude model sloužit pro provádění simulačních výpočtů dynamické zátěže jednotlivých částí podvozku, při změnách konstrukce, nebo provozního nastavení podvozku vozidla. Na základě výsledků této hlubší analýzy pak bude možné říci, které konstrukční změny na podvozku povedou ke zlepšení směrové stability při současném zvýšení maximální rychlosti pásového vozidla.

6. Literatura

ADAMS/Tracked Vehicle Toolkit version 2003.0, *Documentation*, MSC.Software Sweden.

Chalupa, M., Kotek, V., Vlach, R. (2001) *Výzkum konstrukce vozidlového pásu pro vysoké rychlosti*. Závěrečná zpráva z řešení POV MO 03171100014 . VA Brno.

Kratochvíl, C. (1997) *Mechanika těles – dynamika*, Brno PC-DIR.

Kříž, R., Vávra P. (1995) *Strojírenská příručka, svazek 6*, Scientia, Praha.

Vlach, R., Kotek, V. (2001) *Analysis of behaviour ski for skiing along grass area*. Příspěvek ve sborníku Národní konference s mezinárodní účastí "Inženýrská mechanika 2001", 14.-17.5. 2001, Svratka, ČR.

Vlach, R., Chalupa, M., Kotek, V. (2002) *Vliv vybraných parametrů na chování lyže pro jízdu po trávě*. Příspěvek ve sborníku Národní konference s mezinárodní účastí "Inženýrská mechanika 2002", 13.-16.5. 2002, Svratka, ČR.

Vlach, R., Grepl, R., Chalupa, M., Ondrušek, Č. (2003) *Výpočtové modelování dynamických vlastností pásového vozidla*. Příspěvek ve sborníku Národní konference s mezinárodní účastí "Výpočtová mechanika 2003", 3.-5. 11. 2003, Nečtiny, ČR.

LOCAL RESISTANCE OF SURFACE MOUNTED OBSTACLES

Z. Chára*, B. Hoření*

Summary: *The influence of surface mounted obstacles on free level of channel flow is discussed. The obstacles of square cross section are placed sequentially along a hydraulic flume and perpendicularly to the flow direction across the whole channel width. Three various spacing between the obstacles - $5H$, $11H$ and $23H$ (H is height of the obstacle) were tested for different flow discharges. The surface levels were recorded and the results were compared with numerical simulations. Based on the experimental data and numerical simulations the resistance coefficients of the individual obstacles were determined.*

1. Introduction

Flow over macro wall roughness elements, which have constant longitudinal spacing and height along the channel can be referred as the wake-interfering or hyper-turbulent flow. Due to the vortices generated on the rough elements such flow is much more turbulent and energy consuming compared with flow over smooth surface. This phenomenon can be useful to dissipate the kinetic energy mainly in mountain areas where the slopes of natural streams are relatively high. The presented paper is focused on the determination of the local resistance of transverse rectangular bars of square cross section and their influence on the turbulent flow in a hydraulic flume. The experiments were performed in the hydraulic flume of a cross section 0.4×0.4 m and a length 24 m. The rectangular bars of the cross section 5×5 cm were placed on the channel bottom. According to the bar spacing the length of rough section varied from 6 to 14.4 m.

2. Numerical simulations

The numerical simulations were carried out by a commercial program Fluent 6.2. An unstructured mesh of the edge size 5 mm was used in the whole computational domain. The roughness parts of the domain were built up identically as on the physical model. The standard two-dimensional $k-\epsilon$ model and the volume of fluid (VOF) model solving the free surface were adopted. Together with the two-dimensional solution a simple one-dimensional simulation HEC-RAS was tested.

* Ing. Zdeněk Chára, CSc., Ing. Bohumír Hoření, CSc.: Institute of Hydrodynamics AS CR; Pod Patankou 30/5, 166 12 Praha 6; tel.: + 420.233323748, fax: + 420.233324361; e-mail: chara@ih.cas.cz

3. Results and discussion

Comparison between the measured and calculated (Fluent simulation) profiles of the free surface for bar spacing $L=5H$ is shown in Fig. 1. A very good coincidence of the measured and simulated profiles was achieved including the free level upstream the rough part for $L=5H$ and $11H$. For $L=23H$ the Fluent simulation slightly undervalued the measured free surface levels.

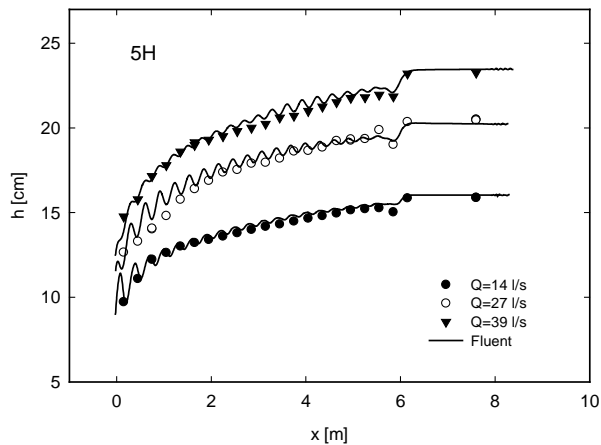


Fig. 1 Comparison of measured and calculated free surface profiles for $L=5H$

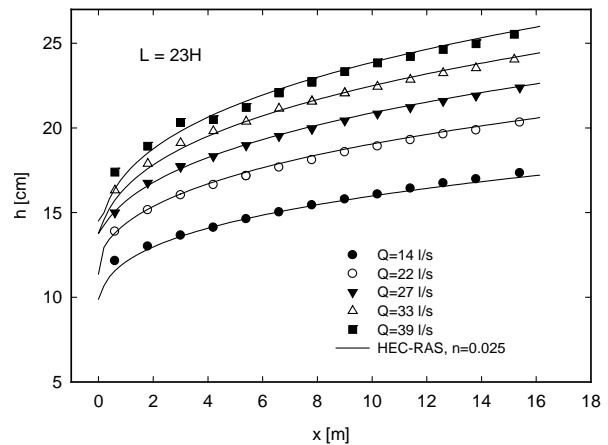


Fig. 2 Free surface profiles – measured and calculated by HEC-RAS

An assessment of the Manning's coefficient, n , was done from the momentum conservation and provided that the flow exists only above the bars (flow inside the cavities was not considered). For such assumptions the values of Manning's coefficient varied from 0.025 ($L=23H$) to $0.028-0.03$ ($L=5H$ and $11H$). The free surface profiles calculated from the HEC-RAS and for $n=0.025$ are plotted in Fig. 2 and the results are compared with experimental data. The HEC-RAS calculation corresponds very well with the measured data.

4. Conclusion

The influence of surface mounted bars on flow behaviour in the open channel has been evaluated. The bars of the square cross section was placed sequentially on the channel bottom with spacing $L=5H$, $11H$ and $23H$. The profiles of the free surface levels were measured and the numerical simulations were performed. The numerical simulations agree quite well with experimental data for $L=5H$ and $11H$, for the spacing $L=23H$ the measured data lie slightly above the numerical simulations. From the measured and partially from simulated data the resistance coefficients in the form of drag coefficients and Manning's coefficients were determined. The drag coefficients are increasing with increasing bar spacing but the total resistance is decreasing with increasing spacing.

5. Acknowledgement

The support under the projects No. 103/03/0724 of the Grant Agency of the Czech Republic, and the Institutional Research Plan AV0Z20600510 of ASCR is gratefully acknowledged.

SELF-EXCITED OSCILLATION OF THE THIN-WALLED ELASTIC TUBES

H. Chlup^{*,**}, F. Maršík^{**}, S. Konvičková^{*}

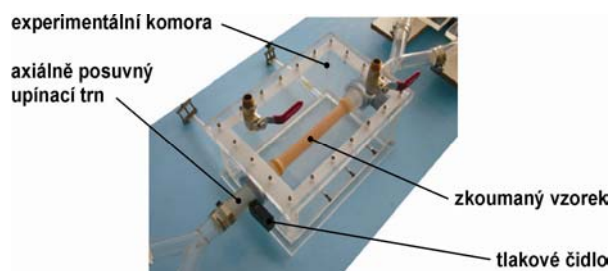
Summary: *The simulation of the fluid flow through elastic pipes has many applications in a blood flow through human vessels – investigation of such phenomena as an atherosclerosis generation in artery walls, the Korotkoff's sounds generation or modeling of vascular mechanical substitutes (the so called "stents") and is therefore widely studied. Aim task is to solve the blood flow through the elastic tubes analytically, numerically and experimentally and to analyze the relation of the mechanical properties of the blood and of the vessel wall and flow instabilities, all focused on biomechanics of the cardio-vascular system. The analysis shows that frequency of self-excited oscillations increases with the decrease of arterial compliance.*

1. Úvod

Nejnámějším jevem způsobeným samobuzenými kmity v kardiovaskulárním systému jsou tzv. Korotkovovy zvuky (Maršík 2002). Vydává je pažní tepna po částečném uvolnění škrtící manžety při běžném měření tlaku. Danahy a Ronan popsali v roce 1974 další jev: hučení nebo bzukot mozkových vén. Tento jev má původ v kmitání krční žíly, která se zhroutila v důsledku nízkého hydrostatického tlaku. Také kmitání koronárních cév bylo sledováno během chirurgických operací srdce. Spontánní kmitání se v lidském těle objevuje i v jiných souvislostech: různé dýchací zvuky jako např. sípání, chrápání, ...

2. Experimentální výsledky

Byla navržena a zkonstruována experimentální trať pro sledování samobuzených oscilací elastických trubic (Obr. 1). Měření probíhalo zatím na třech elastických latexových trubicích ze stejného materiálu vyrobených na zakázku. Vnitřní průměr trubic byl 14 mm a

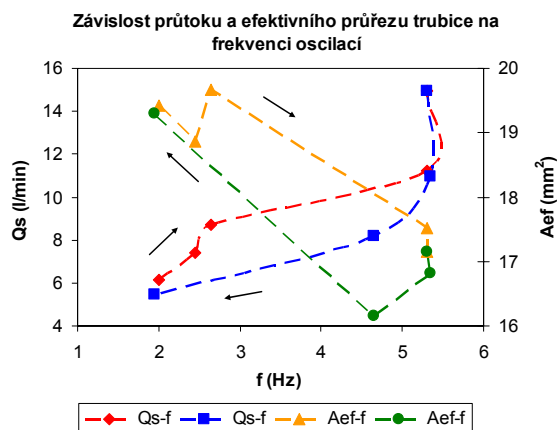


Obr. 1

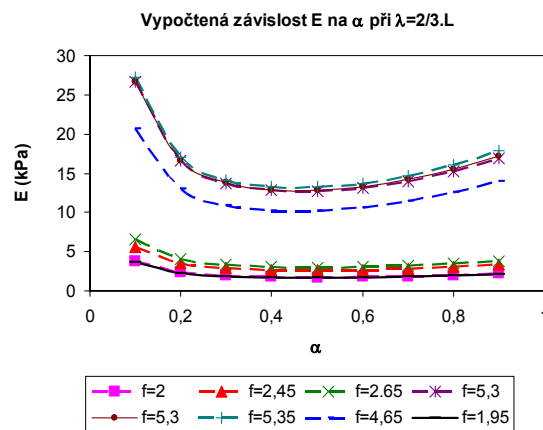
* Ing. Hynek Chlup, Prof. Ing. Svatava Konvičková, CSc., Czech Technical University in Prague, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanics, Laboratory of Biomechanics of Man, Prague, Technická 4, 166 07 Prague 6, Czech Republic, chlup@seznam.cz, Svatava.Konvickova@fs.cvut.cz, tel.: 22435 2690

** Prof. Ing. František Maršík, DrSc., Academy of Sciences of the Czech Republic, Institut of Thermomechanics, Laboratory of Biomechanics, Prague, Dolejškova 5, 182 00 Prague 8, Czech Republic, chlup@seznam.cz, marsik@it.cas.cz, tel.: 26605 3294

tloušťka stěny jednotlivých vzorků byla 0,8mm, 1 mm a 1,2 mm. Trubice byly uchyceny na axiálně posuvných trnech a předepjaty o 25% své počáteční klidové délky. Pro každou elastickou trubici byla sestrojena závislost frekvence samobuzených oscilací na průtoku kapaliny a závislost efektivního průřezu oscilující trubice na průtoku a frekvenci oscilací, (Obr. 2). Byly vypočteny hodnoty celkového modulu pružnosti E trubice a kapaliny jako celku v závislosti na změně materiálového parametru α (Obr. 3).



Obr. 3



Obr. 4

3. Závěr

Bylo sestaveno plně funkční experimentální zařízení pro zkoumání samobuzených oscilací tenkostěnných elastických trubic. Byl stanoven zjednodušený vztah pro výpočet efektivního průřezu kmitající elastické trubice a získány charakteristiky závislosti mezi středními hodnotami průtoku kapaliny, frekvencí kmitání vzorků a efektivním průřezem, (Obr. 3). Pokusili jsme se o nalezení vztahu mezi Youngovým modulem pružnosti E a materiálovým parametrem α . Tento vztah nebyl zatím uspokojivě určen. V současném stavu řešení problematiky získáváme modul pružnosti elastické trubice a kapaliny jako kontinua. Navržené vztahy a postupy byly ověřeny experimenty a bylo zjištěno, za jakých podmínek je lze využít k přibližnému odhadu sledovaných veličin. Provedením a vyhodnocením experimentu byla získána představa o možnostech měření na navržené experimentální lince a o chování elastické trubice v režimu samobuzených oscilací.

4. Poděkování

Tato práce vznikla za laskavé podpory GAČR 106/04/1181, MSM 6840770012

5. Literatura

Fung, Y. C. (1996) *Biomechanics : Circulation*. Springer, 571 s.

Maršík, F., Převorovská, S., Štembera, V. (2002) The Influence of Compliance and Resistance of Arteries on Korotkoff Sound Generation in Numerical Modelling. *Acta of Bioengineering and Biomechanics : Proceedings of the 13th Conference of European Society of Biomechanics, Wroclaw*. vol. 4, sup. 1, s. 716-717.

EXPERIMENTAL MEASUREMENT PULSE WAVE VELOCITY IN ELASTIC TUBE

H. Chlup^{*,**}, H. Macková^{*}, R. Žitný^{*}, S. Konvičková^{*}

Summary: *The pulse wave velocity (PWV) in blood vessels is one of the important hemodynamical parameters for detection of artery health condition. In our laboratory, the PWV in elastic tubes and arteries is measured in vitro. The method is based on optical measurements of displacement of the pulsating tube wall. A high frame rate camera was used. The obtained data were evaluated by several methods and compared. The measured pulse wave velocities were in the same order of magnitude as values based on theoretical calculations and published physiological data.*

1. Introduction

The PWV in elastic tubes under different hemodynamical conditions is important for artery health evaluation. The experimental line was designed for measurements of PWV in elastic tubes. The systemic resistances was modeled by friction losses in numerous flow splits and capillary tubes simulating bloodstream. The purpose of the research is detection of the PWV and identification of material properties of thin-walled elastic tubes and blood vessels.

2. Methods and Results

For this experiment, latex tubes with similar properties as arteries were used. The tube wall was deformed by pulsatile flow. Time courses of the reference point radial displacements were simultaneously recorded by a high speed camera. The PWV range, sufficient frame rate and appropriate evaluation method were searched.

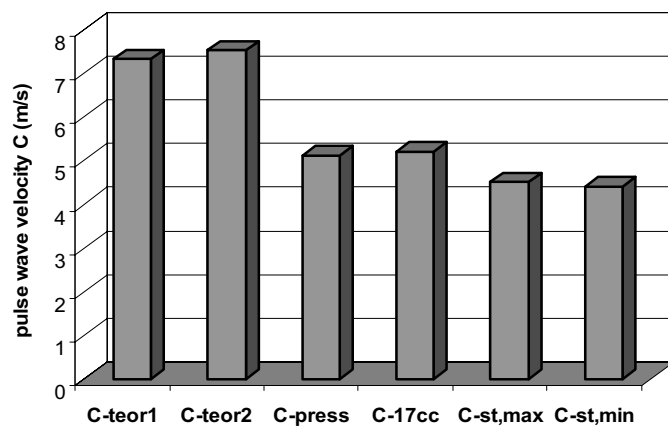


Fig. 1

* Ing. Hynek Chlup, Ing. Hana Macková, Prof. Ing. Rudolf Žitný, CSs., Prof. Ing. Svatava Konvičková, CSc.: CTU in Prague, FME, Laboratory of Human Biomechanics, Technická 4, 166 07 Prague 6; tel.: +420.224 352 690; fax.: +420.233 322 482, e-mail: chynek@seznam.cz.

**Ing. Hynek Chlup: Academy of Sciences of the Czech Republic, Institute of Thermomechanics, Laboratory of Biomechanics, Dolejškova 5, 182 00 Prague 8; tel.: +420.266 053 294; e-mail: chynek@seznam.cz

Approximate PWV in a thin-walled elastic tube was calculated theoretically using Moen-Korteweg's equation (Bronzino, 2000) and its modification for non-linear materials (Klingerová, 2005). Approximate values of the PWV were calculated to $c_{tepr1}=7.3$ m/s resp. $c_{teor2}=7.5$ m/s. Published in vivo values of the PWV are for example 3.8 m/s (Stephans, 2003) or 4.8 m/s (Khir, 2002).

The elastic tube was attached in the experimental chamber. Reference points were marked on the tube wall and their radial displacements under pulsatile loading were recorded by optical method. The approximate sufficient frame rate of camera was determined to 1000 Hz. The record was processed by APAS software. The displacement data were treated by FFT and approximated by a harmonic function of the wall displacement in reference points. Function parameters were identified by the least square method. The time shift of maximal ($c_{-st,max}$ at Fig. 1) and minimal ($c_{-st,min}$) values gave the PWV. The PWV was also obtained using cross correlation (c_{-17cc}). For comparison, PWV was evaluated from pressure wave shift between the beginning and the end of the tube (c_{-press}).

3. Conclusion

The PWV was obtained by the non-invasive optical method from radial wall displacement and verified by the invasive pressure method. The optical method enabled to measure PWV at intervals between reference points, therefore more precisely than the whole tube averaging by the pressure method. The data were compared with the theoretical values and the published physiological data. The differences between experimental and theoretical values could be explained by simplifying assumptions and different geometries. However the same order of magnitude of the velocities shows that our method could be used for blood vessel specimens. The non-invasive method of measuring time courses of radial displacement and methods of its evaluation proved to be suitable for detection of PWV in blood vessels.

4. Acknowledgement

This work was supported by GAČR 106/04/1181, MSM 6840770012

5. References

- Bronzino, J.D. (2000) *The Biomedical Engineering Handbook*. CRC Press LLC.
- Klingerová, K. (2005) *Samobuzené kmitání elastických trubic*. Diploma thesis, CTU in Prague, Department of mechanics, Prague.
- Stephans, C.G., Mourmouras, D.E. & Tsagadopoulos, D.G. (2003) On the elastic properties of arteries. *Journal of Biomechanics*, 36, pp. 1727-1731.
- Khir, A.W. & Parker, K.H. (2002) Measurements of wave speed and reflected waves in elastic tubes and bifurcations. *Journal of Biomechanics*, 35, pp. 775-783.

CONTEMPORARY CAPABILITY OF DIRECT DETERMINED PROBABILISTIC CALCULATION

P. Janas*, M. Krejsa*, V. Krejsa

Summary: *The paper briefly reviews the proposed non-traditional numerical tool, direct determined probabilistic calculation (DDPC), applicable in the framework of the probabilistic structural reliability assessment method SBRA [5] which allows for checking the reliability by comparing the calculated probability of failure P_f and the target probability P_d defined in specifications. The procedure of the calculation above was published first in [1] and more developed in [2], [3] and [4]. The numerical tool DDPC was developed using Borland Delphi platform. It allows exploring reliability function SF using analytical form in string expression or in DLL (dynamic link library) function.*

1. Úvod

Metoda přímého determinovaného pravděpodobnostního výpočtu (PDPV) byla původně vyvíjena jako alternativa simulační techniky Monte Carlo v metodě SBRA, která je vyvíjena od 2. poloviny 80 let minulého století. Stejně jako u této metody jsou i u PDPV vstupní proměnlivé náhodné veličiny (zatížení, geometrické a materiálové charakteristiky, imperfekce ad.) vyjádřeny histogramy vyjádřené tzv. neparametrickým rozdělením. Postup PDPV vychází ze základních pojmů a postupů teorie pravděpodobnosti. Pro aplikaci PDPV lze v současné době využít programový systém ProbCalc, jenž je stále rozvíjen. Lze něj do implementovat relativně jednoduše analytický transformační model dané konkrétní řešené pravděpodobnostní úlohy. Analyzovaná funkce spolehlivosti může být v tomto programu vyjádřena analyticky formou aritmetického výrazu ve znakové podobě (s využitím tzv. kalkulačky) nebo pomocí tzv. dynamické knihovny DLL, která může být vytvořena v kterémkoliv programovacím jazyce (např. Borland Delphi).

Metodou PDPV je možno v současné době řešit řadu pravděpodobnostních výpočtů. Počet náhodných veličin vstupujících do výpočtu pravděpodobnosti poruchy je však omezen možností danou úlohu numericky zvládnout. Při velkém počtu náhodně proměnných je totiž úloha časově velmi náročná i při dostupné výkonné výpočetní technice. Z tohoto důvodu je do programu ProbCalc implementována řada optimalizačních postupů, které možnosti aplikace metody podstatně rozšiřují při zachování korektnosti postupu řešení.

2. Optimalizace pravděpodobnostního výpočtu

Postupy souhrnně označované jako optimalizační, byly aplikovány i v programu ProbCalc při řešení některých pravděpodobnostních výpočtů. Jako účinné nástroje pro snížení požadovaných počtů operací se ukazují následující optimalizační metody:

* Doc. Ing. Petr Janas, CSc., Ing. Martin Krejsa, Ph.D.: Katedra stavební mechaniky, Fakulta stavební, VŠB – TU Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, 708 00 Ostrava; tel.: +420 59 732 1308, fax: +420.59 732 1558; e-mail: petr.janas@vsb.cz

- **Grupování proměnných**

Tento postup je aplikován např. v situacích, kdy je kombinace zatížení tvořena několika složkami náhodně proměnných zatížení se stejným působištěm, takže je pak lze vyjádřit jediným společným histogramem. Grupování proměnných lze využít i v obdobných situacích s jinými vstupními či výstupními veličinami.

- **Snižování počtu intervalů v histogramech vstupních veličin – intervalová optimalizace**

Tento způsob zrychlení výpočtu se využívá tak, aby nebyl podstatně ovlivněn výsledek a korektnost řešení úlohy byla zachována. Při tomto postupu se proto nejdříve testuje vliv počtu intervalů každé náhodné veličiny na výsledek řešení a následně se tento počet intervalů minimalizuje.

- **Vyloučení intervalů histogramů vstupujících do výpočtu – zonální optimalizace**

V každém histogramu mohou vznikat až tři typy intervalů – zón, lišících se svým podílem na pravděpodobnosti vzniku poruchy. Ve výpočtu lze eliminovat ty intervaly histogramů vstupních veličin, které se na výsledné pravděpodobnosti poruchy jednoznačně nepodílejí.

- **Grupování dílčích výsledků výpočtu**

Z výpočetního modelu lze separovat některé výsledné veličiny a zpracovat je odděleně až po provedení výpočtu. Takto lze pracovat například s funkcí spolehlivosti, kdy je odolnost konstrukce vyjádřena vstupním histogramem nebo konstantní hodnotou a účinek zatížení je získán výpočtem.

- **Kombinace uvedených optimalizačních postupů.**

Uvedené postupy lze navzájem kombinovat, čímž lze dosáhnout ještě výraznějšího zrychlení výpočtu.

3. Závěr

Vyvíjený SW pro PDPV ProbCalc je v současné době schopen řešit řadu pravděpodobnostních výpočtů. Do vyvíjeného SW byla implementována řada optimalizačních postupů, které do značné míry pracují nezávisle na uživateli. Tyto kroky mají za cíl minimalizovat dobu výpočtu, neboť zmiňovaný algoritmus má jistá omezení daná zejména náročností rozsáhlých úloh, kdy počet simulací je velmi vysoký. V příspěvku bylo prokázáno, že v řešeném příkladě lze pravděpodobnost poruchy určit při aplikaci PDPV v reálném čase při zachování korektnosti a dostatečné přesnosti řešení.

4. Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je 105/04/0458.

5. Literatura

- [1] Janas, P., Krejsa, M. (2002) *Numerický výpočet pravděpodobnosti užitím useknutých histogramů*, III. ročník celostátní konference Spolehlivost konstrukcí, Dům techniky Ostrava, str. 33-38, ISBN 80-02-01489-8.
- [2] Janas, P., Krejsa, M. (2002) *Numerický výpočet pravděpodobnosti užitím useknutých histogramů při posuzování spolehlivosti konstrukcí*, sborník vědeckých prací VŠB-TUO, ročník II, č.1, str. 47-58, ISBN: 80-248-0397-6, ISSN 1213-1962.
- [3] Janas, P., Krejsa, M. (2002) *Simulace spolehlivosti konstrukcí přímým pravděpodobnostním výpočtem*, International conference: „New trends in statics and dynamics of buildings, edited by J.Králik, ISBN 80-227-1790-8.
- [4] Janas, P., Krejsa, M., Krejsa, V. (2006) *Optimalizace výpočtu v programovém systému ProbCalc*, mezinárodní konference „Modelování v mechanice“, ISBN: 80-248-1035-2.
- [5] Marek, P., Guštar, M., Anagnos, T. (1995) *Simulation-Based Reliability Assessment for Structural Engineers*, CRC Press Inc., Boca Raton, ISBN 0-8493-8286-6.

IMPACT OF THE SHAPE OF THE YIELD SURFACE ON THE BEHAVIOR OF CLAYEY SOILS

T. Janda, M. Šejnoha ¹

Summary: *The scope of this contribution is a response of fine grained clayey soils under mechanical load. A generalized formulation of modified Cam clay material model is introduced. This formulation deals with unrealistic softening behaviour that predicts the modified Cam clay formulation by reducing the yield surface in the dilatation domain. Further the generalized formulation adopts a dependency of the yield surface to the Lode angle and cohesion similarly to Mohr-Coulomb model. The formulation of the model requires six material parameters such as compression and swelling moduli, friction angel, cohesion and initial porosity which can be easily obtained from standard tests. Finally a number of numerical results demonstrate the behaviour of this critical state model and the influence of the yield surface.*

1. Konstitutivní vztahy

První snahy o zpřesnění standardních elasto-plastických materiálových modelů zemin vedly na formulování modelu kritického stavu představeného v [Roscoe at al. 1958]. Koncepce kritického stavu říká, že pro každé střední napětí působící na zeminu existuje jistý kritický objem, kterého zemina dosáhne při neomezených smykových deformacích.

V příspěvku je navržena zobecněná formulace plochy plasticity, která vychází z modifikovaného modelu Cam clay. V nadkritické oblasti t.j. pro $\sigma_m > -p_c/2$ je eliptický průběh nahrazen funkcí, která se tvarem blíží Mohr-Coulombovu modelu. Tato změna omezuje změkčení překonsolidovaných zemin, které klasická formulace modifikovaného modelu Cam clay přeceňuje. Rovnice definující plochu plasticity pomocí invariantů napětí nabývá tvaru

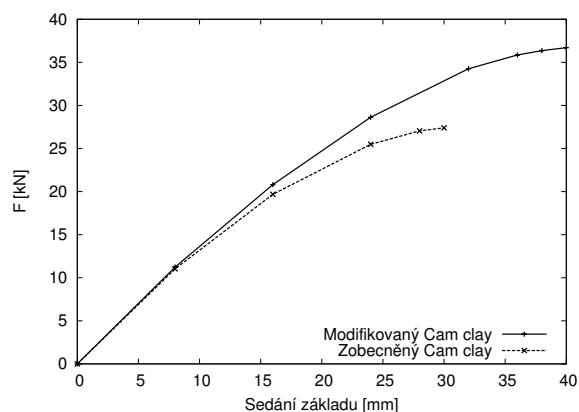
$$F = \begin{cases} F_c, & \text{pro } \sigma_m \leq -p_c/2 \quad \text{oblast kontrakce,} \\ F_d, & \text{pro } \sigma_m > -p_c/2 \quad \text{oblast dilatace,} \end{cases} \quad (1)$$

$$F_c = \frac{\boldsymbol{\sigma}^T \mathbf{P} \boldsymbol{\sigma}}{2g^2(\theta, \varphi_{cv})} + (\mathbf{m}^T \boldsymbol{\sigma})^2 + \mathbf{m}^T \boldsymbol{\sigma} p_c, \quad (2)$$

$$F_d = \frac{\boldsymbol{\sigma}^T \mathbf{P} \boldsymbol{\sigma}}{2\tilde{g}^2(\theta, \varphi, \varphi_{cv})} - (\mathbf{m}^T \boldsymbol{\sigma})^2 + (-\mathbf{m}^T \boldsymbol{\sigma})^{1+\alpha} \tilde{p}_c^{1-\alpha}. \quad (3)$$

¹ Ing. Tomáš Janda, Doc. Michal Šejnoha, Ph.D., Fakulta stavební, České vysoké učení technické v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6 - Dejvice, tel. +420 224 354 498, e-mail tomas.janda@fsv.cvut.cz

Do zobecněné formulace je dále zavedena závislost plochy plasticity na Lodeově úhlu θ a soudržnost.



Obrázek 1: Únosnost podloží – porovnání zobecněného a modifikovaného modelu Cam clay

2. Numerické testy

Numerický model byl nejprve testován na jednoduché osově symetrické geometrii odpovídající triaxiálnímu přístroji a dále na skupině jednoduchých geotechnických úloh. Uvedeny jsou výsledky sedání základového pasu na překonsolidovaném podloží. Tato úloha byla řešena s použitím zobecněného Cam clay modelu a porovnána s výsledky modifikovaného Cam clay modelu. Závislost sedání základového pasu na zatížení pro oba modely je patrná z obrázku 1. Numerické experimenty demonstrují schopnost zobecněného Cam clay modelu popisovat kvalitativně odlišné chování jednoho typu zeminy v závislosti na jejím stavu.

3. Poděkování

Příspěvek vznikl díky laskavé podpoře grantového projektu 1ET410430516 Akademie věd ČR.

4. Literatura

- [Bittnar and Šejnoha 1996] Bittnar, Z. & Šejnoha, J. 1996: *Numerical methods in structural mechanics*. ASCE, New York.
- [Potts and Zdravkovic 1999] Potts, D. M. & Zdravkovic, L. 1999: *Finite element analysis in geotechnical engineering, theory*. Thomas Telford, London.
- [Potts and Zdravkovic 2001] Potts, D. M. & Zdravkovic, L. 2001: *Finite element analysis in geotechnical engineering, application*. Thomas Telford, London.
- [Roscoe et al. 1958] Roscoe, K. H., Schofield, A. N. & Worth, C. P. 1958: On the yielding of soils. *Geotechnique*, 8, pp. 22-55.
- [Roscoe and Burland 1968] Roscoe, K. H. & Burland, J. B. 1968: On the generalised behaviour of 'wet' clay. *Engineering plasticity*, Cambridge University Press, pp. 535-609.
- [Terzaghi et al. 1995] Terzaghi, K., Peck, R. B. & Mersi, G. 1995: *Soil Mechanics in Engineering Practice*. A Wiley-Interscience Publication.

EFFECT OF PERIODIC WHEEL AND RAIL UNEVENNESS ON BEHAVIOR OF WHEEL-RAIL SYSTEM

R. Jandora¹, J. Petruška², P. Janíček³

Summary: *The paper studies how wheel and rail unevennesses effect behaviour and life of wheel-rail system. To study this, a four-degrees-of-freedom computational model was created which considers three possible ways of behaviour: rolling, sliding and movement without the contact of the wheel with the rail. The computations revealed the unevennesses bring oscillations into the system which for one thing significantly increase the forces in the contact and for another cause reducing the load and that leads to the sliding or even the loss of the contact. The sliding causes friction which creates heat which can lead to material changes and/or increased stress. The loss of contact leads to the impact. This proves unevennesses have very negative effect on the wheel-rail system.*

1. Úvod

Významným faktorem ovlivňujícím životnost kol kolejových vozidel a kolejnic jsou provozní podmínky. Chování kontaktu kola s kolejnicí se běžně zkoumá na modelech, které uvažují ideální geometrii kol (kruhová) a kolejnic (rovné). Reálná geometrie kola v důsledku opotřebení je však zatížena odchylkami od kruhového tvaru. Nejčastěji jsou to plošky, s kterými kolo časem získává tvar n-úhelníku. Nepřesnostmi při výrobě, nepřesným uložení nebo změnou tvaru v důsledku změny teploty prostředí a lokálním opotřebením se nerovnou stává kolejnice.

Tyto nerovnosti se projevují vibracemi, které nežádoucím způsobem ovlivňují životnost kol a kolejnic. Zvláště na silové působení mezi kolem a kolejnicí působí tak, že ho mění z konstantního na pulzující, což může být příčinou únavových trhlin. Dále tyto nerovnosti mohou způsobit prokluzu, které jsou příčinou vytváření tepelného pole s nežádoucími účinky na životnost, a ztrátu kontaktu kola s kolejnicí, které vede k rázům, které snižují životnost kol a kolejnic.

Tento článek se zabývá dynamikou soustavy kola a kolejnice s uvažováním nerovností. Nerovnosti kol a kolejnic mají obecně náhodný charakter, zde ovšem byly zjednodušeny tak, aby

¹ Ing. Radek Jandora, Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Vysoké učení technické v Brně; Technická 2, 616 69 Brno; e-mail: radek.jandora@seznam.cz

² Doc. Ing. Jindřich Petruška, CSc., Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Vysoké učení technické v Brně; Technická 2, 616 69 Brno; tel.: +420-541142858; e-mail: petruska@fme.vutbr.cz

³ Prof. Ing. Přemysl Janíček, DrSc., Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Vysoké učení technické v Brně; Technická 2, 616 69 Brno; tel.: +420-541142807; e-mail: janicek@fme.vutbr.cz

nerovnosti měly charakter harmonické funkce. Kolo tak dostalo tvar pravidelného n -úhelníku se zaoblenými hranami, kolejnice má tvar sinusoidy. Byly počítány simulace chování při různých amplitudách nerovností se záměrem zjistit, jak ovlivňují silové působení mezi kolem a kolejnicí a vzájemný pohyb kola a kolejnice.

2. Výpočtový model

Použitý výpočtový model byl odvozen pro pohyb kola po vodorovné rovině, přičemž se uvažují obecně 4 stupně volnosti (horizontální poloha soustavy x , výchylka středu kola z rovnovážné polohy y_k , výchylka vozidla z rovnovážné polohy y_v a úhel natočení kola φ_k) a to, že pohyb vozidla může probíhat třemi způsoby: valením, smýkáním a bez kontaktu kola s kolejnicí. Pro každý z nich byla odvozena soustava diferenciálních rovnic a podle podmínek při pohybu se mezi těmito způsoby volí ten platný.

Soustavy diferenciálních rovnic byly převedeny na stavové funkce a numericky integrovány v časové oblasti pro rozjezd z klidu do ustáleného stavu. Pro výpočet byl použit program MATLAB, konkrétně řešič ode45 s drobnými úpravami pro lepší detekci přechodů mezi jednotlivými způsoby pohybu.

3. Výsledky

Výpočty ukázaly, že na chování soustavy mají nerovnosti kola větší vliv než nerovnosti kolejnice. Dále bylo zjištěno, že u kola o poloměru 0.6 m při nerovnostech větších než 0.1 mm a při rychlosti vozidla větší než 30 m/s dochází k prokluzům v důsledku odlehčení kola. U nerovností nad 0.2 mm už toto odlehčení vede tak daleko, že dochází ke ztrátě kontaktu. Zároveň dochází k cyklování normálové síly v kontaktu, která vede až k trojnásobnému zvýšení její velikosti. Frekvence cyklů normálové síly při rychlostech nad 30 m/s přitom je vyšší než 200 Hz a veškeré jevy, ke kterým dochází v důsledku popsanych pravidelných nerovností trvají méně než 5 ms.

4. Závěr

Výsledky zveřejněné v tomto článku je třeba brát jako orientační, protože při tvorbě modelu byly zjednodušeny některé vlastnosti soustavy. Také je nutno zdůraznit, že vstupní hodnoty modelu nejsou získány z reálných vozidel, ale pouze zvoleny. Přesto tyto výsledky přispívají k náhledu do problematiky a uvědomění si rizik, která představují nerovnosti pro životnost kol a kolejnic. Nerovnosti kola a kolejnice vyvolávají v chování soustavy kolo-kolejnice nežádoucí vibrace. Ty se projevují zvláště tím, že rozkmitávají normálovou sílu mezi kolem a kolejnicí. Ta tak může nabývat až několikanásobně vyšší hodnoty oproti kolu bez nerovností. Na druhou stranu dochází k odlehčování, které vede k prokluzům nebo až ke ztrátě kontaktu kola s kolejnicí. Tyto jevy jsou nežádoucí. Při prokluzování kola dochází ke tření, které vytváří teplo, které může nežádoucím způsobem ovlivnit materiál kola a kolejnice. Toto teplo se také vytváří na povrchu kola a kolejnice a dovnitř tak vznikají teplotní gradienty, které způsobují zvýšení namáhání. Při ztrátě kontaktu se navíc připojují nárazy, které provázejí dosednutí kola na kolejnici. Nerovnosti kol a kolejnic tedy podstatně snižují životnost.

EXPERIMENTAL MEASUREMENTS OF THE LUMBAR SPINE KINEMATICS

L. Jirková*, Z. Horák*, R. Sedláček*, P. Tichý*, J. Michalec*

Summary: *The purpose of the presented study was the experimental measurement of the lumbar spine stiffness and the range of the motion. During experimental measurement was observed deflection of lumbar spine segment due to moment of flexion and of extension. From measured data was determinate a stiffness of spine segment. In the Laboratory of Biomechanics was developed a new type of total intervertebral disc replacement and results obtained from this experimental measurement was used for design of this replacement.*

1. Úvod

Cílem exp. měření je zjistit pohyblivost páteře a sledovat odezvu páteře na její zatížení. Při exp. měření byla zjištěna výchylka segmentu páteře způsobená zatížením ohybovým momentem. Z takto naměřených dat pak byla stanovena tuhost segmentu. V laboratoři biomechaniky člověka je vyvíjen nový typ totální náhrady meziobratlového disku a výsledky tohoto experimentálního měření byly použity při provedení návrhu této náhrady. Naměřené hodnoty slouží jako vstupní data pro výpočet náhrady meziobratlového disku.

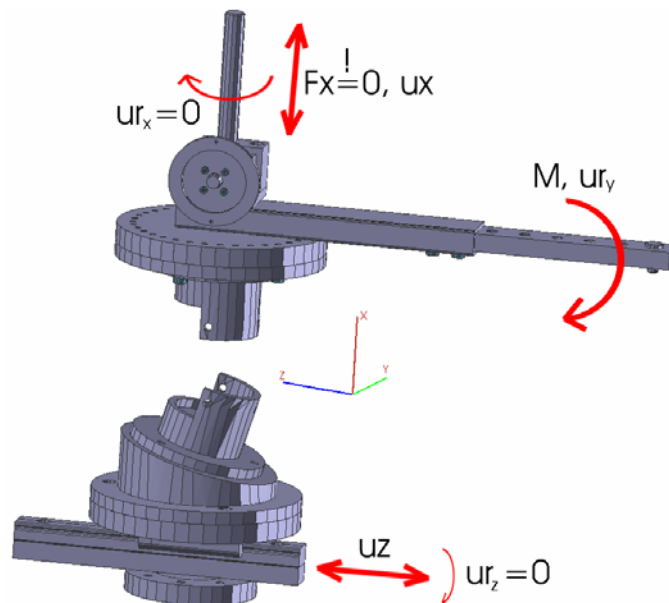
2. Princip měření

Celé exp. měření bylo prováděno na stroji MTS, kde bylo upnuto měřící zařízení SETL 20 (viz Obr. 1.) . Měřícím zařízením byl vyvozen čistý ohybový moment a měřena výchylka. Proto, aby vlivem zatížení nedocházelo k přidavným momentům, bylo měření řízeno podmínkou $F_x=0$ a zároveň byly volné posuvy uz- v horizontální rovině, ux-ve vertikální rovině (viz Obr. 1.). Z momentu M a výchylky ϕ byla vypočítána tuhost segmentu k .

3. Metodika měření

Úhel natočení byl měřen inkrementálním rotačním snímačem s přesností $0,01^\circ$. Zatěžování bylo statické bez setrvačných účinku. Po ustálení byla odečtena hodnota. Měření bylo nezávislé na čase a bylo provedeno ve dvou rovinách při extenzi a flexi. Maximální zatížení při měření dosahovalo hodnoty 20 Nm. Zařízení slouží jako samostatná jednotka pro upnutí segmentu tří lumbálních obratlů (navzájem spojených kloubním spojením a vazy). Jako vzorky byly použity bederní obratle z prasete domácího. Měření bylo provedeno na 4 vzorcích. Vzorky byly uchovány zmrazené, těsně před měřením byly rozmrazeny. Obratle byly v měřícím přípravku nejdříve fixovány třemi fixačními šrouby a nakonec ustaveny kostním cementem.

* Ing. Lenka Jirková, Ing. Zdeněk Horák, Ing. Radek Sedláček, Ing. Petr Tichý, Doc. Ing. Jiří Michalec, CSc.:
Ústav Mechaniky, České vysoké učení technické v Praze; Technická 4; 166 07 Praha 6; tel.: +420.224 35
2 527, fax: +420.233 322 482; e-mail: jirkoval@biomed.fsid.cvut.cz



Obrázek 1.: Schématické zobrazení funkce měřicího přípravku

4. Použité rovnice

Z momentu M a výchylky φ byla vypočítána tuhost k dle vztahu (1)

$$k = M/\varphi \quad [N \text{ mm}/\text{deg}] \quad (1)$$

5. Závěr

Naměřené hodnoty byly vyneseny do grafu a následně proloženy křivkou. Křivka se mění v závislosti na poddajnosti vazů a šlach spojujících páteřní segmenty. Průběh křivek je exponenciální. Se zvyšujícím zatěžujícím momentem se zvětšuje i úhel natočení. Se zvětšujícím úhlem natočení se zvětšuje tuhost segmentu. Maximální úhel natočení byl při flexi $17,9 \pm 2,3^\circ$ a při extenzi $18,1 \pm 1,8^\circ$.

6. Poděkování

Tato práce vznikla za podpory grantů:

Výzkum biokompatibilních materiálů vhodných pro výrobu nového typu spinální náhrady č. 106/05/2174, Grantové agentury ČR

Výzkum podporovaný Ministerstvem Školství ČR: Transdisciplinární výzkum v oblasti biomedicínském inženýrství II, No. MSM 6840770012

7. Literatura

Steffen T., Rubin R., Baramki H., Antoniou J., Marchesi D., Aebi M., 3-D Lumbar Spinal Kinematics Measurements: Method, Validation and Results; McGill University Orthopaedic research laboratory, Canada. <http://www.orl.mcgill.ca/projects/invivo/invivo.html>

Morlock M. M., Bonin V. et al (2000), Determination of the in vivo loading of the lumbar spine with a new approach directly at the workplace – first results for nurses, *Clinical Biomechanics*, **15**, pp. 549-558.

HEAD INJURY CRITERIA ASSESSMENT THROUGH FINITE ELEMENT MODELLING

O. Jiroušek, J. Jíra¹

Summary: *Paper presents a detailed finite element model of human head used for head injury criteria assessment. Today most used HICs are based on the history of linear acceleration only. However, the rotational acceleration plays also an important role, due to the rupture of bridging veins involved in relative motion between the skull and the brain. Presented model allows for new approach to define the HIC based on either strain energy or on combination of linear and rotational acceleration history. The model is based on a series of CT and MRI scans of a cadaver head of high resolution and is composed of four different regions: (i) skull, (ii) brain and (iii) subarachnoidal space. Discussion on material properties of these four distinct regions is given in the paper.*

1. Introduction

To study impact conditions during a traffic accident a detailed, anatomically correct FE model of human skull and brain is needed. There exist a number of finite element models of human skull. One of the earliest FE models of human skull for investigation of human head response was developed by Hardy and Marcall [1]. However, these first three-dimensional models reflected only the skull, not the brain. With the advancement of more powerful meshing techniques first FE models containing the brain were built. Early models considered the brain material to be linear elastic, later it was modelled as an inviscid fluid [2]. Viscoelastic properties of human brain were considered few years later in a number of articles, e.g. in [3] or [4].

In the paper a detailed FE model of human skull including the brain, dura mater and subarachnoidal space is presented. The geometry of both skull and brain is constructed using data obtained from Computer Tomography scans. These scans were acquired in resolution of 512x512 pixels taken in 1mm slices. Fully automated direct generation of the volumetric tetrahedral mesh based on the Marching Cubes Algorithm (MCA), Laplacian smoothing and Delaunay tetrahedralization was used to develop the geometry of both the human skull and the brain. Special attention was paid to developing the mesh of the skull. The triangular surfaces defined by the MCA were converted to NURBs surfaces which were divided into regions suitable for construction of hexahedral mesh. The volume of the cranial region is filled with elements of high quality representing the brain.

¹Ing. Ondřej Jiroušek, Ph.D.: Institute of Theoretical and Applied Mechanics, Prosecká 76, 190 00 Prague 9, Czech Republic, phone/fax: +420-286892509, e-mail: jirousek@itam.cas.cz
Prof. Ing. Josef Jíra, CSc.: Faculty of Transportation Sciences, Czech Technical University in Prague, Konviktská 20, 110 00 Prague 9, Czech Republic, phone:+420-224890723, e-mail: jira@fd.cvut.cz

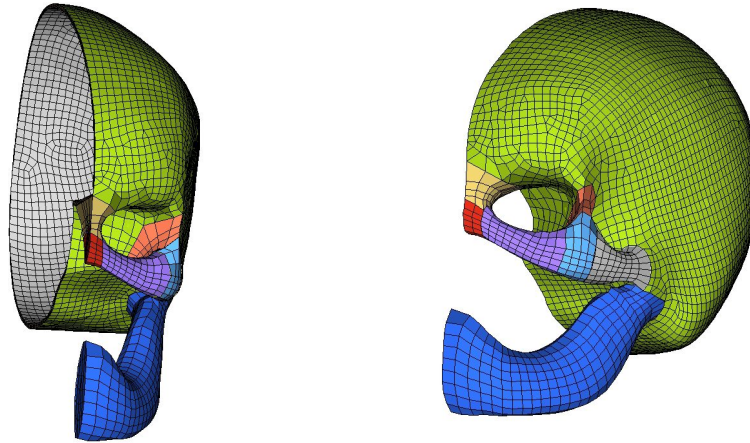


Figure 1: FE model of the skull showing the hexahedral mesh of high quality

A great effort was put in shape quality checking and optimisation of the final hexahedral mesh. From the nature of the explicit formulation using reduced integration, elements must be of the first order and therefore it is advisable to use hexagonal meshes only. Material properties of the cortical bone were assumed linear elastic and homogeneous with Young's modulus of elasticity 14 GPa and Poisson's ratio 0.23. The brain is modelled as linear viscoelastic. Subarachnoidal space, which is a 2–3mm layer filled with cerebrospinal fluid separating the arachnoid from the pia is modelled as a linear elastic material with almost incompressible behaviour.

2. Methods and results

FE models of both the skull and brain were imported into explicit dynamic code (Ansys LS-DYNA). The model was validated against experimental results from literature [5]. Various impact conditions (according to the drop tests used in HIC evaluation) were studied.

3. Acknowledgement

This project was supported by the Grant Agency of the Czech Republic (grant No. GA CR 103/05/1020).

4. References

- [1] C. H. Hardy and P. V. Marcal, "Elastic analysis of a skull," *ASME Transactions*, pp. 838 – 842, 1973.
- [2] T. A. Shugar and M. G. Katona, "Development of finite element head injury model," *J. ASCE*, no. 101, pp. 223 – 239, 1975.
- [3] K. K. Wahi and H. C. Merchant, "Mechanical response of a head injury model with viscoelastic brain tissue," *Annals of Biomedical Engineering*, no. 5, pp. 303 – 321, 1977.
- [4] T. B. Khalil and R. P. Hubbard, "Parametric study of head response by finite element modeling," *Journal of Biomechanics*, vol. 10, no. 2, pp. 119 – 132, 1977.
- [5] R. Nahum, C. Smith, and C. Ward, "Intracranial pressure dynamics during head impact," *Proc. 21st Stapp Car Crash Conference SAE*, 1977.

THERMAL CYCLE WITH EXTRACTION OF STEAM FOR PREDRYING OF FUEL

F. Jirouš*

Summary: *The paper deals with Rankine-Clausius cycle with bled steam from turbine for predrying of fuel. In spite of the efficiency of Rankine –Clausius cycle and the fuel flow to steam boiler being lower, the utilisation of fuel increases.*

1. Abstrakt

Spalování v parním kotli předsoušeného paliva a odběr páry z turbíny energetického bloku k předsušení paliva ovlivňují tepelný oběh. Vlivem zmenšení obsahu vody v palivu se výrazně zvýší výhřevnost paliva, takže přestože se sušením sníží tok paliva do parního kotle a mírně se sníží termická účinnost tepelného oběhu, výsledkem je zlepšení celkové účinnosti přeměny chemické energie paliva na elektrickou.

Sušení paliva odběrovou párou z turbíny není jedinou možností. V Německu, kde spalují hnědé uhlí s obsahem vody až 55 %, probíhá intenzivní výzkum předsušení paliva před jeho spalováním v parním kotli. Perspektivní jsou dvě metody sušení a to metoda WTA (Wirbelschicht-Trocknung-Abwärmenutzung) pracující na principu tepelného čerpadla a metoda MTE (Mechanisch-Thermische Entwässerung) na principu ohřátí paliva a jeho stlačení.

Na Fakultě strojní ČVUT v Praze jsou dělány studie sušení biomasy odběrovou párou z turbíny energetického bloku.

Celková účinnost energetického bloku je tvořena součinem dílčích účinností. Při spalování v parním kotli předsoušeného paliva odběrovou párou se v součinech dílčích účinností projeví ještě účinek sušky

$$\eta_s = \frac{1 - W^r}{1 - W^v} \cdot \frac{Q_{\text{ired}}^v}{Q_{\text{ired}}^r}$$

který je větší než 1. Vztah obsahuje W^r - obsah vody v palivu před sušením, W^v - obsah vody po sušení a podíl redukováných výhřevností paliva po a před sušením. Díky účinku sušky je celková účinnost energetického bloku se spalováním v kotli předsušeného paliva odběrovou párou z turbíny vyšší.

* Prof. Ing. František Jirouš, DrSc., ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky tekutin a energetiky, Odbor tepelných a jaderných energetických zařízení, Technická 4, 166 07 Praha 6; tel.: 00420.224352524, fax: 00420.224353705; E-Mail: Frantisek.Jirous@fs.cvut.cz

2. Literatura

- [1] Jirouš, F.: Vliv obsahu vody v palivu na parametry spalování. ENERGETIKA 2001,č.10, str.308-310.
- [2] Jirouš, F.:Termodynamika přestavby výtopenského provozu na teplárenský.TEPLO, TECHNIKA, TEPLÁRENSTVÍ 2003, č.2, str.5-9.
- [3] Jirouš, F.:Rankinův-Clausiiův tepelný oběh s odběrem páry pro předsoušení paliva. ENERGETIKA 56, 2006 č.1, str.22-26.
- [4] Teyssler, J.:Sušení paliva v elektrárnách. ENERGETIKA 18, 1958, Příloha.
- [5] Klutz, H.J., Klöcker, K.J., Lambertz, J.: Das WTA-Verfahren als Vortrocknungsstufe für moderne Kraftwerkskonzepte auf Basis Braunkohle. VGB KRAFTWERKSTECHNIK 53, 1996, č.3, str.224-229.
- [6] Klutz, H.-J.,Ewers, J.: Entwicklung der WTA-Feinkorntrocknung. VGB Berichte Nr.1495, 1999, str. 259-286.
- [7] Elsen., R., Blumenthal, U., Götte, CH., Kamm, J., Kossak, Th.: Planung und Bau der Pilot-Trocknungsanlage Niederaußem. VGB POWERTECH 2001, č.6, str. 69-72.
- [8] Martin, J.S., Höhne, O., Krautz, H.J.: Druckaufgeladene Dampfwirbelschichtstrocknung von Braunkohlen-Inbetriebnahme und erste Untersuchungsergebnisse am Versuchstrockner der BTU Cottbus. Sborník XXXVI Kraftwerkstechnisches Kolloquium, TU Dresden, 19.-20.10.2004, příspěvek V20.
- [9] Böhlmann, M., Bertina, CHR., Strau , K., Berger, S.: Mechanical-Thermal-Dewatering and its beneficial effects on efficiency and performance of lignite fired power stations. Sborník konference DNY PLAMENE'99. ČVUT v Praze, Fakulta strojní, 8.-9.6.1999, str.135-142.
- [10] Dlouhý, T.: Zařízení na zpracování biomasy jejím spalováním. Užitečný vzor, č. zápisu 13175, Praha 2003.
- [11] Dlouhý, T., Samek, P.: Perspektivní metody sušení pevných paliv. Část I-Přehled metod. ENERGETIKA 53, 2003, č.2, str. 30-35.
- [12] Dlouhý, T., Samek, P.: Perspektivní metody sušení pevných paliv. Část II-Porovnání metod. ENERGETIKA 53, 2003, č.4, str. 113-115.
- [13] Dlouhý, T.: Výroba elektřiny na bázi spalováním vlhké biomasy. ENERGETIKA 53, 2003, č.11, str. 366-369.
- [14] Kudra, T., Mujumdar, A.S.: Advanced Drying Technologies. Marcel Dekker Inc., New York, ISBN 0-8247-9618-7.

BLWT APPROACH A WIND EXPOSE AS MEASURED ON TOPOGRAPHY

M. Jirsák*, J. Král**, D. Zachoval*

Summary: *Wind exposure in locality of planned group of tall buildings has been investigated at the most frequent wind directions. Field and laboratory observations had been carried out with respect of the uphill site and wind coming from steep river bank or from shallow valley. An attempt was done to approach the wind exposure above the topography model obtained at extreme scaling 1:1250 by tentative adaptation of the current plane simulation with scaling convenient for the target measurement of building pressure response.*

1. Introduction

Wind structure alone, being re-formed by crossing valley of Vltava river at West and at Nord-West winds, with following separation on upper edge and re-attachment, represents the object for an experimental study. Wind exposure in the space of projected buildings (the first exists already, founds near the plane C in Fig 1a) was investigated on a large topographical model at the first described experiment. Further one is focused on an adaptation the standard use suburb simulation to approach the wind exposure as it was obtained in locality of the first objected building, with aim of its pressure response modelling.

2. Wind velocity measurements on scaled topography

Overall length of the model manufactured in scaling 1:1250 was of 6 m, at 1.75 m span while wind tunnel cross-section was of 1.8 x1.5 m (with 17 m long working part). The model was produced in two variants, separately for W and NW wind directions.

An inclined plate with slope of $2,063^\circ$ was mounted in front of the model to obtain the height difference above the river level, and to reduce the boundary layer thickness. The plate was covered by netting of 1 mm wire with 12.5 mm mesh, having 5.5 m total fetch. A rectangular fence served as a

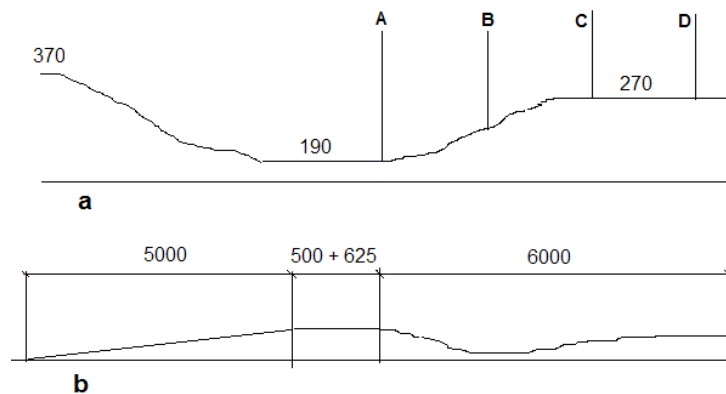


Figure 1

a) Cross section of the river valley A, B, C, D measurement planes, having 600 mm distances (heights above sea level are shown)

b) Wind tunnel installation (dimensions in mms)

* Ing. Milan Jirsak,CSc., Mgr. David Zachoval, The Aeronautical Research and Test Institute, Beranových 130,199 05 Praha 9, e-mail: jirsak@vzlu.cz.

** Ing. Jaromír Král, CSc, CTU in Prague, Klokner Institute, Šolínova 7, 160 00 Praha 6, e-mail: jkral@klok.cvut.cz

stimulating device. Boundary layer oncoming the model showed the roughness length of $z_{om}=0.145$ mm, that refers to suburban value of $z_0=0.181$ m on prototype.

An extensive HWA measurement was carried out on both models versions. Primarily it was along three vertical lines at 350 mm lateral spacing, in each section A, B, C and D. Besides those 2 x 12 profiles, X-probe has been used in section C for components of mean velocity and standard deviation checking in three main directions. Sampling with frequency of 1 kHz lasting 32 s each point on all the profiles thus represents about $3 \cdot 10^7$ digitized records on the whole. Besides, power spectra on two heights have been sampled and evaluated, on central position of the C section.

2. Accommodation of the standard simulation

As it is impossible to perform pressure measurement on a building model with dimensions adequate to such small scaling (the case just described is nearing to flow similarity limit), an adaptation of standard used suburb simulation (roughness field with rectangular barrier ahead, giving $z_{om}=0.8$ mm) has been found to yield the wind expose approaching the local results indicated on topography model. Two means of supplementary obstacles were tested, namely four 19 cm cubes located 5 m ahead the building position as the first, and a barrier with slits as the second, situated at the same position in the BLWT working channel and modified in its height and angle of attack. (10 modifications have been tested on the whole).

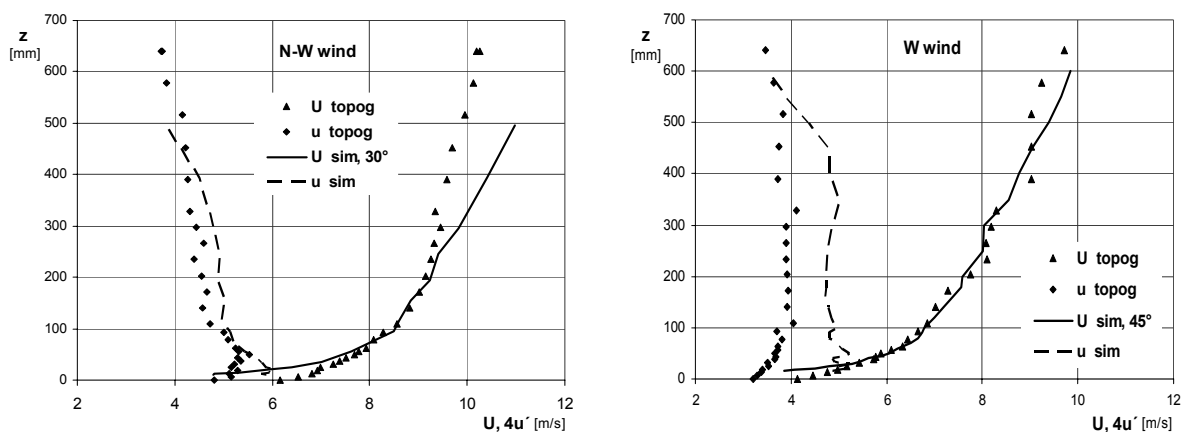


Figure 2 The mean velocity (U) and standard deviation (u) on C2 position and their simulations in scale 1:400.

Only the barriers shaped as the well known Counihan vortex generator member (castellated wall), with alternative heights of 160 and 300 mm have shown satisfactory results at the trials. Two best angle adjustments with the lower barrier were adopted to prepare oncoming flow for pressure measurement on building, modelled in scale 1:400. Slopes of the barrier were chosen of 30° and 45° for the NW and W wind simulations, respectively. Fig. 3 compares oncoming flows produced so way with those on the axis of C section, as indicated above N-W and W topography.

3. Conclusion

Chained experiments have been outlined, showing combined wind tunnel use aimed at wind loads investigation on building. It should be noted, that all possibilities of such Counihan barrier special exploitation haven't been yet fully enquired, even at procedure focusing on the specific site situation of practical importance, where it seems be perspective.

4. Acknowledgement

The work has been promoted by the GACR under project No. 103/03/1395.

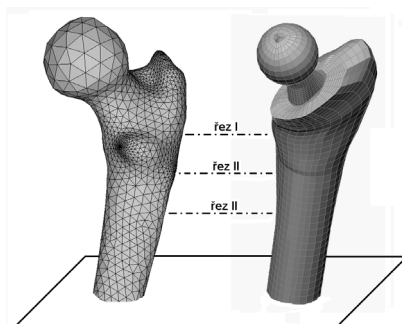
INFLUENCE OF BIOPHYSICAL INTERFACE ON STABILITY OF IMPLANT STEM

A. Jíra*, M. Petrtýl*

Summary: *At the present-day, the stiff rigid hip replacements are most used, that having life durability about 7-15 years in a femur cavity. Relatively short time of implants functionality results, namely at young patients, to reoperation and related complication. One of the main reasons leading to the reoperation is a high flexural rigidity of implant stems and distinctive differences of properties between the implant material and live tissue. General aim of the biomechanics and the clinical specialist is to design such implant, which will exhibit long time stability in a femur cavity and full toleration by environmental live tissue.*

1. Úvod

Dlouhodobé stability implantátu v dutině femuru se snažíme dosáhnout použitím dříců s materiálovými vlastnostmi velmi blízkými materiálovým vlastnostem okolní kostní tkáně. Toho se dá dosáhnout použitím kompozitního materiálu na bázi cykloolefinu (COC) a skleněných nebo uhlíkových armujících vláken s gradientem elastických vlastností (GEP), tj. splynulým přechodem modulu pružnosti až na úroveň modulu pružnosti kompaktní kosti. Stabilitu implantátu lze dále velmi výrazně zvýšit zajištěním biologických vazeb na rozhraní povrchu implantátu a kortikalis. Obvykle vznikající kolagenní enkapsuli propojíme s povrchem implantátu prostřednictvím fyzikálních (meziatomových) vazeb se dříve plasmaticky modifikovaným povrchem dříku implantátu.



Obr. 1 MKP model zdravého femuru a femuru s osazeným implantátem

* Ing. Aleš Jíra, Prof. Ing. Miroslav Petrtýl, DrSc.: ČVUT v Praze, Fakulta stavební – katedra mechaniky; Thákurova 7; 166 29 Praha 6; tel.: +420 224 353 723, fax: +420 224 310 775; e-mail: ales.jira@fsv.cvut.cz

Porovnávání šíření napětí stěnami kortikalis bylo provedeno na třech základních modelech jež simulovaly: zdravou kost a femur implantátem rigidním/kompozitním (Obr.1). Redukcí modulů pružnosti až na srovnatelnou hranici s modulem pružnosti kompaktní kosti, dojde k snížení efektu „napětového štítu“. Extrémní napětí se přenesou z rozhraní mezi implantátem a kostní tkání (jak je tomu u rigidních implantátů) do 1-2 vnitřní (centrální) mediální lamely kompozitu.

Základní podmínka pro vytvoření vazebních polí mezi kompozitním implantátem na bázi cykloolefinu a kortikalis je vznik orientované vazivové tkáně, která je z jedné strany připojena pomocí kovalentních vazeb a vodíkových můstků (fyzikální vazba) k polymerové matici kompozitu a na druhé straně je připojena biologickým vazebným polem ke kortikalis. Na rozhraní mezi kompozitem a kortikalis dochází k *distanční osteogenezi* a nová kortikalis se tak formuje na povrchu staré kosti a obklopuje matici kompozitního implantátu.

2. Závěr

- Aplikace rigidních kyčelních implantátů řádově zvyšuje ohybovou tuhost biomechanické soustavy „femur-dřík“ a ve svých následcích přispívá ke snížení fyziologicky přirozených deformací. Tato skutečnost po uplynutí limitního cyklu remodelace kostní tkáně může (v některých případech) přispět ke snížení stability dříku v dutině femuru.
- Eliminaci „štítového efektu“ rigidních implantátů lze uskutečnit použitím kompozitního dříku s gradientem elastických vlastností (GEP).
- Aplikacemi dříků s GEP se pole deformací ve stěnách femuru přibližují deformacím zdravé diafyzární kosti..
- Stabilitu umělé náhrady lze výrazně zvýšit vznikem fyzikálních vazeb pojivové vazivové tkáně s povrchovou vrstvou kompozitního implantátu (a to na rozhraní implantátu a kortikalis).

3. Poděkování

Tato práce vznikla za laskavé podpory grantu CTU0501411 a grantu GAČR č. 106/06/0761

4. Literatura

- Bilezikian J.P., Raisz L.G., Rodan G.A. (2002) Principles of Bone Biology, *Academic Press, San Diego*
- Malchau P., Herberts P., Soderman A. (2001) Prognosis of Total Hip Replacement, in *Congress AAOS, USA*
- Petrtýl M., Jíra A., (2004) Hip Replacements with the Gradient of Elastic Properties – How to Eliminate a Shield Effect of Rigid Replacements, in *Biomechanics of Man 2004 – Plzeň*, pp. 79
- Petrtýl M., Jíra A., Danešová J., (2004) Composite Stems of Hip Replacements with the Gradient of Elastic Properties (GEP), in *International Journal of Health Care Engineering*, pp. 160-162
- Petrtýl M., Jíra A., Danešová J., Kruliš Z., Horák Z., (2004) Cycloolefine Copolymers with Collagen Mediators, in *Polymeric materiále, Halle*, pp. 11
- Tencer A. F., Johnson K. D. (1994) Biomechanics in Orthopedic Trauma, in *Bone fracture and fixation, USA*

CONTROL BY BLOWING OF THE SEPARATED FLOW IN A CHANNEL WITH A STEPWISE EXPANSION

P. Jonáš*, O. Mazur*, V. Uruba*

Summary: This paper is concerned with prospects of control of narrow channel ($0.1 \times 0.25 \text{ m}^2$) flow behind a backward-facing step (height $h = 0.025 \text{ m}$) by blowing / suction at the step foot at Reynolds number $Re_d \approx 8 \cdot 10^4$ (based on hydraulic diameter d_h of the inlet channel and the bulk velocity U_e just upstream the step edge). The slots differ in both the orifice shape (rectangle or serrated) and area ($50 \div 375 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$) of its cross-section.

The bulk velocity U_e upstream the step and Reynolds number, Re_H (based on U_e and the input channel hydraulic diameter d_H) were kept constant ($U_e = 16.4 \text{ m/s}$ and $Re_H = 7.78E04$) in the course of experiments. The intensity of blowing/suction is characterized by the coefficient C_Q defined as the ratio of mass-flux through the slot over the amount of the incoming flow through area equal to the area of the step-head. The coefficient is positive in state of blowing from the slot and negative for suction. The maximal mass flux through a slot was 0.02 kg/s . Six slots were tested. They differ in the area of cross section F_s and in the shape either rectangular cross section (No.1, 2 and 3; $F_s = 95, 225$ and 375 mm^2) or serrated upper side of the cross section (No. 4, 5 and 6; $F_s = 50, 100$ and 200 mm^2).

An example of the effect of blowing/suction on pressure coefficient distribution $C_p(x/h)$ is shown in Figure 1 for the configuration with the slot No.2. Apparently the value of

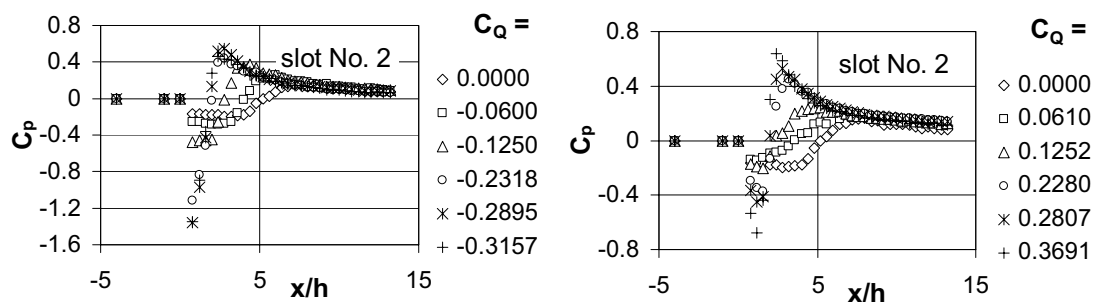


Figure 1 – Pressure coefficient distributions at suction (left) and blowing (right); rectangular shape of the slot No. 2

pressure coefficient maximum increases and on the contrary the minimum of pressure coefficient decreases with the increase of blowing/suction intensity. Simultaneously both extremes move towards the step. It is known that the length of the separated flow region, x_r depends on the pressure peak position, e.g. Příhoda (1991). Hence it follows from the measurements that the length x_r shortens with the increasing intensity of blowing/suction. Similar results as in Figure 1 were obtained with each of tested slots. The evaluated

* RNDr. Pavel Jonáš, DrSc., Oton Mazur, prom. fyz., Ing. Václav Uruba, CSc.: Ústav termomechaniky AV ČR; Dolejšková 5; 182 00 Praha 8; tel.:+420.266 052 025; fax: +420.286 584 695; e-mail: jonas@it.cas.cz

distributions of the normalized length of the separated flow region, x_r/h (h is the step height) are plotted as functions C_Q in Figure 2.

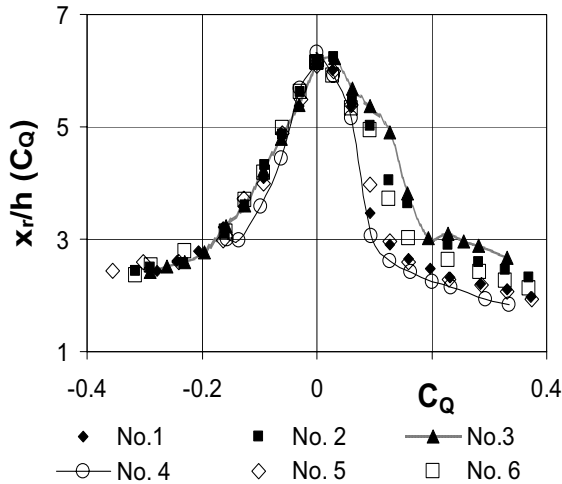


Figure 2 – Reattachment length at blowing/suction from different slots

Apparently suction and blowing through a slot at the foot of a backward-facing step in a rectangular channel are able to shorten the separated flow region more than to about one third of the original length without blowing/suction. Different shapes of distributions x_r/h (C_Q) points to the role of the slot shape and area in control of the separation zone namely at blowing ($C_Q > 0$). The slot section hydraulic diameter d_s depends on both factors. Its effect on the length of flow separation downstream the backward facing step is shown in Figure 3.

The data plotted into the figure were evaluated from interpolation of measurement. Black marks denote results obtained with rectangular shape of slot,

empty marks are relevant to serrated slots. A shift of the flow reattachment to the step root indicates the increased effectiveness of suction with decreasing slot hydraulic diameter (Figure 3- left) however only at $d_s < 2$ mm. Effect of The hydraulic diameter decreases on increase in effectiveness of blowing from the slot can be seen in the Figure 3 - right. A remarkable shortening of the separated flow region arose at the blowing coefficient $C_Q = 0.1$. A special investigation would be interesting in the region $0.05 < C_Q < 0.1$.

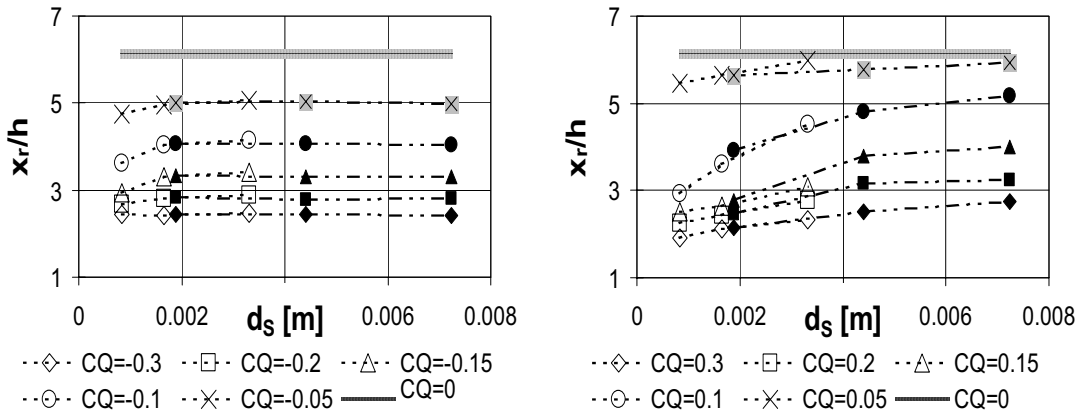


Figure 3 – Effect of slot hydraulic diameter on control of the flow separation length

The effectiveness of blowing increases with increasing velocity in the slot outlet section U_s as follows from the Figures 2 and 3 (the lower is d_s the higher is U_s at a given value C_Q). The separated flow region can be additionally reduced up to about ten percent when the slot with a serrated shape replaces a rectangular slot shape. This effect is related to the flow entrainment into the wall jet from the slot. The most effective is the slot No.4, serrated shape and the fastest jet flow (minimal F_s ; maximal outflow velocity $U_s \sim 210$ m/s) for a given flow rate, while downstream the slot No.3 (rectangular shape, largest F_s smallest $U_s \sim 30$ m/s).

Acknowledgements

This work was supported by the Grant Agency AS CR, project No. A2076403 and by the Grand Agency of the Czech Republic, project No. 101/03/0018.

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR SIMULATION OF GENERAL FATIGUE CRACK PROPAGATION. PITTING PREDICTION APPLICATION.

J. Jurenka*, M. Španiel*

Summary: *The basic principles for numerical modeling of fatigue cracks propagation in the general 2D bodies under general loading is presented on this paper. Results of numerical simulations of fatigue crack propagation under combined loading are shown as well. The verification of proposed algorithms for crack propagation is carried out on the base of these results, with respect to the consequent research of pitting formation simulation.*

1. Úvod

Výpočty šíření únavových trhlin MKP se v současnosti aplikují na problémy v různých oblastech od stanovení únosnosti až po řešení některých typů opotřebení strojních součástí. Metodika simulace růstu „dlouhých“ trhlin pro jednoduchou geometrii tělesa a základní módy namáhání vyhovujících podmínkám lineární lomové mechaniky je poměrně dobře zvládnuta. Mnoho problémů technické praxe překračuje rámec těchto zavedených postupů. Jedná se např. o problematiku dlouhých trhlin namáhaných módem II, nebo krátkých trhlin, které se vyvíjejí ve složitém napěťovém poli s elasto-plastickou odezvou materiálu. Do druhé skupiny můžeme zařadit únavové poškození kontaktních povrchů např. ozubených kol, tzv. pitting či spalling.

Na pracovišti Fakulty strojní ČVUT v Praze je v rámci podporovaného výzkumu GAČR 101/06/1427 a za podpory VCJB** vyvíjen univerzální programový aparát pro simulaci růstu únavových trhlin ve 2D s finální aplikací v simulaci pittingu.

2. Simulace šíření únavové trhliny – numerický model

V našem přístupu je východiskem simulace stabilního šíření popis stavu napjatosti na čele trhliny pomocí podobnostních kritérií (zatím pouze lineární) dvouparametrové lomové mechaniky – faktoru intenzity napětí (J-integrálu) a T-napětí. Startovním bodem simulací je relativně krátká iniciační trhlina. Růst trhliny je realizován přírůstky, jejichž délka je předem zvolena nebo podléhá předem daným pravidlům. Směr (i) a počet (ii) cyklů zatížení nutných k dosažení daného přírůstku je stanoven na základě hodnot výše zmíněných kritérií po jeho realizaci.

* Ing. Josef Jurenka, Ing. Miroslav Španiel, CSc.: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky; Technická 4; 166 07 Praha 6; tel.: +420224352561, fax: +420233322482; e-mail: Josef.Jurenka@fs.cvut.cz, Miroslav.Spaniel@fs.cvut.cz

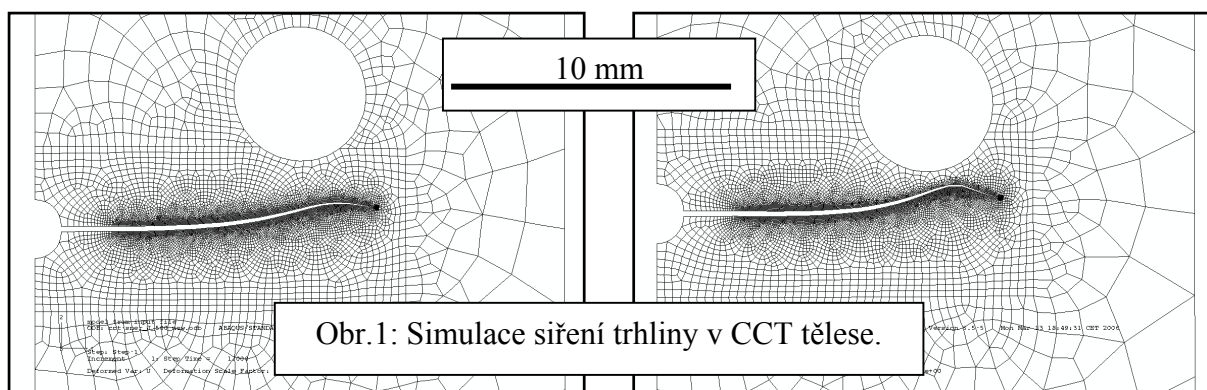
** Výzkumné centrum spalovacích motorů a automobilů Josefa Božka

- i) Pro určení směru šíření trhliny byly využity jak algoritmy obsažené přímo v softwaru ABAQUS (kriterium maximálního tangenciálního napětí, maxima uvolněné deformační energie a $K_{II} = 0$ kriterium), tak i přístup založený na přímém nalezení směru s maximální hodnotou J-integrálu.
- ii) Přírůstek počtu cyklů je dán Paris-Endorganovým vztahem na základě (změřených) materiálových charakteristik.

Numerický model byl realizován v prostředí MKP programu ABAQUS s využitím skriptovacího jazyka Python. Tato koncepce využívající k průběžné tvorbě tělesa s rostoucí trhlinou modelář a generátor sítě komerčního programu se při současném výkonu VT jeví jako únosná.

3. Výsledky

Při vývoji a verifikaci uvedených algoritmů šíření trhliny byly dosud provedeny testovací výpočty na zkušebních tělesech. Na obr. 1 je jako příklad prezentována simulace růstu únavové trhliny v CCT tělese, ve kterém byly vyvrtány dva otvory - koncentrátoři napětí. Takové modely budou v blízké budoucnosti využity k verifikaci a porovnání různých variant stanovení směru šíření trhlín (viz i).



4. Závěr

Prezentovaná práce je první etapou výzkumu numerické simulace vzniku pittingu. Byla prokázána funkčnost naprogramovaných algoritmů pro simulaci šíření trhliny v rámci lineární lomové mechaniky.

5. Poděkování

Tato práce vznikla za podpory GAČR 101/06/1427 a Výzkumné centrum spalovacích motorů a automobilů Josefa Božka.

6. Literatura

- [1] Broek, D.: Elementary engineering fracture mechanics, *Marinus Nijhoff Publisher*, 1982
- [2] Seitzl, S.: Dvoupřímá lomová mechanika - Popis krátkých únavových trhlín, Ph. D. disertace, 2003

THE ROPES BEAR MORE

Z. Kalousek¹, M. Vyšanská²

Summary: *The paper deals with the properties of the ropes during their longitudinal loading. The internal structure of the ropes implies some additional radial tensions accompanied by the lose of the transversal isotropy of the deformation inside the rope body. The change of internal geometry has its conclusions observable externally; the influence on the mechanical properties of the rope may be significant in some cases too.*

Dosavadní známé práce věnované mechanice lan a přízí zpravidla pomíjejí svěrné účinky vnějších vrstev v lanu na jeho jádrové oblasti. Výpočty, které tento vliv zohledňují, jsou obsahem následujícího textu.

Zkoumanou strukturou je multifil – sada nekonečných vláken zpravidla jednoho druhu, umístěných na šroubovicích se společnou osou (osa lana). Stoupání šroubovic popsané úhlem β , který svírá tečna ke šroubovici s osou lana, může záviset na vzdálenosti r vláknové šroubovice od osy; pro všechna vlákna na téže hodnotě r však musí být společné.

Budeme se věnovat pouze tahovým deformacím lana ve směru jeho osy; deformace bude popsána z hlediska vnějšího pozorovatele relativním prodloužením ε . Je třeba uvážit, že při natahování lana se v důsledku změny orientace vláken a změny jejich příčného průřezu během protahování mohou uvolnit některé mezivláknenné kontakty; nejpravděpodobnější je ztráta kontaktu v tangenciálním směru (z pohledu lana), ovšem pro některá speciální uspořádání vláken je tento efekt možný i v radiálním směru.

Při výpočtech se omezujeme na malé deformace a lineární materiálový model; ačkoliv běžné vláknenné materiály jsou transversálně izotropní, pro orientaci v problému bohatě stačí práce s izotropním materiálem popsaným hustotou deformační energie [1]

$$w = \frac{1}{2}E \left[\varepsilon_r^2 + \varepsilon_t^2 + \varepsilon_z^2 + 2\nu(\varepsilon_r\varepsilon_t + \varepsilon_r\varepsilon_z + \varepsilon_t\varepsilon_z) \right],$$

kde $\varepsilon_{z,r,t}$ jsou jednotlivá hlavní prodloužení.

Úplnou informaci o chování systému lze získat na základě znalosti funkce $\varrho(r)$, která popisuje, do jaké vzdálenosti od osy lana se po deformaci dostala vlákna nacházející se před deformací na šroubovici s poloměrem r . Předpokládáme-li zachování všech mezivláknenných kontaktů, musí funkce $\varrho(r)$ vyhovovat diferenciální rovnici

$$r\varrho'' + \varrho' - \left(1 - 2(1 - \nu) \sin^2 \beta \cos^2 \beta\right) \frac{\varrho}{r} = 2(1 - \nu)(1 + \varepsilon) \sin^2 \beta \cos^2 \beta \quad (1)$$

¹ RNDr. Zdeněk Kalousek, CSc., Technická univerzita Liberec, fakulta strojní, katedra aplikované kybernetiky, e-mail zdenek.kalousek@tul.cz

² Ing. Monika Vyšanská, Technická univerzita Liberec, fakulta textilní, katedra textilních technologií, e-mail monika_vysanska@hotmail.com

na intervalu $\langle 0, R \rangle$ s okrajovými podmínkami

$$\varrho(0) = 0, \quad (2)$$

$$\varrho'(R) - 1 + \nu \left(\varepsilon + \frac{\varrho(R)}{R} - 1 \right) = 0. \quad (3)$$

První podmínka je důsledkem toho, že body osy lana se posouvají pouze ve směru protahování, druhá reprezentuje nulovou Neumannovu podmínku na povrchu lana.

Pro řadu prakticky významných distribucí $\beta(r)$ se ukazuje, že nalezená řešení neodpovídají požadavku zachování mezivláknenných kontaktů ve vnějších vrstvách lana. V těchto oblastech dochází k uvolnění kontaktů v tečném směru a problém je popsán rovnicí

$$r\varrho'' + \varrho' = \frac{\varrho}{r} \sin^4 \beta + \cos^2 \beta (1 + \sin^2 \beta) + \varepsilon \cos^2 \beta \left(\sin^2 \beta - \frac{\nu}{1+\nu} \right) - \frac{2\nu r}{1+\nu} \left(\frac{\varrho}{r} - 1 - \varepsilon \right) \sin \beta \cos \beta \beta'; \quad (4)$$

okrajovou podmínku (3) nahrazuje

$$(1 + \nu) (\varrho'(R) - 1) + \nu \left[\varepsilon \cos^2 \beta(R) + \left(\frac{\varrho(R)}{R} - 1 \right) \sin^2 \beta(R) \right] = 0. \quad (5)$$

Nechť r_K je hraniční bod mezi oblastí, na níž platí rovnice (1), a oblastí platnosti (4). V tomto bodě požadujeme zpravidla spojitost funkce $\varrho(r)$, spojitost radiálního napětí v lanu, a navíc nulové napětí ve vláknech ve směru ztráty kontaktu. Řeší se tedy rovnice (1) na $\langle 0, r_K \rangle$ a (4) na $\langle r_K, R \rangle$ s okrajovými podmínkami (2), (5) a třemi dalšími podmínkami, přičemž hodnota kontaktního poloměru je neznámá. Lze dokázat existenci a jednoznačnost řešení úlohy při daném kontaktním poloměru a jsou formulovány postačující podmínky pro existenci kontaktního poloměru $r_K \in (0, R)$. Je vytvořen algoritmus řešení založený na provedených existenčních důkazech a jsou uvedeny i modelové výpočty.

Lana konstruovaná jako dvouvrstvé systémy (například horolezecká lana) se skládají z jádrové části tvořené rovnoběžnými vlákny a vnější vrstvy opletu. Pro tato lana je řešení úlohy usnadněno znalostí kontaktního poloměru r_K ; v něm pak požadujeme pouze spojitost funkce $\varrho(r)$ a radiálního napětí. V jádrové oblasti řeší úlohu funkce

$$\varrho(r) = k \cdot r;$$

je-li úhel β v oblasti opletu konstantní, lze úlohu řešit analyticky i pro $r > r_K$, kde vyjde

$$\varrho(r) = C_1 r^{\sin^2 \beta} + C_2 r^{-\sin^2 \beta} + \left(1 + \frac{\sin^2 \beta - \frac{\nu_2}{1+\nu_2} \varepsilon}{1 + \sin^2 \beta} \right) r;$$

koeficienty k, C_1, C_2 se určí z okrajových podmínek. Při řešení modelových situací byla nalezena i taková geometrie a materiálové parametry, pro které je $\varrho(r) < r(1 - 0.5\varepsilon)$ v celém objemu lana, tj. lano se navenek chová jako materiál s Poissonovým poměrem větším než $\frac{1}{2}$. V tomto případě se také ukazuje, že deformační energie jádra je významně větší než energie spotřebovaná při jeho jednoosém namáhání. Poslední výsledek – zvýšená schopnost lan pohlcovat při deformacích energii v porovnání s útvary s méně komplikovanou strukturou – lze stručně popsat větou tvořící název celého příspěvku.

Poděkování: Práce vznikla s podporou VCTII – 1M4674788501

Literatura:

[1] Černych, K. F.: *Vveděnije v anizotropnuju uprugost'*, Nauka, Moskva 1988.

REGULATION OF VIBRATING ROLLER PARAMETERS IN PROCESS OF COMPACTING COHESIVE AND NONCOHESIVE SOILS

J. Kašpárek¹, M. Škopán²

Summary: *This paper deals with problem of automatic reading, evaluation and control of direction of compacting force of roller with unidirected vibratory vector in interaction with cohesive or noncohesive soil. There is interconnection of electronic diagnostic system with mechanical regulable parameter of roller - vibrating vector. Parameter of soil compaction intensity is optimized with respect to achievement of specific density of compacting ground. There were used knowledge from experimental measuring, analytic and numeric simulation for solution of this problem.*

1. Úvod

Současný trend vývoje hutnicích strojů je směřován ke zvýšení výkonnosti a spolehlivosti, což v konečné míře má za následek zlepšení produktivity v procesech hutnění. Technologický a konstrukční rozvoj strojů je orientován zejména na optimalizaci geometrie, kinematiky a dynamických účinků pracovních částí na přetvářený materiál, který je převážně heterogenního charakteru a stochastických vlastností. Tento vývoj je v poslední době uplatňován také u ostatních stavebních strojů s kontinuálním způsobem práce. Jednou z cest novodobého moderního vývoje je tvorba a implementace mechatronických řídicích systémů, schopných v reálném čase reagovat na značnou materiální a fyzikální proměnnost pracovního prostředí a případně určovat kvalitativní gradient následných pracovních stavů. Dynamicky působící síly vznikající při práci hutnicí techniky, jako interakce běhounu válce s materiálem podloží, mají takřka výhradně stochastický charakter.

2. Stanovení míry zhutnění

V současnosti je hutnění zeminného či živičného podloží výhradně prováděno vibračními válci, ve kterých je hutnicího účinku dosahováno setrvačnou hmotností otáčejících se nevyvážků budiče vibrací. Otázka optimalizace hutnicího procesu je z pohledu

¹ Ing. Jaroslav Kašpárek, Ústav dopravní techniky FSI VUT v Brně, Technická 2, 616 69 Brno, kasperek@fme.vutbr.cz , tel.: 541 142 432

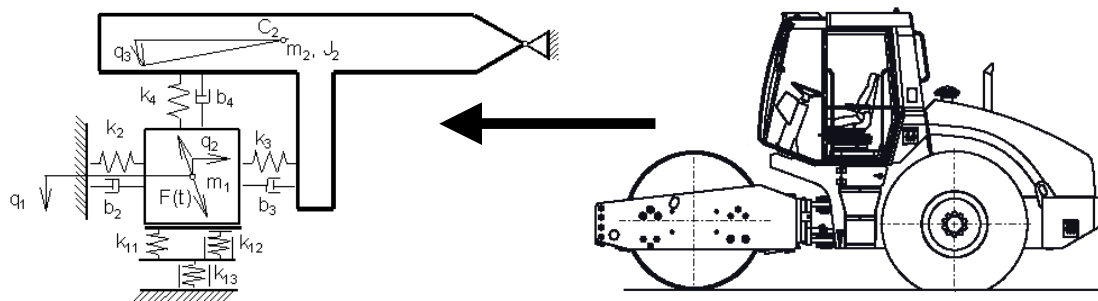
² Doc.Ing. Miroslav Škopán, CSc., Ústav dopravní techniky FSI VUT v Brně, Technická 2, 616 69 Brno, skopan@fme.vutbr.cz , tel.: 541 142 427

technologického založena na minimalizaci doby hutnění, minimalizaci počtu hutnicích přejezdů a zároveň zaručení požadované míry zhutnění. Této problematice se v současnosti intenzivně věnují takřka všichni světoví výrobci hutnicí techniky. Z dosavadního vývoje je zřejmá volba metody, která má vést ke stanovení míry zhutnění hutněného podloží s co nejpřesnějším způsobem zjištění stavu. Do pozadí jsou proto v dnešní době zatlačovány metody klasické, laboratorního typu, které měří požadované vlastnosti staticky na vybraném místě a převážně na konci hutnicího procesu, tedy off line. Ty slouží jako metody referenční a při kontrolním stanovení míry zhutnění již hotového povrchu.

V současném středu zájmu jsou metody, které umožňují popsat okamžitý stav hutněného podloží pod pracujícím vibračním běhounem – on line. Tyto metody značně zvyšují efektivitu procesu hutnění a umožňují jak okamžitou reakci obsluhy stroje, tak i možnost automatické regulace stroje s ohledem na stav hutněného podloží a to bez vlivu lidského faktoru.

3. Fyzikální podstata hutnění a regulační parametry hutnění

Fyzikální podstatou procesu hutnění je zvyšování objemové hmotnosti vrstvy podloží, které je složeno z několika materiálových složek. Je to samotná zemina, voda a vzduch. Zvyšování objemové hmotnosti je docilováno vytlačováním vzduchových pórů, kapilárně vázané vody a stabilnějším uspořádáním částic zeminy. Proces hutnění je z hlediska fyzikálního silně nelineární úloha, daná právě heterogenitou materiálu podloží a kontaktní interakcí ocelového běhounu a podloží. V jistém matematickém přiblížení lze však analyticky modelovat samotný proces jako soustavu složenou z hmotnostních, tuhostních a tlumících prvků (obr. 1).



Obr. 1: Dynamický model tahačového vibračního válce

4. Poděkování

Publikovaných výsledků bylo dosaženo za podpory ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky, výzkumný záměr MSM 0021630518 "Simulační modelování mechatronických soustav".

Published results were acquired using the subsidization of the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic, research plan MSM 0021630518 "Simulation modelling of mechatronic systems".

INFLUENCE OF INTERFACIAL TRANSITION ZONE OF CEMENT PASTE–AGGREGATE ON CRACK PROPAGATION: FINITE ELEMENT MODELLING

Z. Keršner*, L. Náhlík**, Z. Knésl**

Summary: *Concrete is represented as a three-phase material in this paper. Behaviour of a single macrocrack approaching to the interface between hardened cement paste (matrix) and aggregate (particle) is modelled and interfacial transition zone is taken into account. Results of these analyses are useful for description of fracture behaviour of macrocrack propagation with respect to material parameters of matrix, interfacial transition zone and particle. FEM is used in this study.*

1. Přechodová zóna mezi pastou a zrnem kameniva, modelování trhliny na rozhraní

Beton patří k nejpoužívanějším stavebním materiálům. Jde o kompozit značně heterogenní, jehož vlastnosti jsou primárně ovlivňovány vlastnostmi složek – zatvrdlé cementové pasty a plniva (kameniva). Ukázalo se však, že důležitou úlohu hraje také přechodová zóna mezi pastou a zrnem kameniva (tzv. *interfacial transition zone*, ITZ).

Z hlediska lomového chování se beton řadí mezi kvazikřehké materiály. Pro popis tohoto chování je nezbytné vyšetřovat i jeho odpor proti šíření trhlin. V řadě případů je pro popis šíření makrotrhliny v betonu klíčovou konfigurací situace, kdy se vrchol trhliny nachází na rozhraní matrice–částice či částice–matrice. Pro popis trhliny v tomto případě mohou být rozhodující vlastnosti rozhraní mezi oběma složkami, zejména pak existence ITZ.

Aspekty problematiky ITZ jsou studovány a modelovány (Maso ed. 2005, Šmilauer 2005). V příspěvku se věnuje pozornost modelování trhliny na rozhraní zatvrdlá cementová pasta a ITZ, jakož i na rozhraní ITZ a zrno kameniva. Rozhraní se uvažuje jako ideální (dokonalá adheze). Výpočtový model byl vytvořen s využitím MKP programu ANSYS. Byly vyšetřovány dvě konfigurace trhliny na rozhraní. První konfigurace odpovídá trhlíně šířící se v matrici v okamžiku, kdy se její vrchol nachází na rozhraní matice–ITZ. Druhý případ odpovídá situaci, kdy trhlina prošla ITZ a zastavila se na rozhraní ITZ–částice. V obou těchto případech je následkem skokové změny materiálových vlastností fázi modifikován typ singularity napětí v okolí vrcholu trhliny. Tato skutečnost znemožňuje přímou aplikaci standardních postupů lomové mechaniky pro vyjádření kritického napětí nutného pro přechod trhliny přes rozhraní mezi materiály (Knésl et al. 1998, Keršner et al. 2003).

* doc. Ing. Zbyněk Keršner, CSc.: Ústav stavební mechaniky, FAST, VUT v Brně; Veveří 331/95; 602 00 Brno; tel: +420.541 147 362; e-mail: kersner.z@fce.vutbr.cz

** Ing. Luboš Náhlík, Ph.D., prof. RNDr. Zdeněk Knésl, CSc.: Ústav fyziky materiálů, Akademie věd ČR; Žižkova 22; 616 62 Brno; tel: +420.532 290 351, 358; e-mail: nahlik@ipm.cz, knesl@ipm.cz

2. Diskuse vybraných výsledků modelování

První studovaná konfigurace odpovídala trhlině s vrcholem na rozhraní mezi matricí a přechodovou vrstvou. Byla provedena parametrická studie vlivu materiálových vlastností přechodové vrstvy na kritické napětí nezbytné pro šíření trhliny z matrice do přechodové vrstvy. Řídící veličiny pro růst trhliny z rozhraní matrice–vrstva jsou poměry odpovídajících elastických parametrů a lomová houževnatost vrstvy. Vlastnosti částice kameniva nejsou v tomto případě rozhodující, i když, zejména pro velmi tenké přechodové vrstvy, mohou výsledky kvantitativně ovlivnit. Výsledky ukázaly, že ve všech případech dochází s poklesem poměru elastických konstant vrstvy a matrice i k poklesu kritického napětí (ve srovnání s případem bez vrstvy). Tento pokles je vyvolán jednak snížením hodnot lomové houževnatosti vrstvy ve srovnání s matricí z hodnoty $1,0 \text{ MPa m}^{1/2}$ na $0,25 \text{ MPa m}^{1/2}$ a jednak zvýšením rozdílu mezi materiálovými vlastnostmi vrstvy a matrice. Obecným rysem přechodové vrstvy, která souvisí s jejími materiálovými charakteristikami, je skutečnost, že trhlina šířící se v matrici pronikne snáze přechodovou vrstvou až na rozhraní vrstva–částice, než v případě neexistence přechodové vrstvy. Konfigurace trhliny ukotvené na povrchu částice se bude vyskytovat častěji. Velikost tloušťky přechodové vrstvy přitom nehraje dominantní roli.

3. Závěr

V příspěvku byl beton modelován jako 3 fázové kontinuum, sestávající ze zatvrdlé cementové pasty, přechodové vrstvy a částice kameniva. Výsledky numerické analýzy MKP takto modelovaného betonu umožnily popsat lomové chování makrotrhliny šířící se v tomto prostředí v závislosti na materiálových parametrech jednotlivých složek. Obecně lze uzavřít, že existence přechodové vrstvy snižuje tendenci trhliny šířit se přes částice kameniva. V závislosti na hodnotě lomové houževnatosti přechodové vrstvy se pak trhlina může snáze šířit podél částice.

4. Poděkování

Tento výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT, projekt 1M6840770001, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS, výzkumného záměru AV 0Z 204 105 07 a grantového projektu GA ČR 106/04/P084.

5. Literatura

- Keršner, Z., Náhlík, L. & Knésl, Z. (2002) Analýza interakce kamenivo-trhlina z hlediska lomových charakteristik betonu. *Beton*, 5, 40-43.
- Knésl Z., Knápek A. & Bednář K. (1998) Evaluation of the critical stress in bonded materials with a crack perpendicular to the interface. *Proc. Int. Conf. Surface Modification Technologies XI.*, The Institute of Metals, London, 153-159.
- Maso, J. C. (ed.) (2005) Interfacial Transition Zone in Concrete. *RILEM Report*, Taylor & Francis Group, 0-203-63109-9.
- Šmilauer, V. (2005) *Elastic Properties of Hydrating Cement Paste Determined from Hydration Models*. Disertační práce, FSv ČVUT v Praze.

2D NUMERICAL MODEL OF CHANNEL BED FORMED OF RANDOMLY DISTRIBUTED SPHERICAL PARTICLES.

A. Kharlamov*

Summary: *The paper deals with the saltation mode of bed load transport. The saltation process modelling consists of two parts – deterministic motion of the particle in fluid and stochastic process of its collision with bed, which is the stochastic part of a Monte-Carlo simulation. The channel bed is formed by spherical particles of non-uniform size, the distribution of the particles (in the collision place and time) is determined according to Gaussian dense function. The numerical method for a bed forming and determination of collision coordinates and a collision angle is proposed.*

Saltation is a predominant mode of bed load transport in rivers and channels. During saltation particles hop up from the channel bed and follow ballistic like trajectory till the next bounce with bed. Though the water flow in channel usually occurs in turbulent mode, the modeling of saltation deals with averaged over time fluid velocity profile and turbulence is not taken into account. The boundary conditions for the equations governing model particle motion are provided by the particle collision with the channel bed.

The collision happens when the moving particle reaches the bed surface. Bed is formed of spherical particles that are densely packed. The radiuses of bed particles are distributed accordingly to Gaussian dense function with average \bar{r}_b and standard deviation $\sigma_r \leq 0.3\bar{r}_b$.

The bed particles are distributed uniformly along line parallel to the bed surface. The distribution of visible bed surface particles along vertical y-axis is of Gaussian form, and is independent of water stream shear velocity u_* , Sekine & Kikkawa (1992). The standard deviation of elevation of bed particle centroid is given as

$$\sigma_y = \frac{1}{3} \bar{d}_b, \quad (1)$$

where \bar{d}_b is average bed particle diameter.

The bed is not modeled on the whole distance of saltation; the small part of bed surface is constructed immediately below the moving particle just before the collision. When the lowest point of moving particle reaches the zone, where the probability of determining of bed particle surface is not negligibly small, the section of bed is constructed and the collision condition starts to be tested at every step of a program. The saltating particle is collided with the bed

* Mgr. Alexander Kharlamov, Institute of Hydrodynamics ASCR, Pod Pat'ankou 30/5, 166 12, Prague 6; tel.: +420-233109046, fax: +420-233324361, e-mail: charlamov@ih.cas.cz

when the distance between the centroid of saltating particle and the centroid of any of the bed particles of the section is lower then the sum of its radiuses.

The bed section is formed by the following way. The first bed particle of the section is placed in the area under the moving particle. When the y -coordinate and radius of the next bed particle is determined, it is placed close to the previous. The right border of the bed section is determined by the point of intersection of the bed mean level and a saltating particle velocity vector.

The x -coordinate of the first placed bed particle is determined accordingly to the uniform distribution on a line segment of length l located along the x -axis, with the right border x -coordinate equal to the x -coordinate of the saltating particle centroid. The length of segment l cannot be assigned arbitrarily. It should be equal to the mean difference between the x -coordinates of the adjacent bed particles,

$$l = \overline{\Delta x_i}. \tag{2}$$

By means of Direct Numerical Simulation the bed of 10000 particles was constructed and the average difference between x -coordinates of adjacent particles centres was found for different σ_r , see Table 1. The example of numerically modelled bed section is shown in Fig. 1.

Table 1 The bed parameter versus standard deviation of the bed particle radius

σ_r / \bar{r}_b	l / \bar{d}_b
0.0	0.90
0.1	0.90
0.2	0.90
0.25	0.91
0.3	0.92

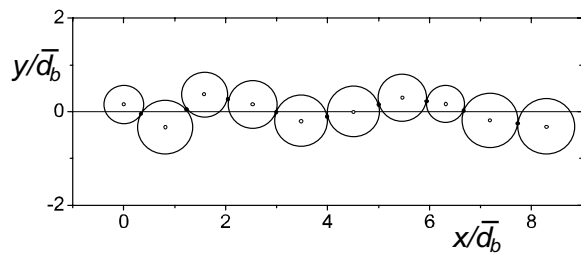


Figure 1 Example of modeled bed surface segment, $\sigma_r = 0.3\bar{r}_b$

To complete the collision model the impulse equations for rebound are cited and the components of particle velocity just immediately after collision are expressed as functions of particle velocity components just immediately before collision.

Acknowledgements

The support under the project No. 103/06/1487 of the Grant Agency of Academy of Sciences of the Czech Republic and under Institutional Research Plan No. AV0Z20600510 of Academy of Sciences of the Czech Republic is gratefully acknowledged.

References

Sekine, M. & Kikkawa, H. (1992) Mechanics of saltating grains, II. *J. Hydraul. Eng., ASCE*, 118, pp. 536-558.

ESTIMATION OF GENERALIZED STRESS INTENSITY FACTORS BY MEANS OF MEAN VALUE OF STRAIN ENERGY DENSITY FACTOR

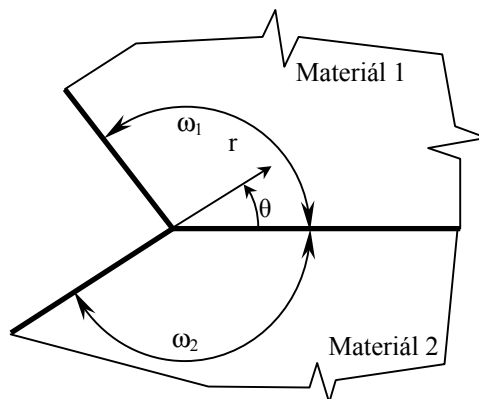
J. Klusák*

Summary: *The contribution deals with bi-material wedges whose stress field is characterized by two stress singular terms. The exponents of stress singularity are generally in the interval (0; 1). For these cases each of the singularities covers both normal and shear mode of loading. Because of the inherently combined loading mode, it is advantageous to utilize the strain energy density concept. A mean value of the strain energy density factor taken from a numerical solution of particular materials junction is compared to its analytical representation to ascertain values H_1 and H_2 . These values enter to stability criterion to indicate if crack is initiated in the wedge tip.*

1. Úvod

Moderní technické konstrukce často vyžadují použití materiálů složených z více komponent. Rozhraní mezi nimi pak působí jako koncentrátor napětí. Zvláště nebezpečným místem konstrukcí se tak stává bi-materiálové rozhraní vystupující na volný povrch součástí. Tato místa lze ve výpočtech úspěšně modelovat jako bi-materiálové vruby. Takové singulární koncentrátoři napětí mají na rozdíl od trhliny exponent singularity napětí obecně v intervalu (0; 1). Navíc v naprosté většině případů existují dvě singularity, z nichž každá v sobě zahrnuje jak normálový, tak smykový zatěžovací mód. V procesu posouzení životnosti obecných singulárních koncentrátorů napětí je nutným krokem stanovení hodnot zobecněných součinitelů intenzity napětí. Vzhledem k apriorní existenci kombinovaného módu zatěžování se jeví výhodné využít faktor hustoty deformační energie, resp. jeho střední hodnotu přes jistou vzdálenost od vrcholu vruby. Pro výpočet hodnot zobecněného součinitele intenzity napětí (ZSIN) je v příspěvku použita přímá metoda srovnání výsledků z numerického řešení s odpovídajícími analytickými vztahy. Výhodou této metody je, že využívá standardních numerických systémů MKP. Získané hodnoty H_1 a H_2 slouží jako vstup do kriteria stability rozhodujícího, zda k iniciaci trhliny za daných podmínek dojde, či nikoli.

* Ing. Jan Klusák, Ph.D.: Ústav fyziky materiálů, Akademie věd České republiky; Žižkova 22; 616 62 Brno; tel.: +420.532 290 348, fax: +420.541 218 657; e-mail: klusak@ipm.cz



Obrázek 1. Bi-materiálový vrub s odpovídajícím polárním souřadným systémem

2. Postup určení hodnot H_1, H_2

Navržený postup určení hodnot H_1 a H_2 je následující:

- (i) MKP výpočet rozložení napětí a hustoty deformační energie kolem vrcholu vrubu.
- (ii) Určení předpokládaného směru θ_0 iniciace trhliny (z numerického řešení). Použity mohou být různá kritéria stability, např. vyhledání maxima tangenciálního napětí, minima faktoru hustoty deformační energie, atd.
- (iii) Ze známého směru iniciace θ_0 je určen poměr hodnot zobecněných součinitelů intenzity napětí $\Gamma_{21} = H_2/H_1$. To je možné vzhledem k jejich vzájemné jednoznačné závislosti.
- (iv) Určení hodnot H_1 a posléze H_2 ze srovnání numericky zjištěné střední hodnoty faktoru hustoty deformační energie s jejím analytickým vyjádřením.

Výhodou tohoto postupu je jednak využití konceptu faktoru hustoty deformační energie, který je zvláště vhodný při kombinovaném zatěžování, a také možnost implementace postupu do MKP systému a tedy automatizace výpočtu bez zásahu uživatele. Pro výpočet je nutné pouze zadat integrační vzdálenost d , která souvisí s mechanismem porušování, případně se strukturou materiálu.

3. Poděkování

Tato práce vznikla za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky, projekt č. 101/05/0227.

DETERMINATION OF SELECTED PROPERTIES OF NITRIDATED STEEL SAMPLES BY EXPERIMENT AND CALCULATION

H. Konečná*, I.Sedlák†, J.Veselý‡

Summary: *The influence of surface layer nitridation of steel sample with rectangular cross-section on its behavior in the elastic and plastic region at bending has been investigated. Number of experiments has been executed where the bended samples were exposed to the loading with both static and dynamic character. Approximate values of modulus of elasticity, tangent modulus for bilinear elasto-plastic models and yield stress have been determined by the combination of measurement results and finite element method calculations. COSMOS/M program has been used for the calculations.*

1. Úvod

Nitridace povrchové vrstvy oceli se provádí zejména proto, že se docílí větší tvrdosti povrchu součástí. Zároveň se však mění i další materiálové vlastnosti v upravené vrstvě. Proto bylo zkoumáno, jak se projeví nitridace u vzorků, namáhaných na ohyb. Vzorky byly namáhány jednak staticky, jednak dynamicky – rázem. Byly provedeny experimenty, jejich výsledkem bylo srovnání chování ohýbaných vzorků bez nitridace se vzorky s jednou nebo se dvěma nitridovanými vrstvami. Dále byly vytvořeny modely vzorků pomocí MKP a to programem COSMOS/M. Ty byly podepřeny a zatěžovány souhlasně s experimenty a to nejdříve staticky. Byla ověřena korektnost modelu nelineárním statickým výpočtem neupraveného vzorku se známými vlastnostmi získanými tahovou zkouškou. U oboustranně nitridovaných vzorků pak bylo provedeno několik výpočtů. Pro první z nich byly na základě experimentu zadány materiálové vlastnosti nitridovaných vrstev a pro opakované výpočty byly hodnoty upřesňovány tak dlouho, až se výpočtem určená závislost poměrných deformací na velikosti zatížení shodovala s měřením. Dále byl vytvořen výpočtový model pro vzorky namáhané rázem. Pro nitridované vrstvy byly zadány materiálové vlastnosti stanovené statickým výpočtem. Byla prokázána dobrá shoda výsledků nelineárního dynamického výpočtu a experimentu.

2. Experimenty

Pro experimenty byl připraven soubor vzorků, které měly rozměry 7,0 x 22,8 x 200 mm. Všechny vzorky byly po ofrézování a broušení na finální rozměr normalizačně vyžháný

* Ing. Hana Konečná, Ph.D.: Univerzita obrany v Brně, Fakulta vojenských technologií, Katedra strojírenství, Kounicova 65, 612 00 Brno; tel.: +420 973 443 583; E-Mail: hana.konecna2@unob.cz

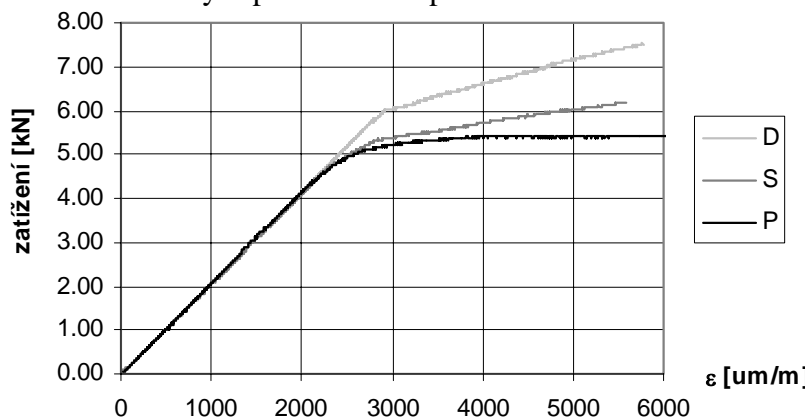
† Ing. Ivan Sedlák, Ph.D.: Univerzita obrany v Brně, Fakulta vojenských technologií, Katedra strojírenství, Kounicova 65, 612 00 Brno; tel.: +420 973 443 583; E-Mail: ivan.sedlak@unob.cz

‡ Ing. Jiří Veselý: Univerzita obrany v Brně, Fakulta vojenských technologií, Katedra strojírenství, Kounicova 65, 612 00 Brno; tel.: +420 973 443 583; E-Mail: jiri.vesely2@unob.cz

v ochranné atmosféře. Soubor vzorků byl rozdělen do tří skupin, jedna skupina byla ponechána v tomto výchozím stavu (dále značeno **P**), druhá byla nitridována jednostranně (značeno **S**) a třetí nitridována oboustranně (značeno **D**). Měřením průběhu mikrotvrdosti na vybraných vzorcích byla určena hloubka zušlechtnuté vrstvy 0,43 mm.

Nejdříve byly provedeny statické experimenty. Tahovou zkouškou pro vzorek **P** byly získány hodnoty modulů pružnosti a meze kluzu pro základní materiál: Modul pružnosti $E_x = 196 \text{ GPa}$, mez kluzu $\sigma_y = 350 \text{ MPa}$, a plastický modul $E_{\tan} = 1 \text{ GPa}$. Dále byly vzorky namáhány ohybem. Aby bylo namáhání vzorku jednoznačné a povrchové vrstvy byly po značné části vzorku vystaveny maximálnímu namáhání, byly vzorky zatěžovány ve speciálně vyrobeném přípravku čtyřbodovým ohybem. Srovnáním naměřených závislostí poměrného protažení na zatížení pro ohyb vzorků **P**, **S** a **D** bylo zjištěno, že v pružné oblasti nemá nitridovaná vrstva žádný vliv, v plastické oblasti pak značný. Zvětší se hodnota zatížení, při které dochází k plastizování a dochází ke zpevnění v plastické oblasti, jak je vidět z grafů na obr. 1.

Další oblastí, kde bylo hledáno kvantitativní ovlivnění mechanických vlastností vzorků, byla oblast dynamického chování. Byla sledována odezva okrajově podepřených vzorků na rázové zatížení. Zatížení bylo provedeno dopadem beranidla o hmotnosti 5,69 kg a poloměru



Obr. 1 Srovnání závislosti poměrné deformace na síle.

válcového čela 15 mm z předepsané výšky na střed vzorku. Pro rázové zkoušky byl srovnán časový průběh průhybu v dolních vláknech uprostřed nosníku pro neupravené vzorky a vzorky s nitridací v dolní vrstvě a v obou vrstvách. Největší průhyb má neupravený vzorek, maximum je 11,2 mm. Vzorek s oboustrannou nitridací měl maximum průhybu dříve a tento extrém má hodnotu 8,5 mm, je tedy o 24 % menší.

3. Statické a dynamické výpočty

Pro oba experimenty byly pomocí programu COSMOS/M, který je na bázi MKP, vytvořeny modely odpovídající experimentům. Výpočtem byly získány grafy stejných závislostí, jako byly sledovány při měření. Iterativním postupem byly určeny některé materiálové vlastnosti nitridované vrstvy. Výsledné závislosti pro vzorky **P**, **S** a **D** byly srovnány s měřením.

4. Poděkování

Příspěvek byl podpořen výzkumným záměrem MO0FVT0000404 Výzkum a vývoj moderních materiálů a technologií pro aplikace ve vojenské technice.

PERFORMANCE ASSESSMENT OF CONCRETE BRIDGE DECK APPLYING SBRA APPROACH AND FEM MODEL WITH REGARD TO CHLORIDE INGRESS

P. Konečný*, P. J. Tikalsky, D. G. Tepke *****

Summary: *The effect of cracks on the chloride ingress into bridge decks with epoxy-coated reinforcing steel is studied. A finite element diffusion model in conjunction with a probabilistic method called Simulation-Based Reliability Assessment (SBRA) is used to address the inherited randomness of input variables. Data used for diffusion coefficients and concrete cover depths are based on a study performed on North Eastern the bridges in the U.S.A. and reported in (SOHANGHPURWALA & SCANNELL, 1994).*

1. Introduction

This paper is focused on a reinforced concrete bridge deck 2-D chloride ingress model that accounts for the scatter of input random variables with regards to surface cracks and reinforcing steel epoxy-coating containing damage. The model combines a finite element model (FEM) and the SBRA method that is introduced in (Marek et al., 1995) and proposed for application with chloride ingress by (Tikalsky et al., 2005).

One of the most significant types of distress in bridge decks in the North Eastern United States is the corrosion of reinforcing steel from the ingress of chloride salts applied to melt snow and ice. This can lead to loss of structural capacity and promote reduced service life, thus leading to increased life-cycle costs. Though models for chloride ingress and corrosion development have been studied, there are still many issues that must be addressed for them to become useful engineering tools, especially with regards to randomness of input variables.

2. Chloride Ingress Induced Deterioration

If one considers corrosion of reinforcing steel bars from the diffusion of chlorides as the primary contributor to deterioration and reduced serviceability, then service life can be described as having both an initiation period and a propagation period (Tuuti, 1982). The initiation period is when the chloride ions are in the process of penetrating to the level of reinforcing steel in sufficient quantities to initiate corrosion. The propagation period begins once a sufficient concentration of chlorides has reached the reinforcing steel to dissolve the passivation layer and propagate corrosion. The end of the propagation period is marked by excessive deterioration, the conclusion of service life and the need for reconstruction etc.

The 2-D finite element model generated in ANSYS is based on the Ficks 2nd law and focuses on the movement and accumulation of chloride ions to the level of reinforcing steel during the initiation period. Sample graphical output is shown in Figure 1.

* Petr Konečný, Ing., VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděště 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, (+420) 59 732 1384, petr.konecny@vsb.cz;

** Paul J. Tikalsky, Dr., P.E., FACI, Pennsylvania State University, University Park, PA, USA, tikalsky@engr.psu.edu;

***David G. Tepke, M.S., Pennsylvania State University, University Park, PA, USA, dgt110@psu.edu.

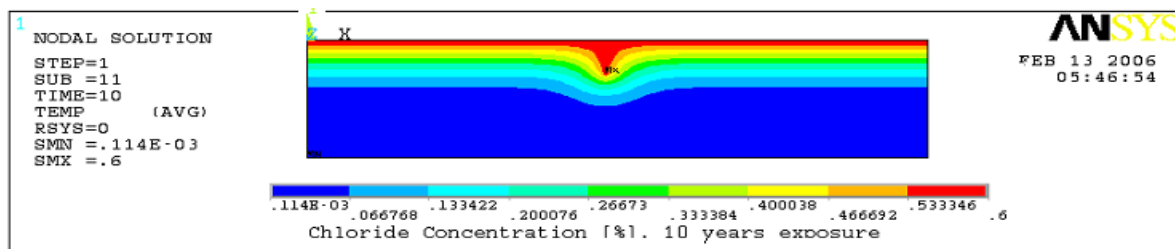


Fig. 1 Chloride Ion Concentration in Concrete Slab with Crack, $t = 10$ years

Severity of the chloride ingress was assessed by comparing the chloride threshold value, C_{th} with the chloride ion concentration at the exposed areas of reinforcing steel. Typical reported values for C_{th} are 0.2 percent chlorides by mass of total cementitious materials (ACI) and 0.4 percent (CEB). One can observe the effects of a crack that allow the chloride ions to move in both directions and reach the rebar level more rapidly.

3. Probabilistic Approach using SBRA and Finite Element Model

A probabilistic approach was adopted to address the variability of input parameters and especially the interaction between randomly distributed deck cracks and damaged areas of reinforcing steel epoxy-coating. Diffusion coefficients, reinforcing steel depths, and chloride threshold histograms were developed based on field data. Hollidays on steel reinforcing rods and crack frequency distributions were estimated based on anticipated behavior. A FEM was applied with a SBRA module programmed with ANSYS and Monte Carlo simulations.

The reliability of the system was estimated by the probability of chloride threshold exceedance (corrosion initiation) at a specific age $P_{f,t}$.

$$P_{f,t} = P(C_{th} - C_t < 0) \tag{1}$$

An example of 2-D chloride ingress assessment of a bridge deck with regards to cracks and damage of reinforcing steel epoxy-coating using FEM and SBRA featuring random variables expressed as histograms is presented in the full paper. Outcome of the simulation, time-dependent probability of corrosion initiation, is depicted on the next figure.

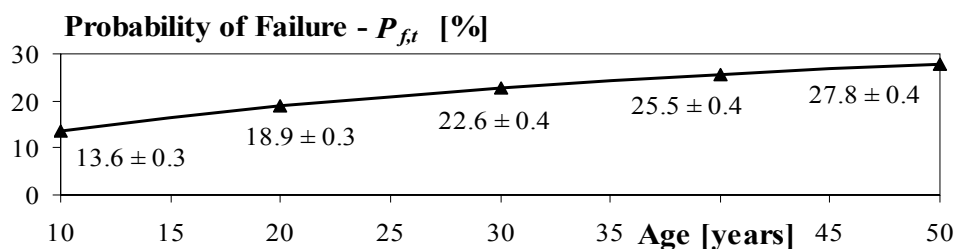


Fig. 2 Time-dependent Probability of Corrosion Initiation $P_{f,t}$ [%]

4. References

SOHANGHPURWALA and SCANNELL, W.T., “Verification of Effectiveness of Epoxy-Coated Rebars”, Final Report to Pennsylvania Department of Transportation, Project No. 94-005, 1994.

MAREK, P., GUŠTAR, M. and ANAGNOS, T., *Simulation-Based Reliability Assessment for Structural Engineers*. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, 1995.

TIKALSKY, P., J. and PUSTKA, D., MAREK, P., “Statistical Variations in Chloride Diffusion in Concrete”, *ACI Structural Journal*, vol. 102, is. 3, 2005, pp:481-486.

TUUTTI, K., "Corrosion of steel in concrete", *CBI Research Report 4:82*, Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm, Sweden, 1982.

ENGINEERED CEMENTITIOUS COMPOSITES (ECC) MANUFACTURING END VERIFICATION

L. Kopecký,¹ P. Kabele,² L. Novák³

Summary: *Parameters of Engineered cementitious composites (ECC) particularly weathered, may be affected its physical and mechanical properties. Comparative testing the influence of the fibres - ductility in differently chemical loaded specimens.*

1. Úvod

Česká republika se řadí mezi přední producenty popílků, které vznikají jako důsledek spalování různých druhů fosilních paliv nebo odpadů. Statistika dokonce hovoří o Česku jako o zemi s největší produkcí popílku v přepočtu na jednotku plochy i na počet obyvatel. Prioritou dnešní společnosti je snaha o maximální ochranu životního prostředí a z toho plynoucí zpracování odpadů. Jednou z možností racionálního způsobu užití popílku je jeho přidávání do betonů nebo kompozitních materiálů na bázi cementu. Engineered cementitious composites (ECC) je vláknocementový kompozit, který lze s úspěchem využít právě pro tyto účely. Popílek tvoří skoro 35 % obsahu a umožňuje velice dobře zhodnotit popílek v materiál s velmi zajímavými a žádanými vlastnostmi.

	Cement	Popílek	Písek
Objemové díly	1	1, 2	0, 8

Tabulka 1: Poměr jednotlivých složek v ECC

2. Vlákno-cementový kompozit

Engineered cementitious composites (ECC) je materiál vyvíjený prof. Li z University of Michigan s cílem zdokonalit lomovou odolnost materiálů na bázi cementu. Jedním ze způsobů,

¹ RNDr. Lubomír Kopecký, České vysoké učení technické, Fakulta stavební, Katedra mechaniky, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel. +420 224 35 48 23, e-mail lubomir.kopecky@fsv.cvut.cz

² Doc. Ing. Petr Kabele, Ph.D., České vysoké učení technické, Fakulta stavební, Katedra mechaniky, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel. +420 224 35 44 85, e-mail petr.kabele@fsv.cvut.cz

³ Ing. Luděk Novák, České vysoké učení technické, Fakulta stavební, Katedra mechaniky, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel. +420 224 35 44 98, e-mail novakl@mk.cvut.cz

jak vylepšit odolnost těchto materiálů, je přidání malého množství (2–3 % celkového objemu) krátkých vláken nebo drátků do cementové směsi.

Hlavní složky tohoto materiálu tvoří cement, popílek a písek. Poměr jednotlivých složek je uveden v tabulce 1. Vodní součinitel se pohybuje okolo $w = 0,55$. To je vzhledem k vysokému podílu jemných složek relativně malý vodní součinitel. Pro dobré zpracování je nutné splnit dvě podmínky.

- Optimalizovat křivku zrnitosti jemných složek. V našem případě cementu, popílku a písku.
- Používat kvalitní superplastifikátory na bázi polykarboxylátů.

3. Zkoušky životnosti vláknocementového materiálu

Pro vlastní test jsme jsme připravili čtyři sady vzorků se shodnou maticí a vodním součinitelem $w = 0,65$.

- Sada kontrolních vláken uchovávaných na vzduchu.
- Sada vláken vystavených nasycenému roztoku $NaCl$.
- Sada vláken vystavených působení roztoku $3 \text{ mol } NH_4NO_3$.
- Sada vláken vystavených působení roztoku $6 \text{ mol } NH_4NO_3$.

4. Závěr

Vysoký podíl popílku jehož váhové množství se pohybuje v rozmezí 650–700 kg na metr kubický, umožňuje v tomto materiálu, ekologicky a ekonomicky zhodnotit odpadovou surovinu. Kompozitní materiály na bázi cementu tak mohou pomoci při prodlužování životnosti dopravních staveb, renovacích konstrukcí s velkými průhyby, opravách silnic a dálnic a zároveň mohou být cenným materiálem při navrhování staveb nových. Vysoká duktilita tohoto materiálu dovoluje vytvářet konstrukce tenčí, lehčí a v konečném důsledku snížit celkovou ekonomickou náročnost stavby či údržby.

5. Poděkování

Tato práce vznikla za laskavé podpory grantů GAČR 103/05/0896 a GAČR 106/05/H150. Děkuji také panu Valkovi z Bauchemia slovensko za darování vzorků superplastifikátorů a panu Ing. V. Vackovi za cenné technologické rady.

6. Literatura

- [Aïctin 2005] Aïctin, Pierre-Claude 2005: Vysokohodnotný beton, *Informační centrum ČKAIT*, Praha, 2005, ISBN 80-86769-39-9.
- [Li 2003] Li, V. C. 2003: On engineered cementitious composites (ECC) – a review of the material and its applications. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 2003, Vol. 1, pp. 215-230.

ESTIMATION OF GENERALIZED STRESS INTENSITY FACTOR VALUES FOR STRUCTURES WITH THIN PROTECTIVE COATINGS

J. Korbel*, Z. Knésl**

Summary: *In present paper, generalized stress intensity factor H_I for structures with cracked protective coatings is calculated. Based on numerical results obtained by finite element method calculations, the approximate expression for estimation of H_I is derived as a function of elastic parameters of the coating and the substrate. Application of this expression provides easy evaluation of critical stress leading to failure of structures with protective coating.*

Povrchové trhliny hrají významnou roli při iniciaci porušení jak v případě statického tak i cyklického namáhání. Klíčovým krokem při odhadu vlivu povrchových trhlin na jejich další šíření a v konečné fázi i porušení konstrukce je znalost odpovídající hodnoty faktoru intenzity napětí. V celé řadě případů se pro stanovení hodnot faktoru intenzity napětí (FIN) používají aproximativní výrazy. Typickým příkladem takové situace je výraz pro hodnotu FIN pro krátkou povrchovou trhlinu délky a v taženém pásu, kdy se běžně používá aproximativní vztah $K_I \approx 1,12 \sigma_{appl} \sqrt{\pi a}$, kde σ_{appl} je odpovídající aplikované napětí (předpokládá se normálové namáhání).

V případě konstrukcí s ochranou povrchovou vrstvou mohou v této vrstvě vzniknout povrchové trhliny, které se šíří přes tuto vrstvu a zastaví se na rozhraní vrstva – základní materiál. V tomto případě nelze pro odhad kritického napětí použít standardních postupů lomové mechaniky a je nutno stanovit hodnotu zobecněného faktoru intenzity napětí H_I , která závisí na geometrii tělesa a trhliny, okrajových podmínkách a navíc i na rozdílu materiálových parametrů vrstvy a základního materiálu. Stanovení hodnoty H_I představuje v tomto případě poměrně složitou výpočetní operaci, vyžaduje určité zkušenosti.

V příspěvku je na základě výpočtů metodou konečných prvků odvozen aproximativní vztah pro hodnotu zobecněného faktoru intenzity napětí H_I v případě tělesa s tenkou povrchovou vrstvou. Při výpočtu je předpokládána ideální adheze mezi povrchovou vrstvou a podkladem. H_I je vyjádřeno jako funkce poměru E_1/E_2 Youngových modulů povrchové vrstvy (E_1) a základního materiálu (E_2).

* Ing. Jakub Korbel: Technologické centrum, ABB s.r.o., Vídeňská 117, 619 00 Brno;
 tel: +420.547 152 048; e-mail: jakub.korbel@cz.abb.com

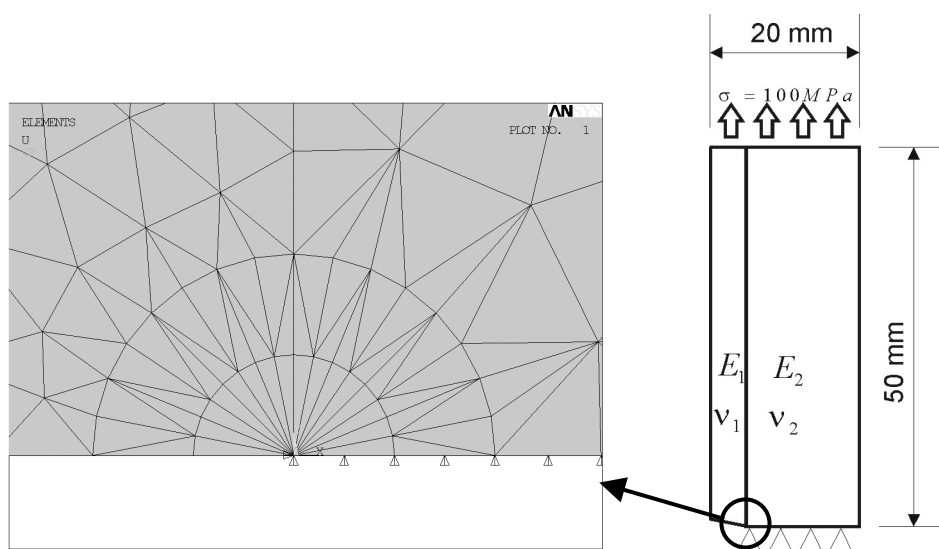
** prof. RNDr. Zdeněk Knésl, CSc.: Ústav fyziky materiálů AV ČR, Žitkova 22, 616 62 Brno;
 tel: +420.532 290 358; e-mail: knesl@ipm.cz

Numerický model a výsledky

Pro výpočet zobecněného faktoru intenzity napětí byla použita přímá metoda, která je založena na porovnání numericky a analyticky vypočtených hodnot napětí v těsné blízkosti kořene trhliny. Numerické výpočty byly provedeny v komerčně dostupném systému konečných prvků ANSYS.

Pro výpočet byl použit vzorek podle obr.1. Povrchová vrstva tloušťky $t = 0,1\text{mm}$, $0,25\text{mm}$ a $0,50\text{mm}$ reprezentuje ochranný povlak na masivním podkladu (celková tloušťka tělesa byly vždy $T = 20\text{mm}$). Trhlina má vrchol na rozhraní obou složek, tj. délka trhliny je vždy $a = t$. Vzorek je namáhán aplikovaným napětím 100MPa , které působí rovnoběžně s rozhraním. Základní lomově-mechanický parametr pro tuto konfiguraci je hodnota zobecněného součinitele intenzity napětí H_I (v případě homogenního tělesa K_I).

Pro modelování trhliny byl použit trojúhelníkový šesti-uzlový prvek s uspořádáním do „růžice“ (poloměr růžice $r = 0,01\text{mm}$)s vrcholem v kořenu trhliny, viz obr.1. Model byl tvořen průměrně 26800 elementy a detailní zázornění síť v místě kořene trhliny je zobrazeno na obrázku 1.



Obr.1 – Model a rozložení elementů u kořene trhliny

Výsledky vypočtených hodnot H_I pro různé tloušťky povrchové vrstvy byly normovány veličinou $\sigma_{appl} a^p$, kde $a = t$ je tloušťka povrchové vrstvy a p exponent singularity napětí. Výsledný vztah pro normovanou hodnotu H_I má tvar:

$$\begin{aligned}
 {}^*H_I &= -0,0208 (E_1/E_2)^2 + 0,7971(E_1/E_2) + 1,2134 \quad \text{pro } E_1/E_2 < 1 \\
 {}^*H_I &= -0,4469 (E_1/E_2)^2 + 1,6269 (E_1/E_2) + 0,8050 \quad \text{pro } E_1/E_2 > 1.
 \end{aligned}$$

Aplikace těchto výrazů umožňuje snadný odhad kritického napětí pro porušení tělesa s ochrannou povrchovou vrstvou a přispívá ke spolehlivějšímu odhadu životnosti konstrukcí s ochranou povrchovou vrstvou.

Poděkování:

Práce byla realizována za finanční podpory grantu 101/05/0320 a 101/05/0227 GA ČR.

SIMILARITY OF SHALLOW FOUNDATIONS ACCORDING TO ČSN 73 1001

P. Koudelka *

Summary: *Now, that the translation into Czech and the National Annex of EC7-1 (EUROCODE 7 - Geotechnical design, Part 1: General rules) are carried out, it seems convenient to make a broad comparative analysis of both the standards..*

The paper deals with a similarity solution of bearing capacity of shallow foundations according to ČSN 73 1001. The solution should form the suitable base of the comparative analysis base for simpler numerical analysing. Acknowledgement is involved in the Paper.

1. Introduction

The Czech standard ČSN 73 1001 “Subsoil under shallow foundations” is the oldest Czech LSD standard (1966). It was slightly amended several times but its original creators have done very good work.

The standard contains not only the requirements and instructions for the design of shallow foundations, but also a complete set of important and verified tables of soil classification and soil material parameters. Now, that the translation into Czech and the National Annex of EC7-1 (EUROCODE 7 - Geotechnical design, Part 1: General rules) are carried out it seems convenient to make a broad comparative analysis of the EC7-1 and ČSN 73 1001 design procedures.

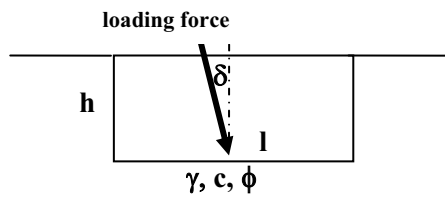
The calculating procedure according to ČSN 73 1001 requires 8 inputs, similar procedure according to EC7-1 requires 10 inputs. These numbers of inputs yield a huge number of combinations for a comparative analysis. An easier approach to problem solution is provided by the theory of similarity. The paper deals with a similarity solution of bearing capacity of shallow foundations according to ČSN 73 1001. The solution should form the basis comparative analysis for simpler numerical analysing.

2. Bearing Capacity According to ČSN 73 1001

The Czech standard ČSN 73 1001 “Subsoil under shallow foundations” is based on the Limit State Design (LSD) theory like EC7-1. Its procedure requires the following inputs:

b - width or radius of the foundation, h - depth (height) of the foundation,

* Petr Koudelka, DrSc., ACEng., CEng: Ústav teoretické a aplikované mechaniky AVČR, Prosecká 76, Praha 9, 19000, tel.: +420286882121, fax: +42086884634, e-mail: koudelka@itam.cas.cz



- l - length of the foundation,
- δ - deviation of loading force from vertical direction,
- γ_1 - unit weight of soil above foundation plain,
- γ_2 - unit weight of soil below foundation,
- ϕ_d - angle of soil resistance - design value,
- c_d - cohesion - design value.

Fig.1 Scheme of shallow foundation and parameters.

3. Similarity solution

Similarity solution depends above all on the extraordinary variability of soils and their material properties. The solution does not consider oblique load (angle δ of force) because, from the viewpoint of bearing capacity, it appears less important. The solution involves the examination of the effective stress state only. The geometrical parameters except for the depth h are defined as dimensionless quantities and are considered as constants in the similarity solution (see eqs. below). The soil mass is homogeneous. Consequently, the solution considers the variable inputs h, γ, ϕ, c and the following constant inputs:

$$\beta = b/l \quad \eta = h/b \quad \kappa_\lambda = (c)/(\gamma) \operatorname{tg}(\phi) \quad \lambda = (c)/(\gamma)(h) \operatorname{tg}(\phi) \quad (14,15,16,16').$$

Then the functional of bearing capacity of shallow foundation according to equation (4) is expressed by

$$R_d = (c) * N_c(\phi) * s_c * d_c + (\gamma) * (h) * N_d(\phi) * s_d(\phi) * d_d(\phi) + (\gamma) * 0.5 * \eta * (h) * N_b(\phi) * s_b * d_b \quad (17).$$

Using the simple set-up of previously shown equations we can define a more suitable similarity functional with the functions $F_1(\phi, c), F_2(\gamma, \phi, h), F_3(\gamma, \phi, h)$:

$$R_d = F_1(\phi, c) + F_2(\gamma, \phi, h) + F_3(\gamma, \phi, h) \quad (18)$$

and after some adjustments also the functional

$$R_d = (\gamma) * (h) [\lambda * F_1^s(\phi) + F_2^s(\phi) + F_3^s(\phi)] \quad (22).$$

The last formulation of bearing capacity functional (22) involves two dimensional variables h and γ separated by the dimensionless geotechnical similarity coefficient λ (Janbu`s) which can be considered constant for a lot of (mathematically for an infinite number of) combinations. The dimensionless similarity function of bearing capacity of shallow foundations is defined as shown below.

$$P_d = \lambda * F_1^s(\phi) + F_2^s(\phi) + F_3^s(\phi) \quad (26)$$

4. Conclusion

The presented analytical solution of the designs of shallow foundations according to ČSN 73 1001 results in relative simple formulae (22) and (26) which form the base of further numerical analyses and of a comparison of the LSD designs according to ČSN and EC7-1. The solution makes it possible to consider different approaches to the derivation of design values of geotechnical quantities. In detail see the Paper.

ANALYSIS OF FOUNDATION SLAB OF COMMERCIAL BUILDING IN PRAGUE TĚŠNOV: MECHANICAL BEHAVIOR

T. Koudelka*, T. Krejčí*

Summary: *It was performed several calculations simulating behavior of thick foundation slab during 2005 year. The behavior was solved as coupled problem in which the mechanical behavior was assumed together with heat and moisture conduction and their interactions. Material parameters were obtained from project of foundation slab of commercial building in Prague-Těšnov. The problem was solved using program SIFEL.*

1. Úvod

Řešení zakládání velkých konstrukcí na základové desce je poměrně častý případ. Základové desky přitom dosahují značné tloušťky a tím vyvstává problém s jejich betonáží v důsledku vývinu hydratačního tepla. Pro ověření navrženého postupu betonáže a výstavby je proto třeba použít dostatečně výstižný numerický model. Jeden z možných numerických modelů byl implementován do programu SIFEL. Základovou desku je v tomto softwaru možné řešit jako sduženou termo-hydro-mechanickou úlohu. Pro modelování transportních procesů vedení vlhka a tepla jsou k dispozici modely Künzelův a Kiesselův. Pro popis smršťování a dotvarování betonů lze použít model B3, poškození je možné modelovat pomocí skalárního poškození. Podloží pod základovou deskou je možné modelovat pomocí soustavy pružných podpor vložených v místech uzlů sítě konečných prvků.

2. Modely pro popis mechanických vlastností materiálů

Při výpočtech poškození se vychází z dekompozice celkové deformace

$$\epsilon_{\text{tot}} = \epsilon_e + \epsilon_d + \epsilon_{\text{cr}} + \epsilon_{\text{shr}} + \epsilon_{\text{ft}} \quad (1)$$

kde ϵ_{tot} je celková deformace, ϵ_e je elastická deformace, ϵ_d je deformace od poškození, ϵ_{cr} je deformace od dotvarování, ϵ_{shr} je deformace od smršťování a ϵ_{ft} je deformace vlivem změny teploty. Vlivy smršťování a dotvarování betonu společně s přetvořením od změny teploty mají značný vliv na celkové přetvoření, které je rozhodující pro to, zda dojde k vytvoření trhliny či nikoliv. Pro modelování smršťování a dotvarování mladých betonů lze použít model B3 popsany např. v [Bazant – Baweja, 1995]. Oba vlivy jsou v něm zahrnuty a jsou závislé na teplotě a vlhkosti. Pro modelování poškození betonu byla vytvořena celá řada materiálových modelů.

* Ing. Tomáš Koudelka, Ing. Tomáš Krejčí, PhD.: Katedra mechaniky, Fakulta stavební
ČVUT, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel.: +420 224 354 375,
e-mail: koudelka@cml.fsv.cvut.cz, krejci@cml.fsv.cvut.cz .

Mezi nejjednodušší z nich patří model skalárního izotropního poškození. Výstižnost tohoto modelu je závislá na volbě vhodného vztahu pro ekvivalentní přetvoření. Pro beton se osvědčila Mazarsova norma, kde ε_α jsou složky hlavní deformace a operátor $\langle \rangle$ je výběr kladných složek.

$$\varepsilon_{eq} = \sqrt{\langle \varepsilon_\alpha \rangle \langle \varepsilon_\alpha \rangle} \quad (2)$$

Evoluční vztah pro parametr poškození ω je definován

$$\omega = 1 - \left(\frac{f_t}{E \varepsilon_{eq}} \right) \exp \left(- \frac{\varepsilon_{eq} - \frac{f_t}{E}}{u_f - \frac{f_t}{E}} \right) \quad (3)$$

kde u_f definuje sklon změkčení a f_t je tahová pevnost. Modul pružnosti, tahová a tlaková pevnost betonu závisí na stáří betonu. Popis modelu lze nalézt např. v [Sluys, 2003] a [Bittnar - Šejnoha, (1992)].

Numerická analýza modelovala základovou desku administrativní budovy Praha-Těšnov. Základová deska má tloušťku 1 m, je v obou směrech vyztužena 12ØV25/m a byla modelována jako 2D-úloha. Počítačová simulace začíná v době jeden den od ukončení betonáže, kdy se předpokládá ukončené tuhnutí betonu a působení desky jako železobetonové konstrukce. Byla provedena termo-hydro-mechanická analýza, transportní procesy byly popisovány modely Künzela a Kiessla, pro mechanické chování byl použit model B3 a model skalárního izotropního poškození. Z analýzy bylo zjištěno, že během procesu vysychání pokles vlhkosti a teploty ovlivňuje nejdříve vrstvy u povrchu. Jádro desky je ovlivněno mnohem později. Smršťování betonu zapříčiňuje vznik tahových napětí ve vrstvě u horního povrchu a následně vznik mikrotrhlin.

3. Poděkování

Tento práce vznikla za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M6840770001 v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS

4. Literatura

- Sluys, B. (2003) Constitutive modeling of concrete and nonlinear computational dynamics. RFGC – 7-8/2003, Geodynamics and Cycling Modelling
- Bazant Z. P. – Baweja S. (1995) Creep and Shrinkage Prediction Model for Analysis and Design of Concrete Structures – Model B3. RILEM Recommendation, Mater. Struc., 28
- Bittnar, Z. – Šejnoha, J. (1996) Numerical methods in structural mechanics, ASCE Press USA and Thomas Telford UK, 1996

EXPERIMENTAL MEASUREMENT OF THE CHARACTERISTICS OF SILICONE MED 4550 FOR FEM SIMULATION

J. Koukalová*, Z. Horák*, P. Tichý*

Summary: *The Laboratory of Human Biomechanics, CTU in Prague is engaged in development of spinal replacement, among others on the basis of silicone. The design of the new type of spinal replacement assumes the restoration of the physiological properties in spine segment especially its normal mobility. One of the methods to predicate the functional properties of these replacements is a computer simulation using Finite Element Method. The necessary condition for relevant simulation of polymer material is the determination of their material properties that are not readily available. From that reason was necessary to perform the experimental measurement of the silicone material characteristics. On basis of the measured characteristics it was possible to determine the material parameters for several description of the material that are implemented in the environment of Finite Element Method solver.*

1. Úvod

Pracoviště laboratoře biomechaniky při ČVUT v Praze se zabývá vývojem spinálních náhrad, mimo jiné na bázi silikonu MED 4550. Jednou z metod predikce funkčních vlastností těchto náhrad je simulace pomocí MKP. Nutnou podmínkou pro relevantní simulaci polymerních materiálů je určení jejich materiálových vlastností, které nejsou běžně dostupné. Z tohoto důvodu bylo nutno provést experimentální měření charakteristik silikonu MED 4550. Na základě naměřených charakteristik bylo možno určit materiálové parametry pro příslušné popisy materiálu, které jsou implementovány v prostředí MKP řešiče.

2. Metody

Experimentální měření charakteristik silikonu MED 4550 bylo provedeno podle normy ČSN ISO 37 - Pryž z vulkanizovaných nebo termoplastických kaučuků. Stanovení tahových vlastností a ISO 7743:2004 Rubber, vulcanized or thermoplastic. Determination of compression stress-strain properties.

Ve výpočetním programu ABAQUS se pro elastomerní materiály používá materiálový model hyperelastického materiálu. K vyjádření potenciálu deformační energie je k dispozici několik modelů – polynomický (včetně speciálních případů například redukovaný polynomický, Neo-Hook, Mooney-Rivlin a Yeoh), Ogden, Arruda-Boyce, Van der Waals a Marlow. Na základě naměřených experimentálních dat z jednoosých tahových a tlakových zkoušek byla provedena ověřovací analýza vhodnosti použití jednotlivých modelů.

* Ing. Jana Koukalová, Ing. Zdeněk Horák, Ing. Petr Tichý: Laboratoř biomechaniky, ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky; Technická 4, 166 07, Praha 6; Tel: +420 224 352 527, Fax: +420 233 322 482; email: koukalov@biomed.fsid.cvut.cz

3. Závěr

Materiálový model Arruda-Boyce nejlépe odpovídá experimentálním datům. Tvar potenciálu deformační energie pro model Arruda-Boyce je

$$U = \mu \sum_{i=1}^5 \frac{C_i}{\lambda_m^{2i-2}} (\bar{I}_1^i - 3^i) + \frac{1}{D} \left(\frac{J_{el} - 1}{2} - \ln J_{el} \right) \quad , \quad (1)$$

kde U je potenciál deformační energie; J_{el} je elastický objemový koeficient; \bar{I}_1 je první invariant; a μ, λ, C_i a D jsou materiálové konstanty.

4. Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu Ministerstva školství: Transdisciplinární výzkum v biomedicíně inženýrství 2, No. MSM 6840770012 a grantu No. 106/05/2174 Grantové agentury České republiky.

5. Literatura

- M.J. Faber, M.C. Schamhardt (1999) Determination of 3D spinal kinematics without defining a local vertebral coordinate system *Journal of Biomechanics* 32, pp. 1355 – 1358.
- R. Eberlin, G.A. Holzapfel, C.A.J. Schulze – Bauer (October 2000) An anisotropic constitutive model for annulus tissue and enhanced finite element analyses of intact lumbar disc bodies *Computational Biomechanics*, Austria.
- Callaghan JP, Patla AE, McGill SM (1999) Low back three-dimensional joint forces, kinematics and kinetics during walking. *Clin Biomech* 14 203-216.

ANALYSIS OF DYNAMIC PROPERTIES OF MULTIMOTOR DRIVING SYSTEMS

C. Kratochvíl, L. Houfek, M. Houfek*

Summary: Problematic of multimotor driving systems is very actual. These systems have a lot of advantages, like better possibilities of speed regulation, higher reserve of power, better dynamics characteristic due to reducing of moment inertia, when overall power is kept. These systems have also disadvantages resulting for instance from small deviations characteristics of individual motor. This may lead to the occurrence of complex vibrations during no-load run and during starting as we will show in this paper.

1. Úvod

Vícemotorové soustavy vykazují při srovnání s jednomotorovými pohonovými soustavami řadu výhod

Na druhé straně se setkáváme s problémy při rozběhu, doběhu a obecně při změnách pracovních stavů, vyplývajících zejména z odchylek charakteristik jednotlivých motorů, i když jsou stejného typu, kdy se setkáváme s nerovnoměrným rozdělením přenášeného výkonu na jednotlivé motory a s nesouladem jejich otáček. To má zpravidla za následek, že některý z motorů může pracovat v generátorovém a ne motorickém režimu – a zvyšovat tak celkové přenášené zatížení a objevuje se nebezpečí vzniku složitých kmitavých dějů neúměrně zatěžujících celou pohonovou soustavu a vnikají problémy při jejím řízení. V článku se budeme zabývat problematikou matematického modelování těchto efektů s cílem objasnit jejich vliv na „vnitřní dynamiku“ motorové subsoustavy.

2. Modelová pohonová soustava

Na obr. 1a je schematicky znázorněn pohon technické soustavy, který je složen ze čtyř stejnosměrných motorů s cizím buzením, řazených po dvou sériově do dvou paralelních větví. Každý motor má vnitřní zpětnovazební proudovou smyčku a nadřazenou rychlostní

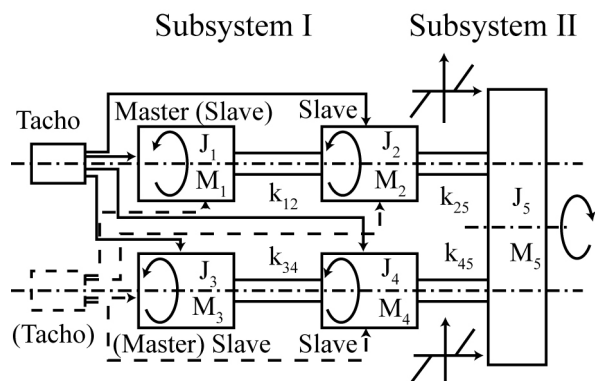
* Prof. Ing. Ctirad Kratochvíl, DrSc., Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2896/2, 616 69 Brno. Tel.: 541142853, fax: 541142876, e-mail: kratochvil@fme.vutbr.cz.

Ing. Lubomír Houfek, PhD., Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2896/2, 616 69 Brno. Tel.: 541142887, fax: 541142876, e-mail: houfek@fme.vutbr.cz.

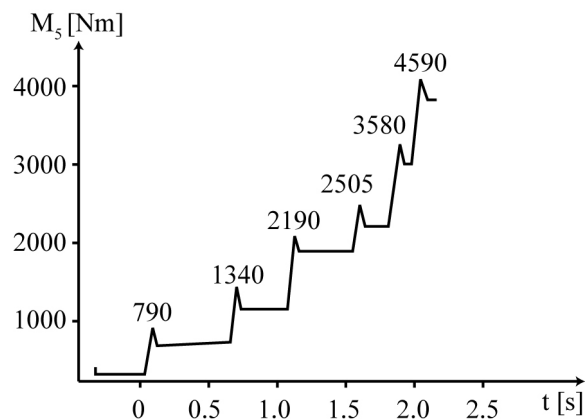
Ing. Martin Houfek, Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2896/2, 616 69 Brno. Tel.: 541142887, fax: 541142876, e-mail: martin.houfek@volny.cz.

(otáčkovou) smyčku. Motory jsou spojeny spojkami typu *BIBI*, které by měly eliminovat případně odchylky úhlových rychlostí jednotlivých motorů a ve vazbách s technologickou částí, modelovanou redukovaným momentem setrvačnosti J_5 , je nutné počítat s vůlemi, které mohou vzniknout při přechodových stavech.

Zatěžovací proces reprezentuje technologický moment $M_5(t)$, který kaskádovitě narůstá v nepravidelných časových intervalech – viz obr.1b. Každý přechod je přitom doprovázen lokálním špičkovým jednotkovým momentovým skokem.



Obr. 1a: Schéma soustavy



Obr. 1b: Průběh technologického momentu

3. Matematický model pohonové soustavy

Mechanickou část pohonové soustavy můžeme popsat klasickou maticovou pohybovou rovnicí:

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{q}}(t) + \mathbf{B}\dot{\mathbf{q}}(t) + \mathbf{K}\mathbf{q}(t) + \mathbf{h}(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}, t) = \mathbf{f}_T(t) + \mathbf{f}_E(\mathbf{u}, \dot{\mathbf{u}}, t) \quad (1)$$

kde \mathbf{M} , \mathbf{B} a \mathbf{K} jsou matice hmotnosti (resp. momentů setrvačnosti), torzních tlumení a tuhostí, \mathbf{f}_T je vektor technologických zatížení, \mathbf{q} je vektor odezev a \mathbf{f}_E je vektor zatížení od elektrického subsystému. Nelinearity jsou soustředěny ve sloupcové matici $\mathbf{h}(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}, t)$. Prvky vektoru \mathbf{u} a $\dot{\mathbf{u}}$ mohou být získány řešením elektrické subsoustavy, reprezentované soustavou diferenciálních rovnic I. řádu.

4. Závěr

V příspěvku je ukázáno na možnost využití simulačních výpočtů při výběru parametrů a způsobů regulace složitých pohonových soustav s více motory. Jde o složitou elektromechanickou řízenou soustavu, která je z hlediska provozní spolehlivosti extrémně závislá na vhodné regulaci a řízení. Výběr parametrů při simulačních experimentech může dát konstruktérovi podklady pro možné úpravy již ve stadiu projekce pohonové soustavy a může tak významně urychlit celý návrhový proces. Dále se mohou relativně snadno vyzkoušet i „havarijní“ situace a situace s nepravděpodobnými poruchami a lze tak získat podklady i pro předpovědi provozních spolehlivostí.

5. Poděkování

Práce vynikla jako součást řešené problematiky Výzkumného záměru MŠMT ČR č. MSM0021630518 – Simulační modelování mechatronických soustav.

NUMERICAL ANALYSIS OF INTERACTION OF A MOVING BODY AND STREAMING MEDIUM WITH HIGH RE NUMBER

R. Král, S. Pospíšil, J. Náprstek ¹

Summary: *The paper presents an ability of finite element method (MKP) in the fluid dynamics, particularly in a civil engineering. It compiles examples of air flow around a structure, fluid-structure interaction, drag and lift calculations or problems of aeroelastic stability. The solution is based on the Navier-Stokes equations (NSE) of incompressible fluid. The equations are solved in FEMLAB software which allows to formulate a weak form of differential equations. Because of this possibility we can define a stabilized technique of NSE for solutions of problems with high Reynolds number.*

1. Úvod

Přibližně od padesátých let minulého století se MKP stala jednou z nejvýznamnějších numerických metod k řešení okrajových úloh kontinua. Dnes, v době rozvoje výpočetní techniky, patří mezi její hlavní přednosti především široká možnost využití, relativně snadno definovatelný univerzální výpočetní algoritmus a v neposlední řadě krátký výpočtový čas. Většina současných výpočetních programů je založena na standardní Galerkinově formulaci MKP. Tato formulace se úspěšně osvědčila při řešení problémů teorie pružnosti, vedení tepla apod. V sedmdesátých letech 20. stol. bylo snahou aplikovat Galerkinovo vyjádření k řešení dynamiky tekutin, jež se později ukázalo jako méně vhodné v důsledku numerické nestability řešení.

2. Popis numerického modelu interakce

Numerická nestabilita Navier-Stokesovy rovnice v Galerkinově formulaci je způsobena dominancí nelineárního konvektivního členu rovnice. Uzlová oscilace, jako projev nestability zobecněného řešení NSE stanoveného dle Galerkina, s velikostí konvektivního členu neúměrně narůstá. Ukazatelem míry nestability řešení můžeme použít Reynoldsovo číslo (Re), jež vyjadřuje poměr mezi velikostí prvků sítě, hustotou média, lokální rychlosti a dynamickou viskozitou tekutiny. Vzhledem k velkému měřítku simulovaných modelů a relativně velké rychlosti proudění kapaliny dosahuje Re ve stavební aerodynamice vysokých hodnot a řešení Navier-Stokesovy rovnice pomocí Galerkinovy metody je nevhodné. Stabilizaci řešení NSE můžeme však docílit vhodnou kombinací Galerkinovy metody a metody nejmenších čtverců (GLS). Do

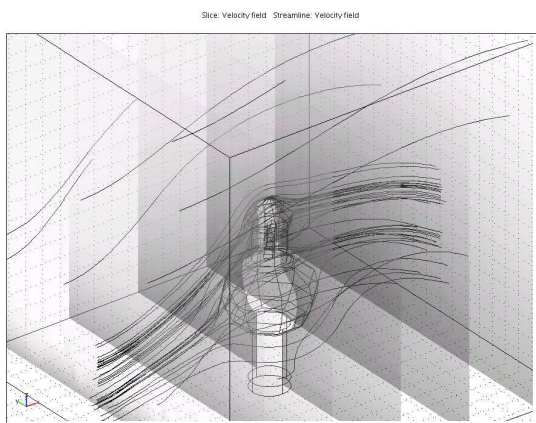
¹ Ing. Radomil Král, Ing. Stanislav Pospíšil, PhD., Ing. Jiří Náprstek, DrSc., Institute of Theoretical and Applied Mechanics, Prosecká 76, 190 00 Prague 9, e-mail: kral@itam.cas.cz

původní soustavy diferenciálních rovnic vložíme nové členy, které obdržíme ze základní podmínky variační metody nejmenších čtverců. Tyto členy jsou dále přenásobeny stabilizačním koeficientem τ , jenž určuje podíl nových členů na zobecněném řešení problému.

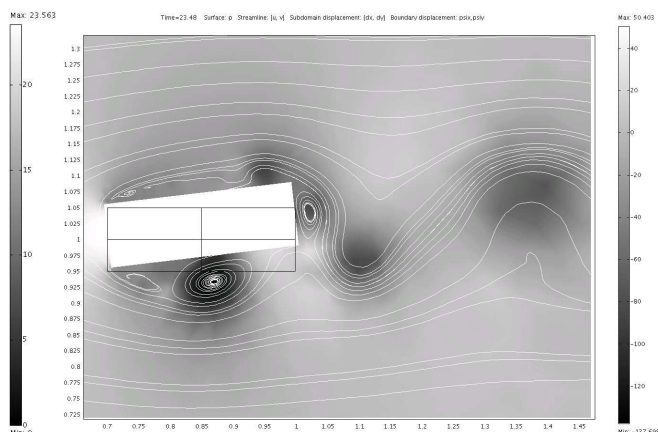
Vzhledem k nestacionárním okrajovým podmínkám při interkaci je při této metodě definován algoritmus transformace mezi Eulerovými a Lagrangeovými souřadnicemi pomocí tzv. Lagrangeova-Eulerově metodě (ALE). Původní soustava diferenciálních rovnic se rozšíří o určitý počet rovnic, čímž také vzroste počet stupňů volnosti soustavy. Výhoda tohoto postupu spočívá v tom, že není nutno vytvářet novou síť prvků při deformaci či posunu tělesa. Okrajové podmínky diferenciálních rovnic jsou splněny pomocí Lagrangeových multiplikátorů, které lze dále využít ke stanovení účinku tekutiny na těleso.

3. Příklady

Obr. 1 a 2 ukazují praktické využití uvedené metody. V případě obtékání kostelní věže, Obr. 1, s cílem zjistit místa s vysokým tlakem nebo sáním na krytině, byla metoda využita v 3D. Obr. 2 prezentuje chování tělesa s neaerodynamickým profilem ve větru se záměrem stanovit kritickou rychlost vzduchu, při které dojde ke ztrátě tzv. aeroelastické stability. Jedná se o případ vzájemné interakce tělesa a kapliny, u kterého zavádíme systém ALE rovnic k popisu deformace sítě prvků.



Obr. 1. 3-D modelace proudění vzduchu kolem barokní věže v reálném měřítku



Obr. 2. Stanovení kritické rychlosti větru - flutter; oblast tlakového pole s proudnicemi

4. Závěr

V článku je popsána metoda numerického řešení modelu interakce stavebního objektu a tekutiny. Původně nestabilní chování řešení NSE bylo odstraněno zavedením kombinace Galerkinovy metody a metody nejmenších čtverců. Byl ukázán způsob řešení problému s nestacionárními okrajovými podmínkami. K výpočtu bylo využito programu FEMLAB. Spolehlivost metody byla ověřena na konkrétních problémech stavebního inženýrství, které byly porovnány s experimentem.

MOBILE ROBOT PATH PLANNING BY MEANS OF CASE-BASED REASONING AND RAPIDLY-EXPLORING RANDOM TREES

P. Krček^{*}, J. Dvořák^{*}

Summary: *The aim of the robot path planning is searching for a path from a robot start configuration to a goal configuration without collisions with known obstacles minimizing weight of the path. We consider a nonholonomic robot moving in a two-dimensional continuous space with known polygonal obstacles. When planning a path by Case-Based Reasoning (CBR), the most similar cases (already used paths or their parts) are searched for to be subsequently adapted to the new problem. Rapidly-exploring Random Trees (RRT) are used to find the missing parts of the constructed paths or new paths if similar cases are not found or adapted solutions are not good enough.*

1. Úvod

Úkolem plánování cesty robotu je nalezení cesty z počáteční do cílové pozice bez kolize se známými překážkami tak, aby ohodnocení cesty bylo minimální. Ohodnocení cesty je určeno hlavně délkou cesty a může zahrnovat i další aspekty, jako např. obtížnost a riziko cesty. Prostředí robotu se uvažuje buď jako spojité, nebo se nějakým způsobem diskretizuje (např. pomocí mřížky). Jestliže jsou na pohyb robotu kladena nějaká dodatečná omezení (vyjma těch která jsou spojena se způsobem modelování prostředí), pak je robot charakterizován přívlástkem *neholonomický (nonholonomic)*. V tomto článku je zkoumáno plánování cesty autonomního neholonomického mobilního robotu ve dvourozměrném spojitém prostoru.

2. Případové usuzování a pravděpodobnostní stromy

Případové usuzování (*case-based reasoning*, Aamodt & Plaza 1994) řeší nový problém adaptací známých řešení podobných problémů, které byly již řešeny v minulosti. Zdá se, že případové usuzování je pro navigaci robotu vhodnou metodou, neboť v řadě aplikací robot často opakovaně řeší podobné úkoly.

Případové usuzování pro plánování cest robotu se neobejde bez některé další metody hledání cest. Použití jiné metody je nezbytné v situacích, kdy systém případového usuzování začíná pracovat s prázdnou bází případů, nebo když získané řešení není dost dobré a musí být přepracováno. V tomto článku je uvažována kombinace případového usuzování s algoritmy rychle mapujících náhodných stromů (*rapidly-exploring random trees*, LaValle & Kuffner 2001), které patří k úspěšným metodám plánování cesty neholonomických robotů ve spojitém prostředí. Algoritmus RRT spočívá v postupné konstrukci hran prohledávacího stromu ve

^{*} Ing. Petr Krček, RNDr. Jiří Dvořák, CSc.: Ústav automatizace a informatiky, Fakulta strojního inženýrství VUT v Brně; Technická 2896/2; 616 69 Brno; tel.: +420.541 142 435; e-mail: ykrcek00@stud.fme.vutbr.cz

směru náhodně generovaných bodů. Tento algoritmus bylo nutné pro efektivní spojení s metodou CBR modifikovat pro vyhledávání do více cílů.

Báze případů je organizována jako *případový graf* (Haigh & Shewchuk 1994), přičemž každý případ je reprezentován dvojicí opačně orientovaných hran. Při ukládání úspěšně absolvované cesty robotu do báze případů se jako samostatný případ ukládá každá triviální hrana cesty nalezená algoritmem RRT. K uložení jednotlivých hran ovšem může dojít pouze tehdy, pokud se v bázi případů ještě nevyskytují podobné případy. Uzly případového grafu odpovídají konfiguracím robotu ohraničujícím jednotlivé triviální hrany a jsou ohodnoceny souřadnicemi středu robotu. Pokud hrana v případovém grafu protíná jinou hranu, potom se snažíme propojit tyto hrany (pokud je to možné) doplněním dalších uzlů a triviálních hran.

Kombinovaný algoritmus CBR a RRT se pokouší spojit jak počáteční, tak i cílovou konfiguraci robotu s nejbližšími uzly případového grafu (k tomu se používá algoritmus RRT s malým počtem iterací). V takto vzniklém grafu se pak hledá optimální cesta pomocí upraveného Dijkstrova algoritmu. Tato úprava zohledňuje to, že v důsledku kinematických omezení robotu možnost pokračování z aktuálního uzlu závisí na hraně, po které se robot do tohoto uzlu dostal. V případě neúspěchu kombinovaného algoritmu se cesta z počáteční do cílové konfigurace robotu hledá pomocí algoritmu RRT s vyšším počtem iterací.

3. Závěr

Navrhujeme zde metodu kombinující případové usuzování s hledáním cesty pomocí náhodných stromů. Dosud provedené experimenty naznačují, že použití případového grafu může přinést významnou úsporu ve srovnání se samotným algoritmem RRT. Tento poznatek bude ovšem třeba ověřit rozsáhlejšími experimenty, při nichž bude případový graf postupně vytvářen a bude také zkoumán vliv velikosti tohoto grafu na rychlost hledání cest.

V dalším výzkumu budeme rovněž studovat možnosti adaptace nalezených cest jejich vyrovnáváním a problematiku související s uchováváním případů a udržováním báze případů. Bude také zkoumána možnost počátečního naplnění báze případů podmnožinou nějakého stromu nalezeného algoritmem RRT.

4. Poděkování

Tento článek byl zpracován v rámci vědecko-výzkumného záměru MSM 0021630518 "Simulační modelování mechatronických soustav".

5. Literatura

- Aamodt, A. & Plaza, E. (1994) Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches. *AI Communications*, No. 5, vol. 7, pp. 39-59.
- Haigh, K. & Shewchuk, J. (1994) Geometric Similarity Metrics for Case-Based Reasoning, in: *Case-Based Reasoning: Working Notes from the AAAI-94 Workshop*, Seattle, WA, August, AAAI Press, pp. 182-187.
- LaValle, S. M. & Kuffner, J. J. (2001) Rapidly-Exploring Random Trees: Progress and Prospects. In Donald, B. R., Lynch, K. M. & Rus, D. editors, *Algorithmic and Computational Robotics: New Directions*, A K Peters, Wellesley, MA, pp. 293-308.

CONTACT SENSOR FOR ROBOTIC APPLICATIONS - - VERIFICATION OF FUNCTIONALITY

P. Krejčí, R. Vlach, R. Grepl*

Summary: *The information about interaction between robotic parts and surroundings is necessary for intelligent control of robot behavior. The simplest example of such interaction is mechanical contact between working part of robot and surroundings. Than the knowledge of contact characteristic is important for robot control. This mechanical contact could be described by vector of contact force which includes information about force magnitude as well as information about orientation and contact point. The information about contact force vector will allow to predict the geometry of subject which is in the contact with robots parts and modify robots behavior. This kind of sensor can be used for control of robotic hand gripping force as well as for detection of collision between robot and surrounding. This paper deals with design of contact sensor for robotic application and verification of its functionality which was proof by numerical and also by experimental verification.*

1. Úvod

Tento článek se zabývá konstrukcí a ověřením funkčnosti snímače vektoru síly, který je vyvíjen pro aplikace v oblasti robotiky, kde znalost vektoru kontaktní síly umožní zlepšení činností robota. Uvedená práce navazuje na předchozí publikace zaměřené na toto téma.

2. Princip činnosti senzoru

Princip činnosti daného senzoru je založen na měření přetvoření aktivní části snímače pomocí tří tenzometrů a následná identifikace velikosti a vektoru zátěžné síly pomocí neuronové sítě. Pro správnou činnost neuronové sítě je zapotřebí dostatečné množství tréninkových vzorů, které vypočteným přetvořením v předpokládaných místech nalepení tenzometrů přiřazují příslušné vektory síly. K vytvoření tréninkové množiny je použit MKP model snímače, simulující reálné podmínky zatížení a geometrii použitého snímače. K vytvoření dostatečně velké tréninkové množiny je zapotřebí provést velké množství výpočtových simulací s odlišnou velikostí zátěžné síly a pozicí působíště síly na „hlavě“ senzoru.

3. Neuronová síť

Vstupní vektor použité neuronové sítě zahrnuje deformace těla senzoru v místech předpokládaného nalepení tenzometrů. Výstupní vektor obsahuje informace o kontaktní síle a pozici kontaktní síly na hlavě senzoru.

* Ing. Petr Krejčí, PhD., Ing. Vlach Radek, PhD., Ing. Robert Grepl, PhD. Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky. Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2896/2, 616 69 Brno. Tel.: +420 54114 2888, fax: +420 54114 2876, e-mail: krejci.p@fme.vutbr.cz

4. Verifikace funkčnosti neuronové sítě

Kontaktní síla o velikosti 20N byla použita pro ověření funkce neuronové sítě. Pozice této kontaktní síly byla odlišná od pozic zátěžných sil, které byly použity pro trénink neuronové sítě. Výsledky simulace informací o výstupním vektoru pomocí neuronové sítě jsou v tab.1.

Tab. 1 Výsledky verifikace funkčnosti neuronové sítě

	Souřadnice kontaktní síly		Shoda [%]
	Simulované pomocí MKP	Simulované pomocí NN	
x [mm]	6.10	6.03	98.85
y [mm]	-3.31	-3.29	99.39
z [mm]	15.95	15.97	99.87

5. Výroba prototypu senzoru a návrh elektronické řídicí jednotky

Prototyp senzoru byl vyroben se slitiny hliníku. Uvedený senzor byl opáren tenzometry firmy HBM a je uveden na obr.1.



Obr. 1: Vyrobené prototypy senzoru kontaktní síly

Dále byla v rámci projektu navržena a odzkoušena vývojová elektronická deska umožňující práci s procesory ATMEL AVR. Tato deska je využívána pro implementaci obslužných procedur při zpracovávání a vyhodnocování naměřených přetvořeních pomocí vytvořeného snímače. Tato deska je využívána pro implementaci neuronové sítě, která na základě přetvoření naměřených tenzometry určuje vektor kontaktní síly.

6. Závěr

V rámci tohoto projektu byl odzkoušen princip navrženého senzoru na vyrobeném prototypu. Experiment potvrdil funkčnost dané konstrukce a ukázal další směry výzkumu zejména v oblasti zvyšování citlivosti snímače v osovém směru.

7. Poděkování

Publikovaných výsledků bylo dosaženo za podpory ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky, výzkumný záměr MSM 0021630518 "Simulační modelování mechatronických soustav".

8. Literatura

Schwarzinger Ch., Supper L. & Winsauer H. (1992) Strain gauges as sensors for controlling the manipulative robot hand OEDIPUS: *RAM vol. 8*, pp.17-22.

Krejčí, P. (2005) Contact Sensor for Robotic Applications, *Engineering Mechanics, vol. 12, č. A1*, str. 257-261, 2005, ISSN: 1210-2717

Zezula, P. Grepl, R. (2005) Optimization and Design of Experimental Bipedal Robot, *Engineering Mechanics, vol. 12, č. A1*, str. 293-300, rok: 2005, ISSN: 1210-2717

ANALYSIS OF FOUNDATION SLAB OF ADMINISTRATION BUILDING PRAHA TĚŠNOV: HEAT AND MOISTURE TRANSFER

T. Krejčí, T. Koudelka*

Summary: *In this paper, we present computer simulation results of a concrete slab behavior in an early stage. The foundation slab is situated in the basement of the administration building Těšnov. The Künzels and Kiessls model was used to analyze heat and moisture fields and was extended by a set of climatic conditions and by a model of hydration heat evolution in concrete.*

1. Úvod

Transportní problémy se obecně řeší jako sdružené nelineární úlohy, které vyžadují simultánní numerickou integraci tří skupin rovnic. První skupinu transportních rovnic tvoří Fickův, Darcyho a Fourierův zákon, druhou bilanční rovnice, třetí rovnice materiálové (retenční vztahy). Diskretizací transportního problému pomocí metody konečných prvků dostáváme systém nelineárních a nesymetrických rovnic. Lze ukázat, že je vhodné rozšířit numerické řešení soustavy rovnic o Newtonovu – Raphsonovu metodu pro nelineární soustavu rovnic. Zejména pokud mají materiálové vlastnosti silně nelineární závislost. Tento fakt výrazně zvyšuje nároky nejen na počítačové zpracování, ale i na hardware počítače (rychlost procesoru, velikost paměti). Mění se způsob ukládání matic v systému algebraických rovnic, mění se způsob jejich řešení a narůstá doba výpočtu. Jako velmi výhodné řešení se ukazuje použití paralelního programování [Kruis, 2005].

2. Analýza základové desky

Numerické řešení přenosu tepla a vlhkosti bylo využito v počítačové simulaci chování základové desky administrativní budovy Praha Těšnov v počátečním stadiu (prvních čtrnáct dnů). Základová deska má tloušťku 1 m a je v příčném i podélném směru vyztužena. Byla vybetonována ve třech vrstvách. Po vybetonování byla deska tři dny kropena a po dobu pěti dnů přikryta PE folií. Počítačová simulace začíná v době jeden den od ukončení betonáže, kdy se předpokládá ukončený proces tuhnutí betonu a působení desky jako železobetonové konstrukce.

K analýze teplotního a vlhkostního pole v aplikaci na základovou desku byl použit model autorů Künzela a Kiessla rozšířený o soubor klimatických podmínek a model vývinu hydratačního tepla v betonu.

* Ing. Tomáš Krejčí, Ph.D., Ing. Tomáš Koudelka: Fakulta stavební Českého vysokého učení technického v Praze; Thákurova 7; 166 29 Praha 6; tel.: +420.224 354 309, fax: +420.224 310 775; e-mail: krejci@cml.fsv.cvut.cz

Z rozboru výsledků a z následné mechanické analýzy byly zjištěny následující skutečnosti: 1) Nahromaděné hydratační teplo „odejde“ zhruba po sedmi dnech a s ním doznívá i fáze autogenního smršťování. 2) Během procesu vysychání pokles vlhkosti a teploty ovlivňuje nejdříve vrstvy u povrchu. Jádru desky je ovlivněno mnohem později. Smršťování betonu zapříčiňuje vznik tahových napětí ve vrstvě u horního povrchu a následně vznik mikrotrhlin. Vliv vysychání na vývoji napětí je značný. Je velmi pravděpodobné, že rozestřené trhlinky v oblasti tahových napětí mohou způsobit vznik hlavní trhliny.

3. Závěr

Uvedená studie ukazuje, že modelování přetvárných procesů jak v mladém betonu, tak v dlouhodobém průběhu vysychání vyžaduje volbu fyzikálně správného modelu k popisu transportních procesů ve zrajícím betonu. Volbu reálných materiálových parametrů jak pro transport tepla a vlhkosti (včetně konkrétní reprezentace vývoje hydratačního tepla a hydratace samotné), tak pro porušování mladého betonu (správná hodnota lomové houževnatosti) a stanovení odpovídajících počátečních a okrajových podmínek (klimatické podmínky).

4. Poděkování

Tento výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT ČR - projekt 1M6840770001 a výzkumného centra CIDEAS.

5. Literatura

- Bazant, Z. P., Thonguthai, W. (1979): Pore pressure in heated concrete walls: theoretical prediction. Magazine of Concrete Research, 31(107), 67-76, 1979
- Lewis, R. W., Schrefler, B. A. (1998): The finite element method in static and dynamic deformation and consolidation of porous media. John Wiley & Sons, Chichester-Toronto (492), 1998
- Künzel, H. M., Kiessl, K. (1997): Calculation of heat and moisture transfer in exposed building components. Int. J. Heat Mass Transfer, 40, 159-167, 1997
- Bazant, Z. P., Křístek, V., Vítek, J. (1992): Drying and Cracking Effects in Box – Girder Bridge Segment. Journal of Structural Engineering **1(118)**
- Šejnoha, J. et al. (2001): Structure – subsoil interaction in view of transport processes in porous media. CTU Reports, **1**, Vol. 5(81 pp.)
- Krejčí, T. (2003): Time – dependent behavior of concrete and other porous materials, ČVUT, Praha, disertační práce
- Kruis, J. (2005): Domain decomposition Methods for Distributed Computing. Saxe-Coburg Publications, Stirling, Scotland, UK, 2005.

IMPROVING RAPIDLY EXPLORING RANDOM TREES METHOD USING TWO TREES

J. Krejsa^{*}, S. Věchet⁺

Summary: *The paper is focused on increasing the speed of rapidly exploring random trees method, used for path planning tasks. Original method uses single tree running from the initial node while modified version adds another tree running from the goal node and nodes of both trees are occasionally connected to form the obstacle free path from initial to goal node. Description of the modification together with comparison of both versions is included. Modified version significantly reduces the search time; however certain drawbacks occur.*

1. Introduction

Rapidly exploring random trees (RRT) method is a suitable method for solving the path planning problem (Krejsa & Věchet, 2005). The method uses randomized data structure sequentially expanded by creating new nodes of a tree structure in the direction of randomly selected points. RRT starts with initial state x_{init} searching for the goal state x_{goal} with all nodes and vertices of RRT in obstacle free space. Sequential tree expansion first generates the random state x_{rand} and finds the closest node $x_{closest}$ in existing structure and new node is generated in Δx distance from $x_{closest}$ in the direction to x_{rand} . If node meets all restrictions it is added to RRT structure and the process continues until obstacle free path is found.

2. Modified algorithm

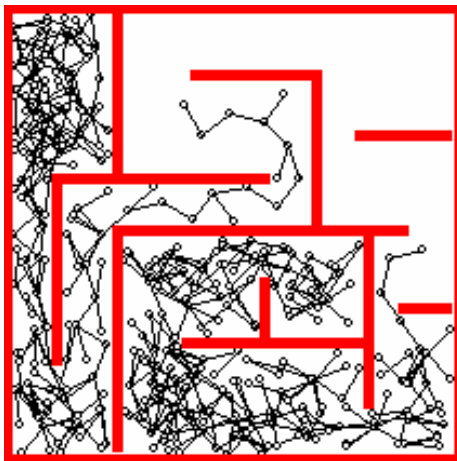
Modified algorithm uses the same expansion procedure, but it incorporate two trees RRT_{init} and RRT_{goal} – first starting from the initial state x_{init} , second starting from the goal state x_{goal} . Trees expansion is sequential, supplemented with the routine connecting the nodes of both trees in order to find the obstacle free connection between the trees. The *Connect* procedure sequentially tries to connect the nodes of RRT_{init} with nodes of RRT_{goal} while keeping the connecting line obstacle free and meeting all other defined restrictions. The procedure is called every n -th run of the expansion procedures, where n corresponds to CONNECT_INTERVAL variable. The simplest version of *Connect* runs all the combinations of nodes in both trees and checks whether the possible connection is obstacle free.

^{*} Ing. Jiří Krejsa, PhD. Institute of Thermomechanics – Brno branch, Czech Academy of Sciences, Technická 2, 616 69, Brno, Czech Republic, tel: +420 541142885, email: jkrejsa@umt.fme.vutbr.cz

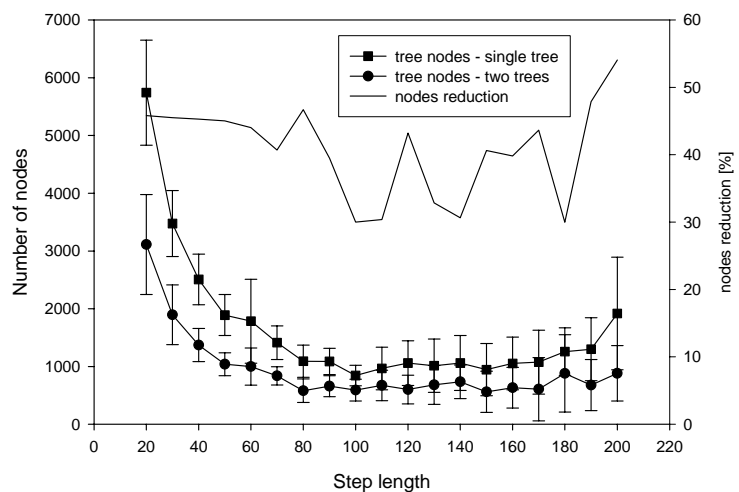
⁺ Ing. Stanislav Věchet, PhD. Institute of Automation and Computer Science, Brno University of Technology, Technická 2, 616 69, Brno, Czech Republic

3. Algorithm comparison

Both versions were compared on the mobile robot path planning tasks using simple and complex maps of size 500 x 500. The dependency graphs including the number of nodes in the tree (or both trees for the modified version) and number of nodes in the resulting path were generated for both types of the map. As tree generation is the random process the experiment was repeated twenty times for each case and mean values and standard deviations are included. From the graphs one can see there is a significant reduction of number of tree nodes. For the simple map the reduction is oscillating in the range of 25 – 40 %, in the complex map case in the range of 30 - 50 %. Regarding the number of nodes in the resulting paths, there is significant reduction in the simple map case (20-30 %), caused by the shape of the map. For the complex map there is no significant change in number of path nodes, as expected. Development of the trees during the search and comparison of number of nodes in the tree in complex map for both variants of the algorithm are shown in figure below.



Example of trees development



Total number of nodes in the trees – complex map

4. Conclusions

The modified version of RRT algorithm brings substantial reduction of number of nodes in the resulting tree structure thus reducing the search time, when extended memory requirements are permitted. Depending on particular application such search time reduction can bring substantial improvement of whole application, however, the limits of the method, connected to the nonholonomic constraints must be taken into account prior to the application.

5. Acknowledgement

This work was supported by Czech Ministry of Education under project MSM 0021630518.

6. References

- LaValle S.M. (1998) Rapidly-exploring random trees: A new tool for path planning, *technical report*, Computer Science Dept., Iowa State University
- Krejsa J., Věchet S. (2005) Rapidly Exploring Random Trees Used for Mobile Robots Path Planning. *Engineering Mechanics* 12 (4) pp. 231-238

PARALLELIZATION OF FUZZY PROBLEMS

J. Kruis, P. Štemberk ¹

Summary: *The theory of fuzzy sets becomes still more popular in engineering problems where introduction of uncertainty is necessary or desirable. The theory of probability, which was exclusively used until recently, is sometimes awkward and there are difficulties in cases with lack of sufficient information which is needed for proper definition of probability distribution. In such cases, the theory of fuzzy sets is useful tool which describes uncertainty in input data by fuzzy numbers. A problem with fuzzy input data leads to fuzzy output data and whole computation should be rearranged with respect to fuzzy numbers. A popular and efficient method for solution of fuzzy problems is the method of α -cuts which may be very computationally demanding. Simple parallelization of a computer code leads to ideal speedup and enables solution of relatively large problems.*

1. Úvod

Podrobnější analýzy konstrukcí vyžadují nejen kvalitní materiálové modely a věrný popis geometrie a zatížení, ale i zavedení nejistot. Různé materiálové parametry, rozměry konstrukce či dílu, velikost a působíště zatížení a okrajové podmínky jsou příklady, kde se všude vyskytují nejistoty.

Až donedávna byly nejistoty popisovány pouze pomocí teorie pravděpodobnosti a matematické statistiky. Některé vstupní parametry byly modelovány jako náhodné veličiny a hledala se rozdělení požadovaných výstupních veličin. Tento postup vede na několik potíží. Předně je třeba určit rozdělení pravděpodobnosti vstupních veličin včetně parametrů jednotlivých rozdělení. Ne vždy je k dispozici dostatek podkladů a určení rozdělení pravděpodobnosti pouze z několika dostupných informací může být problematické.

Druhá potíž souvisí s rozdělením pravděpodobnosti výstupních parametrů. Rozdělení pravděpodobnosti výsledku algebraické operace mezi dvěma náhodnými veličinami se známými rozděleními pravděpodobnosti je známo jen ve velmi málo speciálních a triviálních případech. Proto je téměř vždy třeba použít vhodnou simulační metodu. Obecně lze tvrdit, že simulační metody jsou výpočetně náročné.

¹ Ing. Jaroslav Kruis, Ph.D., Katedra mechaniky, Stavební fakulta ČVUT, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel. +420 224 354 369, e-mail jk@cml.fsv.cvut.cz, Ing. Petr Štemberk, Ph.D., Katedra betonových a zděných konstrukcí, Stavební fakulta ČVUT, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel. +420 224 354 364, e-mail stemberk@fsv.cvut.cz

Poslední dobou se začíná při popisu nejistot používat alternativa k teorii pravděpodobnosti a matematické statistice, teorie fuzzy množin [Akpan 2001]. Tato teorie byla poprvé uvedena v [Zadeh 1965]. Rozdíl od klasické teorie množin spočívá v zobecnění vlastnosti “patřit do množiny”. Klasická teorie množin rozeznává pro každý prvek a každou množinu pouze dvě možnosti. Prvek buď do množiny patří nebo nepatří. Teorie fuzzy množin zavádí tzv. funkci příslušnosti, která nabývá hodnot od 0 do 1. Pokud je funkce příslušnosti rovna nule, prvek určitě do množiny nepatří. Pokud je funkce příslušnosti rovna jedné, prvek určitě do množiny patří. Pro mezilehlé hodnoty prvek do množiny spíše nepatří, spíše patří, apod. Funkce příslušnosti umožňuje snadno popsat nejistoty.

Teorie fuzzy množin vede podobně jako teorie pravděpodobnosti k opakovanému “deterministickému” výpočtu. Výhodou ale je, že nejistoty vstupních údajů lze snadno popsat a rovněž popis výstupních veličin je jednoduše vyjádřen formou fuzzy čísel. Popis nejistot pomocí fuzzy množin je vhodný zejména během první fáze návrhu konstrukce. Úplné ověření navržené konstrukce může být provedeno pravděpodobnostními metodami, protože bude k dispozici více informací. Pravděpodobnostní přístup a přístup teorie fuzzy množin by měly být vhodně kombinovány.

2. Paralelizace

Jeden procesor je označen za řídicí, ostatní za podřízené. Řídicí procesor zajišťuje pouze generování a rozesílání vstupních dat a shromažďování a vyhodnocování výstupních dat. Podřízené procesory přijímají vstupní data, provádějí výpočty a řídicímu procesoru posílají výstupní data. Je zřejmé, že rostoucí počet procesorů vede na prakticky ideální zrychlení výpočtu. Tento způsob paralelizace je velmi jednoduchý, ale umožňuje automaticky provádět výpočty, které by na jednom procesoru trvaly neúměrně dlouho.

3. Závěr

Popsaná strategie je součástí projektu zabývajícího se využitím teorie fuzzy množin při popisu nejistot v inženýrských úlohách. V příspěvku je popsána fuzzyfikace materiálových parametrů a paralelizace programu vedoucí k podstatnému zkrácení výpočetního času. Dalším krokem bude fuzzifikace zatížení, protože nejistoty v zatížení mohou být významnější než nejistoty v materiálových vlastnostech.

4. Poděkování

Tato práce je podporována projektem Grantové agentury ČR číslo 103/04/1320.

5. References

- [Akpan 2001] Akpan, U.O., Koko, T.S., Orisamolu, I.R., & Gallant, B.K. 2001: Practical fuzzy finite element analysis of structures. *Finite Elements in analysis and Design* vol. 38, 93-111
- [Zadeh 1965] Zadeh, L.A. 1965: Fuzzy sets. *Information Control* vol. 8 (3), 338-352

APPLICATION OF THE LOGARITHMIC STRAIN IN ACOUSTOELASTICITY

A. Kruisová, J. Plešek¹

Summary: *Expressions for velocities of elastic waves in pre-stressed solids are derived using the third order strain energy function and the Hencky's logarithmic strain tensor as the measure of deformation.*

1. Introduction

Acoustoelasticity describes how the velocity of the small amplitude sound waves propagating through an pre-stressed elastic medium is stress dependent. This phenomenon is a basis for non-destructive method to determine residual and active stresses in material and structure.

Hughes and Kelly [Hughes and Kelly 1953] introduced the theory and measured the effect of uniaxial stress on the velocity of sound waves in isotropic elastic material and have shown how the values of the three third-order elastic constants of an isotropic material can be determined. Later on, Thurston and Brugger [Thurston and Brugger 1964] extended the theory to the case of anisotropic material with arbitrary symmetry and Toupin and Bernstein [Toupin and Bernstein 1961] developed the theory further. However, all of them based their theories on the Green-Lagrange strain tensor and Murnaghan's strain energy function [Murnaghan 1951]. This strain energy function is polynomial of the third order. For isotropic material besides the ordinary Lamé constants λ and μ three third order elastic constants called Murnaghan's material parameters l , m and n must be used.

The frequently used Green-Lagrange strain tensor is easy and straightforward in its definition and application, but for the linear constitutive relations gives non-realistic material response, see e.g. [Batra 1998]. In acoustoelasticity, this property leads to the high sensitivity of the material parameters to the small errors in velocities measurements. Then, the sign of Murnaghan's parameter l changes for annealed and non-annealed aluminium alloy, [Kobayashi 1998]. Of course, all strain tensors are equal, but if the strain energy function is chosen as polynomial of the third order, the different strain tensors give different material response and the choice of the strain tensor is essential, see [Hoger 1999]. The material model based on the Hencky's logarithmic strain tensor was introduced and the wave velocities were analysed.

¹ Ing. Alena Kruisová, Ph.D., Ing. Jiří Plešek, CSc., Institute of of Thermomechanics, Dolejškova 5; 182 00 Praha 8; tel. +420 266 053 792; fax: +420 285 584 695; email: alena@it.cas.cz

2. Results

- hydrostatic pressure

$$\rho_0(c_{0L})^2 = \Lambda + 2\mu - \frac{p}{3\Lambda + 2\mu} (-5\Lambda - 6\mu + 6l + 4m)$$

$$\rho_0(c_{0S})^2 = \mu - \frac{p}{3\Lambda + 2\mu} \left(-2\mu + 3m - \frac{n}{2} \right)$$

- prestressed in longitudinal direction

$$\rho_0(c_{0L})^2 = \Lambda + 2\mu + \left[6\Lambda + 6\mu + 4m + 2l + (3\Lambda + 4\mu + 4m) \frac{\Lambda}{\mu} \right] \frac{t}{3\Lambda + 2\mu}$$

$$\rho_0(c_{0S})^2 = \mu + \left[-\frac{\Lambda}{2} - \mu + m + \frac{n\Lambda}{4\mu} \right] \frac{t}{3\Lambda + 2\mu}$$

- prestressed in transverse direction

$$\rho_0(c_{0L})^2 = \Lambda + 2\mu + \left[2\Lambda + 4l + (\Lambda + 2l - 2m) \frac{\Lambda}{\mu} \right] \frac{t}{3\Lambda + 2\mu}$$

$$\rho_0(c_{0S1})^2 = \mu + \left[\Lambda + m - \frac{n}{2} - \frac{n\Lambda}{2\mu} \right] \frac{t}{3\Lambda + 2\mu}$$

$$\rho_0(c_{0S2})^2 = \mu + \left[-\frac{\Lambda}{2} - \mu + m - \frac{n\Lambda}{4\mu} \right] \frac{t}{3\Lambda + 2\mu}$$

This work was supported by the Grant Agency CR under post-doc project No. 106/03/D038.

3. References

- [Batra 1998] Batra, R. C. 1998: Linear Constitutive Relations in Isotropic Finite Elasticity. *Journal of Elasticity* Vol. 51, 243–245.
- [Hoger 1999] Hoger, A. 1999: A second order constitutive theory for hyperelastic materials. *International Journal of Solids and Structures* Vol. 36, 847–868.
- [Hughes and Kelly 1953] Hughes, D. S. & Kelly, J. L. 1953: Second-Order Elastic Deformation of Solids. *Physical Review* Vol. 92, 1145–1149.
- [Kobayashi 1998] Kobayashi, M. 1998: Ultrasonic nondestructive evaluation of microstructural changes of solid materials under plastic deformation—Part I. Theory. *International Journal of Plasticity* Vol. 14, 511–522.
- [Murnaghan 1951] Murnaghan, F. D. 1951: *Finite Deformation of an Elastic Solid*, John Wiley & Sons, New York.
- [Thurston and Brugger 1964] Thurston, R. N. & Brugger, K. 1964: Third-Order Elastic Constants and the Velocity of Small Amplitude Elastic Waves in Homogeneously Stressed Media. *Physical Review* Vol. 133, A1604–A1610.
- [Toupin and Bernstein 1961] Toupin, A. & Bernstein, B. 1961: Sound waves in perfectly elastic materials. Acoustistic Effects. *The Journal of the Acoustical Society of America* Vol. 33, 216–225.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF ACOUSTICS OF A SIMPLIFIED PHYSICAL VOCAL TRACT MODEL FOR PHONATION OF VOWEL /A/ BY LF PULSE EXCITATION

J. Kryštůfek¹, T. Vampola², J. Horáček³

Summary: *The paper is focused on experiment of investigation of acoustics properties of 3D simplified model of human vocal tract for phonation of vowel /a/. The physical model was excited by LF pulse and acoustic pressure was measured in specific points. Measured values were evaluated and compared with values calculated by Finite Element Method (FEM).*

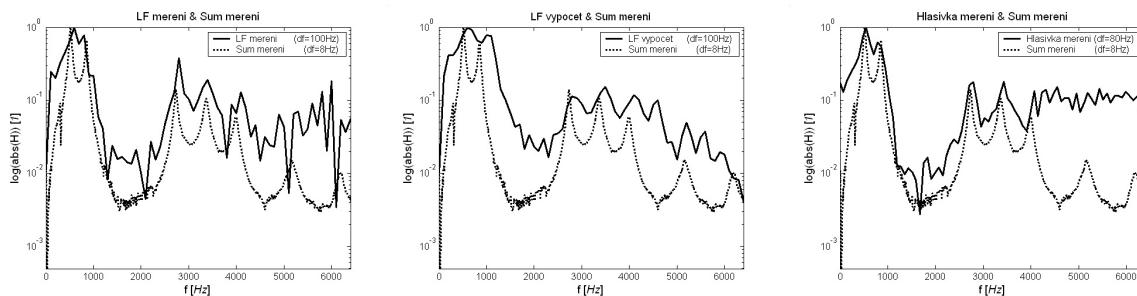
1. Úvod

Lidský hlas, jakožto akustický signál, se skládá z velkého počtu harmonických složek, které jsou násobkem základní frekvence tvořené hlasivkami. Vzájemná velikost jejich amplitud umožňuje rozeznávat jednotlivé samohlásky a má vliv na barvu hlasu. Největší vliv na kvalitu hlasu mají frekvenční složky v rozmezí 70 až 5000 Hz. Nástrojem pro tvorbu hlasu je vokální trakt, který se chová jako proměnlivý akustický filtr, jež zesiluje nebo zeslabuje, v závislosti na vyslovované hlásce, určité složky frekvenčního spektra generátoru vstupního akustického signálu, kterými jsou v případě lidského hlasu hlasivky. Cílem této práce bylo ověření chování zjednodušeného 3D modelu vokálního traktu člověka při buzení LF pulzem (Fant et al., 1985), který je analytickým modelem průběhu zrychlení objemového toku vzduchu hlasivkami. Výsledkem buzení tohoto modelu LF signálem by měl být časový průběh akustického tlaku a jeho frekvenční spektrum odpovídající hlásce /a/. Zjednodušený 3D model s eliptickými průřezy vznikl transformací původní geometrie vokálního traktu pro hlásku /a/ v podobě parametrických ploch s průřezy tvaru uzavřených hladkých spojitých křivek. Použitá transformace byla popsána v článku Kryštůfek et al. (2005), kde byly porovnány přenosy obou parametrických modelů a prokázána oprávněnost použití zjednodušeného modelu.

¹ Ing. Jan Kryštůfek, Ústav termomechaniky AV ČR, Dolejškova 5, 182 00, Praha 8, e-mail: jan.krystufek@fs.cvut.cz

² Dr. Ing. Tomáš Vampola, ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky, Karlovo náměstí 13, 121 35, Praha 2, e-mail: vampola@fsik.cvut.cz

³ Ing. Jaromír Horáček, DrSc., Ústav termomechaniky AV ČR, Dolejškova 5, 182 00, Praha 8, e-mail: jaromirh@it.cas.cz



Obrázek 1: Porovnání frekvenčních spekter výstupních akustických signálů (plně) s přenosem vokálního traktu naměřeným při jeho buzení šumem (tečkovaně): a) buzení LF pulzem - naměřeno (vlevo), b) buzení LF pulzem - vypočteno (urpostřed), c) buzení signálem skutečných hlasivek - naměřeno (vpravo).

2. Závěr

Z provedení získaných výsledků vyplývá dobrá shoda spekter naměřených hodnot výstupních akustických tlaků pro buzení LF pulzem i reálným signálem hlasivek se spektrem získaným při buzení modelu šumem. Výrazné odlišnosti ve velikosti amplitud vyšších frekvencí spekter jsou způsobeny šumem v signálu u buzení akustickým signálem skutečných hlasivek a v obou případech charakteristikou dynamického budiče. Spektrum vypočtených hodnot tlaku je mírně posunuto do vyšších frekvencí, což je nejspíše způsobeno nepatrným rozdílem geometrie výpočetního a fyzikálního modelu v oblasti úst.

Na závěr lze konstatovat, že použitý způsob buzení s časovým průběhem výchylky tvaru LF odpovídá buzení skutečné hlasivky.

3. Poděkování

Príspevek byl vypracován díky podpoře grantového projektu GA ČR 106/04/1025 "Modelování vibroakustických systémů se zaměřením na vokální trakt člověka".

4. Literatura

- Kryštůfek, J., Vampola, T., Horáček, J., & Veselý, J. 2005: *Měření a výpočet akustických vlastností zjednodušeného modelu vokálního traktu při fonaci samohlásky /a/.*, in: Interaction and Feedbacks 2005, Inst. of Thermomechanics AS CR, Prague, pp. 55–62.
- Fant, G., Liljencrants, J., & Lin, Q. 1985: *A four parameter model of vocal flow.*, in: STL-QPSR 4/1985, pp. 1–13.
- Horáček, J., Švec, J. G., Veselý, J., & Vilkman, E. 2004: *Bifurkations in excised larynges caused by vocal fold elongation.*, in: International conference of voice physiology and biomechanics, Marseille, pp. 87–90.
- Dedouch, K., Švec, J. G., Horáček, J., Kršek, P., Havlík, R., & Vokřál, J. 2003: *Akustická analýza mužského vokálního traktu.*, in: XIV. celostátní foniatrické dny Evy Sedláčkové, Audio-fon centrum s.r.o., Brno, pp. 60–63.

MODEL OF TOTAL KNEE REPLACEMENT

J. Křen¹, L. Hynčík², K. Koudela³

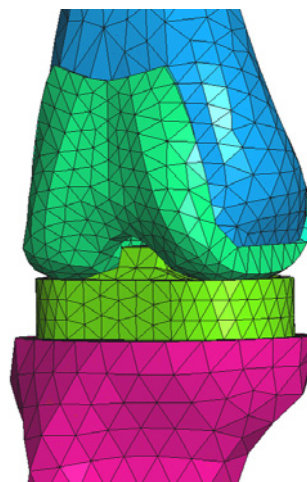
Summary: *The problem of the non-Newtonian fluid flow is solved. The basic equations are derived based on the Newtonian-fluid flow but using special constitutive equation for the viscosity. The spatial discretization is done using the finite element method (FEM). The algorithm is tested on a simple axial-symmetric flow in a horizontal tube and comparison to Newtonian fluid is stated. Application for the synovial fluid flow modeling in the total knee replacement is presented. The model is simplified as a planar model and the pressure distribution due to the interaction between femur and tibia in the synovial fluid is computed.*

1. Úvod

Totální náhrada kolenního kloubu (tzv. aloplastika) je metoda léčby těžce destruovaných kolenních kloubů, která má za sebou více než 120 let vývoje. Koleno je nejnamáhanějším a biomechanicky nejsložitějším kloubem lidského těla. Při modelování umělé náhrady kolenního kloubu musíme vyjít především z přirozené funkce fyziologického intaktního kloubu. Z pohledu matematického modelování aloplastiky kolenního kloubu se tedy musíme zajímat o kinematicko-geometrické poměry vazby femur-tibie, dynamické namáhání tohoto komplexu (především femurotibialní síla) a o tribologické poměry náhrady.



Obrázek 1 Aloplastika kolenního kloubu



Obrázek 2 MKP model náhradního kloubu

¹ Prof. Ing. Jirí Křen, CSc.: Katedra mechaniky, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni; Univerzitní 22; 306 14 Plzeň; tel.: +420.377 632 317, fax: +420.377 632 302; e-mail: kren@kme.zcu.cz

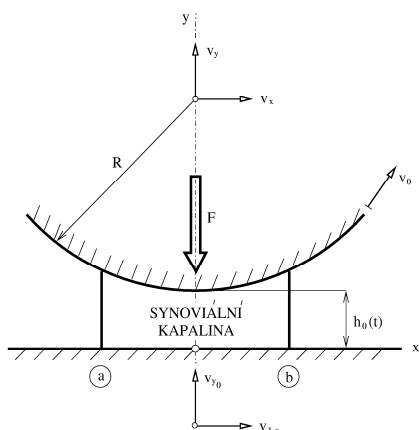
² Ing. Luděk Hynčík, Ph.D.: Katedra mechaniky, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni; Univerzitní 22, 306 14 Plzeň; tel.: +420.377 634 709, fax: +420.377 632 302; e-mail: hyncik3@ntc.zcu.cz

³ Prof. MUDr. Karel Koudela, CSc.: Fakultní nemocnice Plzeň, Lékařská fakulta UK v Plzni; alej Svobody 80, 304 60 Plzeň; tel.: +420.377 103 953, fax: +420.377 103 942; e-mail: ortkanc@fnplzen.cz

2. Fyzikální a matematický model kolenní náhrady

Prostorový fyzikální model aloplastiky kolenního kloubu je znázorněn na obr. 2. S ohledem na složitost a komplikovanost řešení celého problému se v tomto příspěvku omezíme pouze na rovinný model aloplastiky, který je při zachování relativní křivosti převeden na model pružný válec a tuhá deska (obr. 3). Tloušťku filmu synoviální kapaliny $h(x,t)$ v místě x můžeme vyjádřit ve tvaru

$$h(x,t) = h_0(t) + \frac{x^2}{2R} + \frac{4}{\pi E} \int_a^b p(\xi,t) \ln \frac{2\bar{b}}{|x-\xi|} d\xi. \quad (1)$$



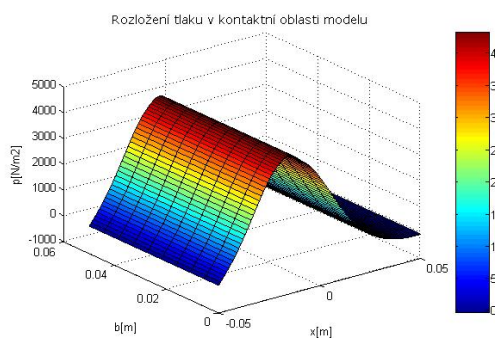
Síla F je v rovnováze s výslednou tlakovou silou v synoviální kapalině, její velikost je cca 2,8 až 4,3 násobku vlastní tíhy těla. Synovie je nenewtonskou kapalinou, jejíž viskozita je funkcí tenzoru rychlosti deformace. Při aplikaci modelu zobecněné newtonské kapaliny je slabé řešení (laminární, izotermické proudění, mocninový zákon, Carreauův model synovie) úlohy hydromechaniky této kapaliny popsáno integrálními identitami

Obrázek 3 Rovinný model náhrady

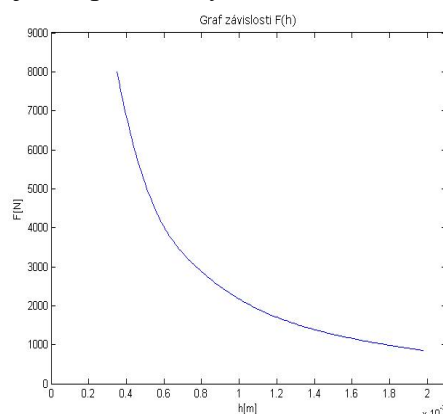
$$\int_{\Omega} \rho \frac{\partial v_i}{\partial t} \delta v_i dx + \int_{\Omega} \rho v_j^* \frac{\partial v_i}{\partial x_j} \delta v_i dx - \int_{\Omega} p \frac{\partial \delta v_i}{\partial x_i} dx + \int_{\Omega} \eta(\dot{\gamma}^*) \frac{\partial v_i}{\partial x_j} \frac{\partial \delta v_i}{\partial x_j} dx =$$

$$= \int_{\Omega} \rho f_i \delta v_i dx + \int_{\Gamma_{\sigma}} \hat{\sigma}_i \delta v_i dx; \quad \int_{\Omega} \frac{\partial v_i}{\partial x_i} \delta p dx = 0. \quad (2)$$

Po prostorové (MKP) a časové (diference) diskretizaci získáme soustavu algebraických nelineárních rovnic. Interakci synovie s válcem náhradního modelu řešíme nesdruženou metodou. Dosažené výsledky na vybrané časové hladině jsou zpracovány na obr. 4 a obr. 5.



Obrázek 4 Rozložení tlaku v kontaktní oblasti



Obrázek 5 Závislost síly $F(h_0)$

Příspěvek byl vypracován za podpory výzkumného záměru MŠMT ČR, který je registrován pod číslem **MSM 4977751303**.

SIMULATION OF THE CURRENT DISTRIBUTION THROUGH THE ELECTRODE SYSTEM IN A CYLINDRICAL TYPE VRLA CELLS

P. Křivák*, P. Bača*

Summary: *The current distribution through the electrode system of lead-acid accumulator was determined mathematically for a cylindrical type cell. Calculations was made by diferential method by using an equivalent electrical circuit. The dependence of the internal resistance on the current and on the charge passed was determined by measurements on an experimental cell. The results are presented in the form of 3-D diagrams for different states of discharge.*

1. Úvod

V návaznosti na naše předchozí výzkumy, týkající se modelování distribuce proudu elektrodovým systémem standardních deskových elektrod olověného akumulátoru pro různé varianty vstupních proudových praporců v průběhu vybíjení, byl použit podobný model i pro článek válcového typu, používaného ve VRLA aplikacích. Užitá metoda založená na matematickém výpočtu ekvivalentního elektrického obvodu byla s úspěchem aplikována na případ, kdy elektrody byly vybíjeny konstantním proudem, způsobujícím v průběhu vybíjení změny ve vnitřním odporu článků.

2. Výsledky a diskuze

Změna vnitřních odporů R_{v_k} mezi jednotlivými základními elementy elektrod je v průběhu vybíjení funkcí procházejícího proudu I a prošlého náboje Q . Přesný průběh změn vnitřního odporu v průběhu vybíjení byl zjišťován na pokusném laboratorním článku pro různé vybíjecí proudy. Hodnoty vnitřního odporu R_{v_k} jednotlivých elementů článku zahrnující odpor elektrolytu, odpor separátoru, kontaktní odpor mezi mřížkou a aktivní hmotou, odpor aktivní hmoty a polarizační odpor byly proloženy náhradní matematickou exponenciální funkcí pomocí metody nejmenších čtverců:

$$R_{v_k} = 3.18 + 23000 \cdot Q \cdot I + 1.5 \cdot 10^{-11} \cdot \exp(4565 \cdot Q + 2556 \cdot I - 28) \quad (1)$$

Po aplikaci 1. a 2. Kirchhoffova zákona na uzly a smyčky pro celý ekvivalentní elektrický obvod dostaneme systém lineárních rovnic, jejichž řešení dává hledanou distribuci potenciálů a proudů. Abychom vzali v úvahu změny odporů s časem, výpočty byly provedeny v následujících krocích:

* Ing. Petr Křivák, Ph.D., Ing. Petr Bača, Ph.D., FEKT VUT v Brně; Údolní 53; 602 00 Brno; tel.: +420.541 146 189, fax: +420.541 146 199; e-mail: krivak@feec.vutbr.cz

1. krok: $i = 1$, $t_1 = 1$ s, $\Delta t_1 = 1$ s. Počáteční hodnota $R_1 = 3.18 \Omega$ je stejná pro všechny elementy reprezentující vnitřní odpor R_{v_k} a je vypočítána distribuce potenciálu v uzlech ekvivalentního obvodu. Potenciály uzlů k -tého elementu V_k^1 and W_k^1 jsou užity pro výpočet příslušného napětí a proudu:

$$U_k^1 = V_k^1 - W_k^1, \quad I_k^1 = U_k^1 / R_k^1 \quad (2)$$

Náboj prošlý k -tým elementem je spočítán z proudu jako

$$Q_k^1 = I_k^1 \times \Delta t_1 \quad (3)$$

2. krok: $i = 2$, $t_2 = 160$ s, $\Delta t_2 = t_2 - t_1$. Vnitřní odpor odpovídající k -tému elementu je spočítán z rov. (1). Poté je opět propočítána distribuce jednotlivých potenciálů a z nich vypočítána odpovídající hodnoty napětí a proudů podobně jako v 1. kroku. Náboj prošlý k -tým elementem je pak spočítán jako

$$Q_k^2 = Q_k^1 + I_k^2 \times \Delta t_2 \quad (4)$$

Výpočet podle 2. kroku probíhá opakovaně až do hodnoty $t_n = 15900$ s (100 % vybití článku).

3. Závěr

Na počátku vybíjení jsou nejvíce vytěžovány oblasti nejbližší proudovým praporcům a to zejména v centrální oblasti článku válcového typu s velkou hustotou proudových praporců. Proto tyto oblasti dosáhnou vybitého stavu nejrychleji a v souvislosti s vybíjením se zde nejvíce zvyšuje vnitřní odpor. Protože vybíjecí proud zůstává konstantní, pokles proudu v těchto oblastech způsobený nárůstem odporu vede zejména v posledních fázích vybíjení ke vzrůstu proudu v dalších oblastech elektrody, původně méně proudově zatížených. To vede v průběhu vybíjení k postupnému vytěžování všech oblastí elektrody. Na konci vybíjení prudce vzrůstá u článku válcového typu nerovnoměrnost distribuce proudu.

4. Poděkování

Tato práce byla sponzorována výzkumným záměrem MŠMT ČR č. MSM0021630516.

5. Literatura

P. Král, P. Křivák, P. Bača, M. Calábek and K. Micka, Current distribution over the electrode surface in a lead-acid cell during discharge. *J. Power Sources* 105 (2002) 35 – 44.

STABILITY ASSESSMENT OF STEEL FRAMES USING SBRA METHOD

V. Křivý*, P. Marek**

Summary: *This paper is concerned with the reliability assessment of steel frame structures using the probabilistic SBRA method documented in the book (Marek at al., 1996). Advances in computer technology make it possible to utilize the potential of the SBRA method not only for the reliability assessment of simple structures and their components, but also for the reliability assessment of more complex, statically indeterminate frame structures. In this connection attention is paid to the transition from the traditional assessment of buckling strength in compliance with contemporary standards (based on determining buckling lengths and buckling factors) to the SBRA based strength stability concept applying the second order theory.*

1. Úvod

Předmětem příspěvku je aplikace pravděpodobnostní metody SBRA v oblasti stabilitních posudků ocelových prutových konstrukcí. V této souvislosti je věnována pozornost přechodu od tradičního posudku vzpěrné pevnosti podle současných norem (vzpěrné délky, součinitele vzpěrnosti) k pevnostnímu pojetí při respektování účinků zatížení v souladu s teorií druhého řádu. Pozornost je zaměřena především na problematiku vhodného modelování konstrukce pro výpočet účinků zatížení podle teorie druhého řádu, na zavedení nahodile proměnných veličin do výpočtu, na jejich vzájemnou interakci, dále pak na možnosti a způsoby vyhodnocení spolehlivosti prutové konstrukce a jejich částí.

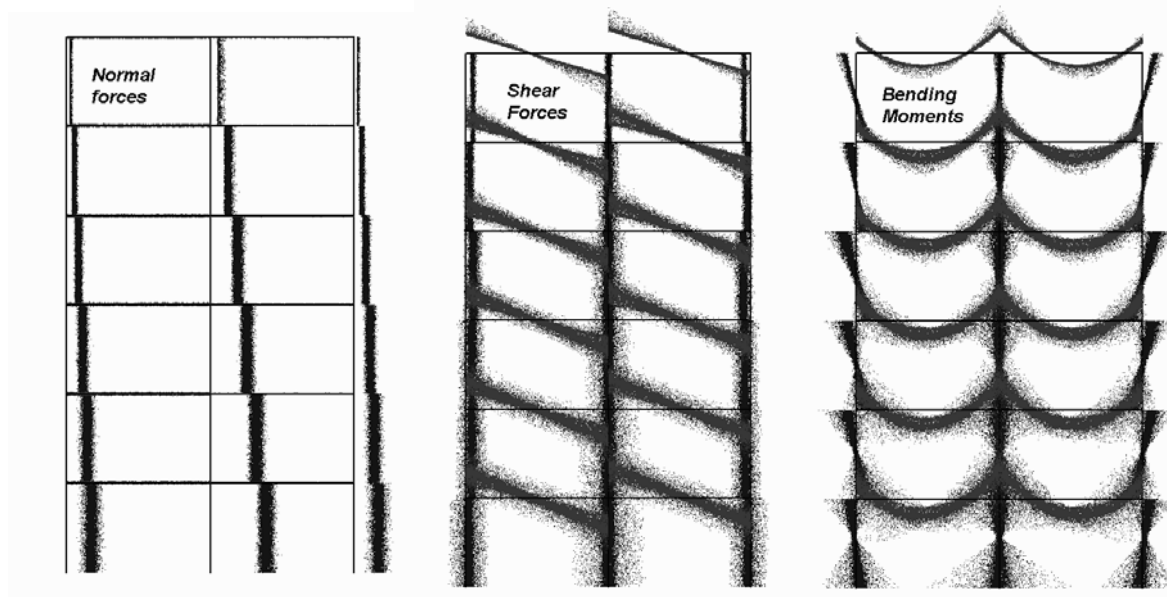
2. Posudek spolehlivosti rámové konstrukce

Hlavní principy pravděpodobnostního posouzení spolehlivosti ocelových prutových konstrukcí metodou SBRA jsou v části 2 naznačeny na posudku únosnosti a použitelnosti šestipodlažního rámu, viz obr. 1. Rám je zatížen soustavou horizontálních sil (od zatížení větrem) a vertikálních rovnoměrně rozložených spojitých zatížení (od zatížení stálého, užitného a zatížení sněhem). Předpokládá se, že materiálové vlastnosti oceli (mez kluzu), lokální a globální imperfekce prutové soustavy a jednotlivá zatížení jsou vzájemně statisticky nezávislé veličiny. Výpočet odezvy konstrukce na zatížení je proveden podle teorie druhého řádu. Zvýšená pozornost je věnována netradičnímu sestavení a kombinování imperfekcí soustavy a jejich prvků jako nahodile proměnných veličin. V závěrečné části kapitoly jsou stručně popsány možnosti grafického vyjádření výsledků pravděpodobnostního posudku

* Ing. Vít Křivý: VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí; L. Poděšť 1875; 708 33 Ostrava-Poruba; email: vit.krivy@vsb.cz

** Prof. Ing. Pavel Marek, DrSc.: ÚTAM AV ČR; Prosecká 76; 190 00 Praha 9 a VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky; L. Poděšť 1875; 708 33 Ostrava-Poruba; email: marekp@itam.cas.cz

spolehlivosti prutových konstrukcí pomocí křivek pravděpodobnosti poruchy (Křivý, 2005), pomocí sloupcových grafů a pomocí množiny bodů, tzv. mravenců, vyjadřujících rozptyl účinků zatížení na konstrukci, viz obr 1.



Obrázek 1: Rozptyl vnitřních sil a ohybových momentů

3. Srovnávací studie

V kapitole 3 jsou uvedeny a zhodnoceny výsledky srovnávací studie, ve které byl zkoumán vliv uložení sloupů a příčlí (ideálně tuhé, kloubové, polotuhé) na posudek spolehlivosti rámové konstrukce a jejich prvků. V rámci studie byl proveden pravděpodobnostní posudek spolehlivosti (únosnosti a použitelnosti) rámu znázorněného na obr. 1 při uvažování čtyř různých variant uložení sloupů a příčlí.

1. Rám s ideálně tuhým uložením sloupů k základové konstrukci a s ideálně tuhými přípoji příčlí ke sloupům, viz kapitola 2.
2. Rám s ideálně kloubovým připojením sloupů k základové konstrukci a s ideálně tuhými přípoji příčlí ke sloupům.
3. Rám s polotuhým uložením sloupů k základové konstrukci a s ideálně tuhými přípoji příčlí ke sloupům.
4. Rám s polotuhým uložením sloupů k základové konstrukci a s polotuhými přípoji příčlí ke sloupům.

4. Literatura

Marek, P., Guštar, M., & Anagnos, T. (1996) *Simulation-Based Reliability Assessment for Structural Engineers*, CCR Press, Boca Raton, Florida, ISBN 0-8493-8286-6.

Křivý, V. (2005) *Počítačový program MCD 1.0*, VŠB-TU Ostrava, Ostrava.

APPLICATION OF THE REVERSE ENGINEERING IN THE SPHERE OF BIOMECHANICS

M. Kubíček ¹, Z. Florian ²

Summary: *During reverse engineering, a point cloud typically acquired using scanning techniques is used as a basis for constructing 3D CAD surface data from a physical model. Using the digitizing system ATOS (Advanced Topometric Sensor), object can be measured quickly and with high local resolution. Each single measurement generates up to 1.3 million data points (ATOS II). The individual measurement images are merged via reference points (circular markers) and the measured data is made available as point clouds, sections and STL data.*

1. Úvod

Se stále vzrůstajícími požadavky v oblasti průmyslu, elektroniky, medicíny atd. na design, kvalitu, přesnost, rychlost a cenu roste význam pojmu reverzní inženýrství (RE). Využitím některé z technologií reverzního inženýrství lze podstatně rychleji a jednodušeji dospět ke zdárnému řešení vzniklých problémů.

2. Formulace problému a cíl řešení

Nároky na kvalitu a přesnost geometrie výpočtových modelů pro potřebu biomechaniky neustále stoupají. Proto je třeba i v této oblasti medicíny využívat hardware umožňující zachytit geometrii s dostatečnou přesností.

Naším cílem je získat model geometrie dolní čelisti (mandibula) a podrobněji se seznámit s metodou tvorby virtuálních 3D modelů pomocí optického skeneru ATOS.

3. Optický skener ATOS

ATOS (Advanced Topometric Sensor) je mobilní bezdotykový optický skener německé firmy GOM. Nejdůležitějšími součástmi systému ATOS jsou dvě CCD kamery, projektor, kontrolní jednotka a poziční stojan, umožňující snímání objektu z různých úhlů. Pro svoji vysokou výkonnost a velké rozlišení je nejčastěji používán v systémech CAD, CAM a FEM, kde je především využíván k měření reálných objektů a jejich následné analýze.

¹ Ing. Martin Kubíček : Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, VUT FSI v Brně, Technická 2, 61669 Brno, tel.: +420 54114 2871, e-mail: kubajunior@email.cz

² Ing. Zdeněk Florian, CSc.: Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, VUT FSI v Brně, Technická 2, 61669 Brno, tel.: +420 54114 2863, e-mail: florian@fme.vutbr.cz

Kompletní měření se skládá z několika dílčích měření. Pro celkové zachycení předmětu by mělo být každé z těchto individuálních měření z jiného úhlu. K automatickému spojení jednotlivých měření systém ATOS používá jedinečné referenční body, které v průběhu samotného měření sám identifikuje.

Dolní čelist patří mezi menší objekty, avšak pro svoji složitou geometrii, z hlediska skenování, mezi nejsložitější. K získání celkového digitálního modelu je třeba objekt snímat ze všech stran a následně jednotlivé snímky složit. Pro takovýto případ existuje k vhodnému umístění referenčních bodů tzv. referenční rámeček. Body jsou umístěny ze všech stran na obvodu rámečku. Skenovaný objekt je pak připevněn pomocí tenkých úchytů uvnitř rámečku (obr.1).



Obr.1 Referenční rámeček

Konečným výstupem měření může být optimalizovaná polygonální síť (STL formát), mrak bodů, obrysové křivky nebo jednotlivé řezy objektem (IGES formát).

4. Rapid Prototyping

Pro názorné sdělení designérských nebo konstrukčních nápadů je třírozměrný reálný model prakticky nenahraditelný. 3D tiskárny Dimension americké firmy Stratasys využívají pro stavbu modelu technologii FDM (Fused Deposition Modeling) - postupné nanášení taveniny po velmi tenkých vrstvách.

5. Závěr

Pro tvorbu kvalitních digitálních 3D modelů nejen kovových implantátů se použití optického skeneru ukázalo být účelné. Takto získaná data ve formátu STL nebo IGES je možné pro další práci importovat do systémů CAD,CAM a FEM.

Díky datům získaným pomocí skeneru ATOS byla čelist vytištěna na tiskárně Dimension BST. K dosažení kvalitnějšího výsledku byla zvolena tloušťka vrstvy tisku 0,254 mm. Na celý model dolní čelisti bylo spotřebováno 24,53 cm³ plastu ABS a 8,54 cm³ podpory. Doba tisku tohoto modelu byla cca 6 hodin.

6. Poděkování

Uvedená práce byla podporována grantem GAČR 101/05/0136.

Za odborné připomínky v oblastech 3D digitalizace a rychlé výroby prototypů směřují díky firmě MCAE Systems, s.r.o., která je distributorem 3D skenerů a tiskáren v ČR.

7. Literatura

Haußecker,H., Geißler,P.,1999, *Handbook of Computer Vision and Applications: Volume 1, Sensors and Imaging*, San Diego, Kalifornia

IDENTIFICATION OF DAMAGE MODEL WITH CRACKS FROM RESULTS OF TENSILE TEST AND THREE POINT BENDING TEST

A. Kučerová*, D. Brancherie†, A. Ibrahimbegović‡

Summary: During the three-point bending test concrete specimen is damaged by cracking. Brancherie and Ibrahimbegović are authors of a relatively simple model capable of describing the behavior of specimen weakened by distributed as well as macroscopic cracks. In this paper we discuss the identification method for model material parameters from measured data during the tensile loading test and three-point bending test. The emphasis is put on the formulation of minimization problem and solving the minimization problem.

1. Úvod

Beton je křehký materiál, který se při zatěžovací zkoušce v trojbodovém ohybu a tahu porušuje trhlinami. Brancherie a Ibrahimbegović jsou autoři relativně jednoduchého modelu, který je schopný zachytit chování vzorku s trhlinami [1]. Významnou výhodou tohoto modelu je jeho velmi malá závislost na hustotě použité sítě konečných prvků. Model popisuje tři fáze chování betonu při zatěžování v tahu: elastickou, plastickou (včetně zpevnění a změkčení) a poškození.

K popsání vlastností konkrétního typu betonu slouží šest parametrů, přičemž jednotlivé parametry se uplatňují v různých fázích zatěžování a jejich význam je možné geometricky interpretovat na křivce vztahu napětí a deformace. Při zatěžovací zkoušce v tahu je po vzniku trhliny narušeno homogenní pole napětí, a proto celková odezva získaná z měření koncového posunu a zatěžovací síly neodpovídá přesně křivce vztahu napětí a deformace pro materiálový bod. Identifikace parametrů modelu z výsledků zatěžovací zkoušky v tahu nepřináší velké nesnáze. Nevýhodou je ovšem fakt, že tahová zkouška je mnohem náročnější na praktickou realizaci.

Zatěžovací zkoušku v trojbodovém ohybu je mnohem snazší realizovat. Vzorek je při ní podroben heterogennímu poli napětí téměř od počátku zatěžování. Globální odezva reprezentovaná naměřenou křivkou vztahu síly na posunu tedy zahrnuje příspěvky posunů od různě namáhaných částí, a proto z takové křivky není možné snadno odečíst hodnoty parametrů modelu.

* Anna Kučerová: Katedra mechaniky, Fakulta stavební, České Vysoké Učení Technické v Praze; Thákurova 7; 166 29 Praha 6 – Dejvice; tel: +420 224 354 375, fax: +420 224 310 775; e-mail: anicka@cml.fsv.cvut.cz

† Delphine Brancherie: Université de Technologie de Compiègne, Compiègne, France

‡ A. Ibrahimbegović: Laboratoire de mécanique et technologie, Ecole Normale Supérieure de Cachan, Cachan, France

Možným řešením je využití lokálních měření posunů například metodou korelace digitálních snímků [2], nebo vhodným umístěním několika extensometrů do oblasti pravděpodobného vzniku trhliny. Výsledky měření boční kontrakce pak slouží k identifikaci Poissonova čísla, osově posuny v blízkém okolí trhliny pak slouží ke snazší identifikaci parametrů řídicích fázi změkčení materiálu.

2. Závěr

V tomto příspěvku je diskutována zejména volba vhodných měření nutných pro identifikaci jednotlivých materiálových parametrů modelu. Pomocí softwaru na metodu konečných prvků Feap byla provedena série simulací zatěžovací zkoušky v tahu a pro posouzení citlivosti pracovních diagramů na jednotlivé parametry byla provedena stochastická citlivostní analýza využívající Pearsonův korelační koeficient. Její výsledky posloužily k vhodné formulaci optimalizačního problému. Zároveň se ukázalo, že výpočet po vzniku trhliny trvá mnohonásobně déle, a proto je vhodné postup identifikace rozdělit na několik fází a jednotlivé parametry identifikovat postupně. Mezi počátečními simulacemi pro různé volby materiálových parametrů do dané mezní hodnoty posunu došlo pouze u 20% z nich ke vzniku trhliny, což způsobilo velmi nízkou hodnotu citlivosti pracovních diagramů na parametry, které řídí plastické změkčení. I z tohoto hlediska je postupná identifikace parametrů výhodnější, jelikož např. pro identifikaci elastických parametrů postačí simulace jen počátku zatěžování a poté, pro známé elastické i plastické parametry už vzroste procento vzorků, u kterých trhlina do daného mezního posunu vznikne.

V další části příspěvku je hodnocen výběr optimalizačního postupu a jsou porovnány některé výsledky gradientní deterministické metody a stochastické optimalizační metody využívající aproximaci objektivní funkce zvanou radial basis function network [3].

3. Poděkování

Autoři by rádi poděkovali za finanční podporu grantem Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České Republiky, číslo MSM 6840770003.

4. Literatura

- [1] A. Ibrahimbegovic, D. Brancherie, Combined hardening and softening constitutive model of plasticity: precursor to shear slip line failure, *Comp. Mechanics*, 31, (2003), 88-100.
- [2] D. Claire, F. Hild¹, and S. Roux, A finite element formulation to identify damage fields: the equilibrium gap method, *Int. J. Numer. Meth. Engng* 2004; 61:189–208
- [3] A. Kučerová, M. Lepš, and J. Skoček. Large black-box functions optimization using radial basis function networks. In B. H. V. Topping, editor, *Proceedings of Eighth International conference on the Application of Artificial Intelligence to Civil, Structural and Environmental Engineering*, pages on CD-ROM, Stirling, United Kingdom, 2005. Civil-Comp Press.

INVERSE ANALYSIS USING SOFT-COMPUTING METHODS: A REVIEW

A. Kučerová*, M. Lepš*, J. Zeman*

Summary: *The problem of an inverse analysis occurs in many engineering tasks. The problem itself has several different forms and can be solved by many very distinct methods. In this paper, we present an overview of two basic philosophies of an inverse analysis with an emphasis put on the area of soft-computing methods. Practical aspects will be shown on several identification tasks, where parameters of highly non-linear material models are searched.*

1. Úvod

Inverzní analýza se při řešení inženýrských úloh vyskytuje v různých podobách a bývá taktéž nazývána různými termíny. Obecně lze konstatovat, že cílem úlohy je na základě známých výstupů určit zpětně (inverzně) příslušné vstupy. V inženýrských aplikacích pak na základě výsledků experimentů určit původní podmínky a veličiny, v moderní době pak parametry modelu, kterým se snažíme provedený experiment simulovat. V této práci tedy předpokládáme existenci modelu nějakého reálného experimentu a budeme se snažit nalézt vstupní parametry tohoto modelu tak, aby výstupy z modelu souhlasily s provedeným experimentem. Pro takto definovaný problém existují dva základní způsoby řešení. **Dopředný postup** (*forward mode*) je založen na definici chybové funkce rozdílu odezvy modelu a výstupu z experimentu. Úlohou je pak minimalizace této funkce. V tomto bodě se nejčastěji uplatňují metody evolučních optimalizací. Výhodou takto definované úlohy je, že dopředný postup je obecný ve všech rovinách a vždy je schopný poskytnout příslušné řešení. Speciálními příklady dokládajícími obecnost dopředného postupu je například stav kdy:

- a) Pro více vstupů existuje jeden výstup. Tento stav vede na multi-modální optimalizaci [1]. Problém je pak snadno řešitelný zavedením optimalizační metody schopné vyhledat více optim.
- b) Pro jeden vstup existuje více výstupů, nejčastěji jde o případy stochastických výpočtů či experimentů zatížených šumem či jinými chybami. Tento problém lze řešit buď úpravou chybové funkce pro více hodnot nebo zavedením stochastických parametrů jak na vstupu, tak i na výstupu.
- c) Existuje více než jeden experiment, pak lze celý problém řešit jako vícekriteriální optimalizační úlohu [2].

* Ing. Anna Kučerová, Ing. Matěj Lepš, Ph.D., Ing. Jan Zeman, Ph.D.: Katedra mechaniky, Fakulta stavební, České Vysoké Učení Technické v Praze; Thákurova 7; 166 29 Praha 6 – Dejvice; tel: +420 224 354 375, fax: +420 224 310 775; e-mail: leps@cml.fsv.cvut.cz

Největší nevýhodou dopředného postupu je nutnost provést obvykle několik tisíců až miliónů výpočtů chybové funkce. Tento problém je řešitelný dvěma postupy: první využívá paralelní implementace, druhý pak aproximaci výpočetně náročného modelu.

Druhý postup, **zpětný** (*inverse mode*), předpokládá, že existuje inverzní vztah mezi výstupy a vstupy. Za předpokladu, že jsme našli dostatečně přesný popis inverzního modelu, je pak získání požadovaných vstupů otázkou sekund (závisí na složitosti popisu inverzního vztahu) a to i opakovaně. Tudíž se tento postup hodí pro časté použití s jedním modelem a při nasazení do automatické inverzní analýzy pro jeden konkrétní model.

Naopak, největší nevýhodou, kromě předpokladu existence takového inverzního vztahu, je velmi náročný proces získávání tohoto inverzního vztahu. V dnešní době se k tomuto popisu nejčastěji používají vrstevnaté umělé neuronové sítě [3,4], které jsou dostatečně robustní, aby byly schopné popsat jakýkoliv nelineární vztah.

2. Závěr

V článku jsou představeny dva základní postupy řešení problémů inverzní analýzy. Konkrétně pak dopředný postup, který převádí problém inverzní analýzy na optimalizační problém. Je výhodný pro časově nenáročné funkce a jen občasné použití. V případě výpočetně náročných problémů je možné použít paralelní implementace nebo aproximace daného modelu. Jednotlivé aspekty těchto postupů byly důkladně prostudovány s několika příklady z inženýrské praxe.

Druhý postup, zpětný, řeší problém inverzní analýzy hledáním aproximace zpětného vztahu mezi výstupy a vstupy. V článku je ukázána, v poslední době nejčastější, aplikace s využitím umělých neuronových sítí. Jsou probrány některé aspekty tohoto přístupu a jejich důležitost je komentována na příkladu identifikace materiálových parametrů mikroploškového modelu betonu.

3. Poděkování

Autoři by rádi poděkovali za finanční podporu grantem Ministerstva školství a tělovýchovy České Republiky, číslo MSM 6840770003.

4. Literatura

- [1] S.W. Mahfoud: *Niching methods for genetic algorithms*. PhD thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL, USA, (1995).
- [2] C.A.C. Coello: List of references on evolutionary multi objective optimization, <http://www.lania.mx/~ccoello/EMOO/EMOObib.html>
- [3] S. Haykin: *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, Prentice Hall, 2nd edition, (1998).
- [4] Ch. Bishop: *Neural Networks for Pattern Recognition*, Clarendon Press, Oxford, (1995).

MATHEMATICAL MODELING VIA DELAY DIFFERENTIAL EQUATIONS

P. Kundrát ¹

Summary: *In the article we formulate two simple mathematical models in robotics, where delay differential equations are utilized. The first model is the case of bounded (constant) delay and the second one is the case of unbounded (proportional) delay. Both models are supplemented by some results from qualitative analysis of solutions of delay differential equations.*

1. Úvod

V současné praxi se ukazuje, že diferenciální rovnice se zpožděním mají své nezastupitelné místo při modelování řady nejen technických problémů, např. v oblasti optimálního řízení, v robotice, strojírenství, logistice, astrofyzice, kvantové mechanice, biologii, medicíně apod. V řadě procesů je totiž nezbytné zahrnout člen obsahující hodnotu závisle proměnné v posunutém časovém okamžiku (obvykle v minulosti). Tedy namísto klasické obyčejné diferenciální rovnice $\dot{x}(t) = f(t, x(t))$ uvažujeme diferenciální rovnici $\dot{x}(t) = f(t, x(t), x(t - \tau(t)))$, kde $\tau(t) \geq 0$ je tzv. *zpoždění* a člen $t - \tau(t)$ nazýváme *zpožděný argument*.

Jak se ukazuje, diferenciální rovnice se zpožděním už ve velice jednoduchých případech vykazují diametrálně odlišné kvalitativní vlastnosti (asymptotika řešení, oscilace, apod.) než odpovídající obyčejné diferenciální rovnice. Navíc v drtivé většině případů nelze nalézt obecné analytické řešení, a je tedy nezbytné využití numerických metod k nalezení řešení přibližného. Ovšem v některých případech i numerické řešení může selhat v tom smyslu, že dává zcela zavádějící výsledky, které jsou v rozporu s kvalitativní analýzou řešené zpožděné diferenciální rovnice. Tento jev bývá v numerické analýze nazýván "numerical nightmare" (viz např. Liu (1997)). Tyto aspekty potvrzují nezbytnost zahrnout do analýzy výsledků i kvalitativní analýzu řešené diferenciální rovnice.

Cílem článku je ilustrovat na dvou vybraných modelech (z oblasti robotiky) některé výsledky kvalitativní analýzy řešení diferenciálních rovnic se zpožděním, a to s ohraničeným zpožděním (tj. $\sup \tau(t) < \infty$) a s neohrazeným zpožděním.

2. Modely se zpožděním

Nejčastěji se vyskytují příklady modelů s ohraničeným zpožděním. Uvedme např. model obráběcího nástroje, kde je zahrnuto chvění vznikající při obráběcím procesu, transportní zpoždění,

¹ Ing. Petr Kundrát, Ph.D., Ústav matematiky, FSI VUT v Brně, Technická 2, 616 69 Brno, tel. +420 541 142 552, e-mail: kundrat@fme.vutbr.cz

kteřé je způsobeno konečnou rychlostí paliva proudícího dlouhým potrubím, procesní zpoždění před spuštěním chemické reakce, komunikační zpoždění v souvislosti s konečnou rychlostí šíření rádiového signálu v prostoru při komunikaci (řízení) na velkou vzdálenost. Dále v počítačově řízených systémech často existuje nezanedbatelné výpočetní zpoždění, způsobené množstvím operací a složitostí řídicích algoritmů. V článku jsou diskutovány následující dva modely:

První model: Uvažujme robota pracujícího při obráběcím procesu jako je frézování, soustružení apod. Zde může vznikat zpoždění ve zpětné vazbě čistě mechanické části robota, které bývá nepřímo úměrné relativní rychlosti nástroje a materiálu. Tato situace je v článku modelována pomocí soustavy tří lineárních rovnic s konstantním zpožděním τ

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}\mathbf{x}(t - \tau), \quad 0 < \tau = \textit{konst.}, \quad t \in [0, \infty), \quad (1)$$

Navíc je zde uvedena věta (viz Stépán (1989)) udávající podmínky pro nastavení parametrů modelu tak, aby byla zachována stabilita netlumeného systému.

Druhý model: klasický model sběrače proudu elektrické lokomotivy. Pantograf lokomotivy jedoucí konstantní rychlostí sestává ze dvou těles spojených pružinou a tlumičem, kde spodní těleso je ke střeše lokomotivy připojeno pružinou a působí na něj konstantní přítlačná síla a horní těleso se pohybuje podél trolejového drátu. V blízkosti opor pak je celý systém popsán vektorovou diferenciální rovnicí s proporcionalním zpožděním, tzv. rovnicí pantografu:

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}\mathbf{x}(\lambda t), \quad 0 < \lambda < 1, \quad t \in [0, \infty), \quad (2)$$

kde \mathbf{A} a \mathbf{B} jsou nenulové komplexní matice $n \times n$ a $\lambda \in \mathbf{R}$. Z kvalitativní analýzy je zde uveden asymptotický odhad řešení rovnice pantografu, který je použitelný ve výše zmíněné aplikaci. Na základě tohoto asymptotického odhadu lze rovněž posuzovat stabilitu řešení rovnice (2).

Kvalitativní analýza řešení diferenciálních rovnic se zpožděním je často nezbytným předpokladem pro úspěšné zvládnutí numerického řešení daných problémů.

3. Poděkování

Publikovaných výsledků bylo dosaženo za podpory Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky, výzkumný záměr MSM 0021630518 "Simulační modelování mechatronických soustav".

4. Literatura

Lim E. B. 1976: Asymptotic Behavior of Solutions of the Functional Differential Equation $x'(t) = Ax(\lambda t) + Bx(t)$, $\lambda > 0$, *J. Math. Anal. Appl.* 55, 794–808.

Liu, Y. 1997: Numerical investigation of the pantograph equation, *Appl. Numer. Math.*, Vol. 24, 309–317.

Stépán, G. 1989: *Retarded dynamical systems: stability and characteristic functions*, Longman Scientific & Technical, Burnt Mill.

DROP TESTS USED FOR VALIDATION OF FE MODELS OF HUMAN HEAD FOR HIC ASSESSMENT

J. Kunecký, O. Jiroušek, J. Jírová¹

Summary: *Head injuries are the most often causes of death in traffic accidents. To develop better interiors of cars or new protective devices (e.g. helmets) there is a need to quantify the mean criteria of injury. Most of today used head injury criteria use an integral value of acceleration of the head during a certain time interval. The main drawback of these criteria is the fact, that they use only linear acceleration of the head. For better HIC assessment there is a need to use different measures, e.g. combination of translational and rotational acceleration or criteria based on strain energy. For these purposes complex FE models are used. To verify the behavior of these FE models, drop tests with different drop height are usually used. The paper presents results of drop tests used to validate FE models of human head. According to data obtained from accelerometers the HIC was computed and the critical height was determined.*

1. Introduction

Many thousands people die every year because of traffic accidents. One of the most frequent causes of death are the injuries of head. During the impact the brain undergoes strong acceleration which can cause severe injuries although the skull or other part remains intact. Due to this phenomena the protective devices are designed for the protection of skull as well as for reducing the brain's acceleration peak. For the assessment to which extent the brain can be exposed to acceleration there have been developed several injury criteria. However, mostly used are the head injury criteria (HIC). The HIC value determines from a measured acceleration history the probability of the brain injury. As critical the value of 1000 can be considered. The HIC have been incorporated to many countries traffic safety standards [NHTSA]. HIC determination finds its main application in passive safety, crash tests and testing of protective means in general. The motivation of the work was to develop and verify useful numerical model intended for drop tests simulation. Experiments are insufficient if there is need to better understand the mechanics of impact and the influence of the layers in the helmet on the magnitude of acceleration peak. Numerical model is advantageous because of its ability to show only poorly measurable quantities. The paper presents the verification of numerical model compared to real drop tests based on HIC assessment. The values of virtual drop test obtained from FE analysis were confronted with experimental results.

¹ Ing. Jiří Kunecký, Ing. Ondřej Jiroušek, PhD., Doc. Ing. Jitka Jírová, CSc., Institute of Theoretical and Applied Mechanics, Prosecká 76, 190 00 Prague 9, e-mail: {kunecky,jirousek,jirova}@itam.cas.cz

Table 1: Results of analysis

Drop height	Experiment based HIC assessment	Numerical HIC assessment
1.67 m	795.11	629.15
0.95 m	441.27	400.37

2. Methods

2.1. FE model

The dummy head form was constructed according to ČSN EN 960/1994. Model was built using NURBs surfaces. The geometry was set to be similar to the helmet used in the experiments. Three layers were modeled: the outer shell of thickness 3 mm, the polystyrene liner (20 mm) and the comfort foam (25 mm). The model consisted of 6000 elements. The analysis was performed in ANSYS/LS-DYNA environment [LS-DYNA]. The acceleration history of specified element was listed as a single file and the HIC was computed according to HIC definition (mentioned in fulltext version).

2.2. Experiments

The experiments were performed using drop test machine situated in ÚMSD, a.s. Standard head form made of a metal alloy was enclosed in motorcycle helmet. A three-axial accelerometer was embedded in the head form cavity. Drop heights were chosen as 0.95 m and 1.67 m. The drop board was made of rigid metal material. After the acceleration acquisition the acceleration magnitude was computed as vector sum of all three components.

3. Results

The numerical model of human head form enclosed in motorcycle helmet was verified against experimental results using HIC assessment.

4. Acknowledgment

The research has been sponsored by Grant Agency of the Czech Republic: grant. No. 103/05/102

5. References

[LS-DYNA] *Livermore Software Technology Inc.* <http://www.lstc.com>

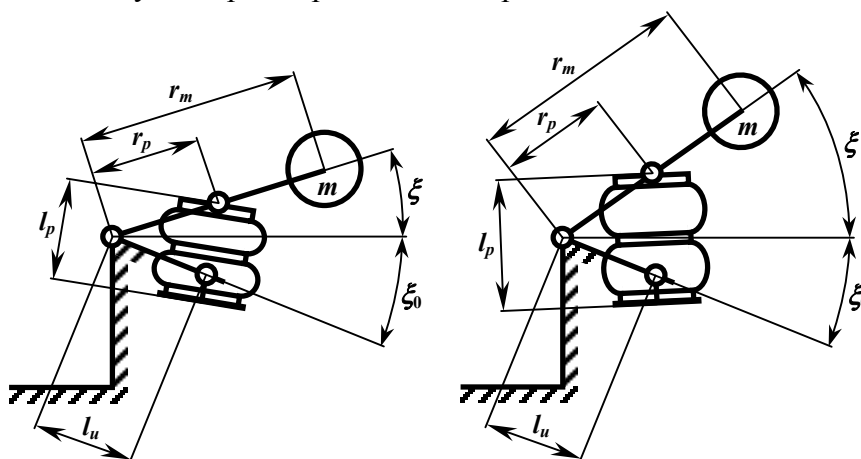
[NHTSA] *Standard No. 208 - Occupant Crash Protection*, National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), <http://www.nhtsa.dot.gov>

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE ACTIVE VIBRATION ISOLATION SYSTEM OF THE DRIVER SEAT

L. Kupka^{*}, J. Šklíba^{**}, B. Janeček^{*}, M. Apetaur^{**}, J. Kozderka^{*}

Summary: *The current research results of the development and verification of an active vibration isolation feedback control system of driver seat are presented in the paper. The driver seat mechanism without damper and with air spring is controlled in the laboratory. The air spring is used as actuator and as elastic element in the system. The compensation – linearization of the strongly non-linear flow characteristics of the pneumatic valve is also presented in the paper.*

Vibroizolační systém sedačky se obvykle skládá z pneumatické pružiny a hydraulického tlumiče. Z této skutečnosti vychází i naprostá většina doposud navrhovaných řídicích systémů. Tyto systémy jsou obvykle založeny na řízení tlumiče, nebo využívají další aktivní prvek umožňující bezprostřední silové působení mezi základem a izolovaným objektem. V oblasti rezonance neřízené sedačky bylo již dosaženo poměrně uspokojivých výsledků, v nadrezonanční oblasti se ale zejména použití tlumiče ukazuje jako nepříliš vhodné. Řídicí algoritmy založené na řízení tlumiče nevykazují uspokojivé vlastnosti ani v rezonanční oblasti. Z tohoto důvodu byl teoreticky navržen a v současnosti je optimalizován algoritmus, který jako akční člen využívá pouze pneumatickou pružinu.



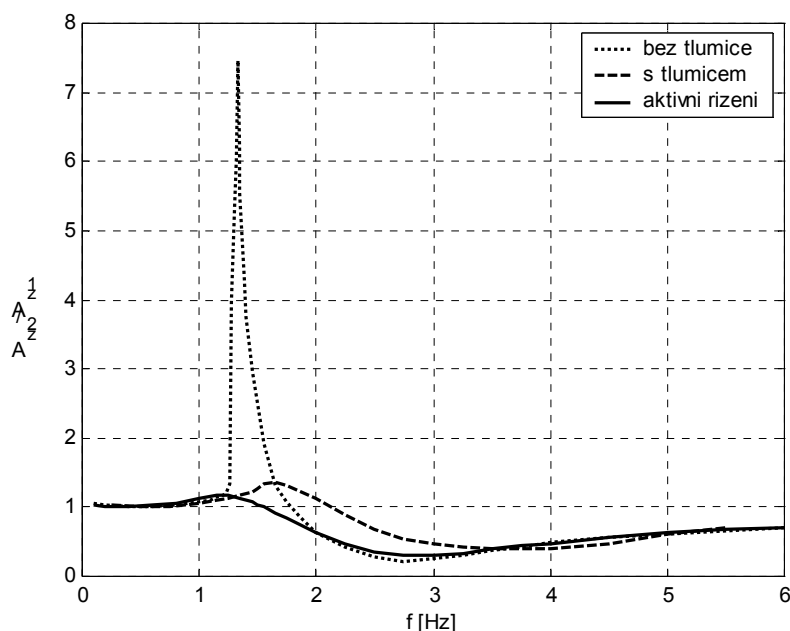
Obr. 1: Model sedačky řidiče bez hydraulického tlumiče

* Ing. Libor Kupka, Doc. Ing. Bedřich Janeček, CSc., Ing. Jan Kozderka: Katedra řídicí techniky, Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií, Technická univerzita v Liberci, Hálkova 6, 461 17 Liberec 1, tel.: +420 485 353 492, e-mail: libor.kupka@tul.cz, bedrich.janecek@tul.cz, jan.kozderka@tul.cz

** Prof. RNDr. Jan Šklíba, CSc., Prof. Ing. Milan Apetaur, DrSc.: Katedra mechaniky, pružnosti a pevnosti, Fakulta strojní, Technická univerzita v Liberci, Hálkova 6, 461 17 Liberec 1, tel.: +420 485 354 131, e-mail: jan.skliba@tul.cz

Neuspokojivé výsledky při nasazování aktivního řídicího systému na klasickou konstrukci sedadla řidiče s paralelogramovým mechanismem vedly, převážně z důvodu omezení vlivu pasivních odporů, k sestavení speciálního laboratorního modelu sedadla s kuličkovými ložisky v kloubech mechanismu (obr. 1).

Základem řídicího systému (byl realizován na číslicovém počítači s operačním systémem reálného času PXI 8176) je stavový regulátor s agregací proměnných; jsou v něm využity pouze některé stavové veličiny, tj. a_1 , a_2 , p_2 , příp. l_p . Parametry regulátoru, ve své podstatě váhové koeficienty jednotlivých stavových proměnných, byly prozatím nalezeny pouze na základě ručního seřízení s ohledem na subjektivně posuzovanou kvalitu regulace. Hlavní důraz byl kladen na optimální seřízení v oblasti rezonance, tak aby poměr amplitud budícího a vybuzeného signálu byl přibližně roven jedné. Úkolem regulátoru bylo tedy nahradit vhodnými akčními zásahy činnost tlumiče. Zároveň bylo ale nutné zajistit minimálně zachování vlastností neřízeného systému v nadrezonanční oblasti. Na obr. 2 jsou uvedeny frekvenční charakteristiky sledovaného systému, tj. poměr amplitudy výstupního signálu A_{z2} (sedák) a amplitudy budící funkce A_{z1} (základová deska) v závislosti na frekvenci.



Obr. 2: Frekvenční charakteristiky systému

Z uvedených závislostí (obr. 2) je patrné, že ačkoli jednotlivé parametry regulátoru nebyly dosud optimalizovány, je výsledek regulace relativně dobrý. V oblasti okolo rezonance dochází k podstatnému utlumení kmitů sedáku, výsledek je dokonce lepší než při použití tlumiče. V nadrezonanční oblasti jsou vlastnosti řízeného systému srovnatelné s vlastnostmi systému bez řízení.

V současnosti je model sedačky řidiče rekonstruován za účelem snížení pasivních odporů. Po této rekonstrukci bude provedena optimalizace řídicích algoritmů nejprve přímo na reálném systému při opakovaném buzení vybranými poruchovými signály. Současně bude také upřesňován matematický model sedačky a na jeho základě bude proveden návrh vhodné regulační struktury.

INFLUENCE OF THE HIP JOINT SHAPE TO STRESS FIELD AFTER HEMIARTHROPLASTY

D. Kytýř, M. Micka, J. Jírová¹, J. Jíra²

Summary: *Migration of the implant head after hemiarthroplasty is a problem which appertain to nearly all patients. Article deals with development and utilization of parametrical FE model of the hip joint for numerical analysis of implant head migration. There are two main input parameters for the stress analysis. CE angle representing the shape of acetabulum and direction of the femoral replacement loading. To assess the influence of selected parameters on thr implant migration and to enable easy comparison to patients X–Ray scanning, the analysis was carried out as axially symmetric 2D and 3D contact problem. Ultimate values of first principal stress, third principal stress and sum of displacements were used as a reference magnitude.*

1. Introduction

Hemiarthroplasty is a surgical proccedure of femoral neck and head replacement. The replacement stem is fixed in the femur by special bone cement. Head of the replacement abut against intact acetabulum. Hemiarthroplasty apply to immobile patients or in case of less than five years living prediction. The biggest problem of the hemiarthroplasty is migration of the replacement head which is observable after couple of month in all cases of after-surgery patients [Bartoniček J. 2005]. There are two dominant directions of the replacement head migration: median migration into pelvis minor or migration in acetabular lumbrum direction. These migration directions are given in. The aim of this work is to analyse the migration of the replacement head in pelvic bone under various types of loading and shapes of acetabulum.

2. Models

To assess the influenfe of selected parameters on the implant migration a planar model of pelvic bone was developed. To enable easy comparison between patient's X–ray images it is modeled as frontal projection of pelvic bone. The shape of the bone was obtained from X–ray

¹ Ing.Daniel Kytýř ,Doc. Ing. Michal Micka, CSc. , Doc. Ing. Jitka Jírová, CSc., Institute of Theoretical and Applied Mechanics, Prosecká 76, 190 00 Prague 9, e-mail: {kytyr,micka,jirova}@itam.cas.cz

² Prof. Ing. Josef Jíra , CSc., Faculty of Transportation Sciences CTU, Konviktská 20, 110 00 Prague 1, email: jira@fd.cvut.cz

scan. Factors, which could influence the migration are considered as parametrical inputs. The main geometrical factors which may influence the migration of the implant are the CE angle and the direction of loading force. The second model is volumetric which is created from computer tomography data. The development of the model is described in detail in the paper [Vyřichl J. and Jiroušek O. 2005]. In this case the geometry is invariant, there is only one input parameter the direction of the load. There are five different materials used in the planar FE model: steel replacement head, chondral and subchondral bone in the acetabular fossa, cortical bone on the surface and cancellous bone inside the pelvis. There are two materials in the volumetric model: cancellous bone of the pelvic and steel of replacement. All materials except the cancellous tissue are considered by homogeneous, linear and isotropic.

3. Methods

For stress analysis in the pelvic bone the finite element method was used. Boundary conditions were represented by fixation of all surface within the area close to acetabulum. The loading of the acetabulum is modeled by assigning acceleration to the mass steel replacement head. Loading resultant intersect the center of the replacement head. In the volumetric model the plane of interest is 19° inclined from the frontal plane. The planar model was solved in 120 loading steps with different value of acetabular lumbrum CE angle and loading direction. CE angle was varied from 25° to 45° with step set to 2° . This range corresponds with major part of acetabular lumbrum in population. Loading direction was varied from -30° to 20° with step set to 5° . This range is a little bit larger than the range of physiological loading. The volumetric model was solved in 4 loading steps with loading direction -45° , -10° , 0° and 10° .

4. Conclusion

The stress and displacement fields show that primary migration of the replacement head follows the direction of loading. Decrease of CE angle and increase of the loading direction angle concentrates the stress to acetabular lumbrum area. This very disfavoured situation probably follows the migration, therefore the natal predispositions of acetabular lumbrum have high influence on the migration. Analogically, in the case of median loading the consequence of the mechanical load is migration of the implant to pelvis minor region.

5. Acknowledgment

The research was supported by the research grant GAAV IAA200710504 and by the research plan AV0Z20710524 of the Academy of Sciences of the Czech Republic.

6. References

- [Bartonıček J. 2005] Bartonıček J. 2005: *After-surgery clinical record*. Clinic of orthopaedy, 3rd Faculty of Medicine, Charles University, Praha
- [Vyřichl J. and Jiroušek O. 2005] Vyřichl J. & Jiroušek O. 2005: Contact analysis of acetabular cup and pelvic bone. 13th ANSYS Users' Meeting, SVS FEM Brno, Prostějov, pp. I-C-3

MAKING USE OF BALL ELEMENTS IN MULTI-DIRECTION UNDERCARRIAGES OF MOBILE ROBOTS

B. Lacko *

Summary: *The article deals with a design of two multi-direction undercarriages making use of ball elements. Their application is presumed in particular to mobile robots requiring high mobility. They can be also used for other equipment, for instance handling carts in storage rooms. In 2005 the new undercarriage models were granted industrial design numbers by the Industrial Property Office. The article describes technical solutions of undercarriages and emphasizes their advantages.*

1. Úvod

V oblasti podvozků pro mobilní roboty se vývoj zaměřuje dvěma směry:

- Vývoj robustních podvozků pro obtížný terén. Takové podvozky využívá kosmický výzkum, armáda, různé záchranné složky např. hasiči
- Vývoj podvozků pro přesný pohyb v výrobních halách, domácnostech a kancelářích. Takové podvozky používají manipulační robotické systémy, úklidové robotické systémy a jiné typy tzv. osobních robotů.

Předpokládá se, že podvozky pro přesný pohyb robotů budou v budoucnu velmi žádané s ohledem na očekávaný nárůst počtu robotických systémů, na které budou kladeny vysoké nároky na vysokou obratnost a přesné dodržování dráhy.

2. Nové druhy podvozků

Dosavadní podvozky používají především kola jak pro pohon, tak pro vymezení požadované horizontální polohy podvozku. Kola je však potřeba natáčet do směru pohybu podvozku. Tím je upevnění kol v podvozku komplikováno různě složitými závěsy kol a často se natáčením jednotlivých kol ztěžuje manévrování a řízení podvozku.

Také dosavadní všesměrové podvozky používají různě složité konstrukce všesměrových kol. Tato kola jsou výrobně drahá a jejich řízení je poměrně složité.

Cílem nového řešení bylo navrhnout všesměrový podvozek, který by odstraňoval nevýhody obyčejných kolových nebo pásových podvozků a ve srovnání s podvozky, které využívají všesměrová kola, byl výrobně nenáročný a snadno říditelný.

Pro nové řešení se nabízelo využití kulových elementů, které jsou poměrně snadno vyrobitelné a je u nich možno snadno dosáhnout pohybu libovolným směrem.

* Doc. Ing. Branislav LACKO, CSc. : Ústav automatizace a informatiky Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně, Technická 2, 616 69 BRNO. Tel: 541 142 206, e-mail: lacko@fme.vutbr.cz

Nové dva typy všesměrových podvozků:

- Podvozek s hnací koulí, který používá kouli jako hnací prostředek a další pomocné kulové elementy k udržování horizontální polohy podvozku. Koule je poháněna dvěma kladkami, jejichž osy svírají pravý úhel.
- Podvozek s třemi poháněnými kulovými elementy. Tento všesměrový podvozek využívá tři kulových elementů, jejichž středy tvoří v půdorysu vrcholy rovnostranného trojúhelníku. Pohon všech tří kulových elementů je prováděn přitlačovaným pohonným pásem.

Obě řešení jsou registrována jako užité vzory.

3. Závěr

Popsaná řešení dávají možnost vzniku nové generaci podvozků s kulovými elementy, které by poskytovaly mobilním robotům menších rozměrů dostatečnou pohyblivost a vysokou přesnost pohybu. Všesměrové podvozky s kulovými elementy mají výhodu možnosti pohybu kterýmkoliv směrem z výchozího místa. Všesměrový podvozek se třemi kulovými elementy má navíc výhodu v jednoduchém ovládní (natočení pohonného pásu do požadovaného směru a spuštění motoru poháněného válce do potřebného smyslu otáčení) a současný pohon všech tří kulových elementů umožňuje lépe dosáhnout potřebné záběrové síly.

4. Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory výzkumného záměru MSM 0021630518 „Simulační modelování mechatronických soustav“.

5. Literatura

- Soukup, K.: Model of omnidirectional mobile robot with tree wheel. In: Proceedings 6th International Scientific Conference –Mechanical Engineering 2002 Bratislava, p.54-60
- OŠMERA, P. Podvozek s třemi všesměrovými koly. Úřad průmyslového vlastnictví Průmyslový vzor č. 7671. Praha 1998.
- Petrov, M.: Intelligent Systems Engineering: A New Trend in Cybernetics. Chap. 21 of publication „Cybernetics and society on the start of XXI.century“. TU of Brno 2005, p. 113-120
- Pavlovkin, J.: Nástup robotiky do škol. DIDIFO 2003, FPV UMB Banská Bystrica 2003, Str. 88-99 (ISBN 80-8055-768-1)
- Pavlovkin, J.: Programovanie robotov zo stavebníc LEGO. DIDIFO 2004, FPV UMB Banská Bystrica 2004, 116 -120 (ISBN 80-8055-908-2)
- Lacko,B.: Všesměrový podvozek se třemi poháněnými kulovými elementy. Úřad pro patenty a vynálezy 2005 Praha, průmyslový vzor č. 15 950
- Lacko,B.: Podvozek s hnací koulí. Úřad pro patenty a vynálezy 2005 Praha, průmyslový vzor č. 15 951
- Novák, P.: Mobilní roboty – pohony, senzory, řízení. Nakladatelství technické literatury BEN 2005 Praha, 250 s.

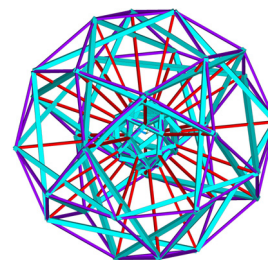
COMPUTATIONAL MODELING OF MECHANICAL BEHAVIOUR OF CELL

R. Lebiš, J. Burša¹

Summary: *Mechanical stimuli represent a very important factor influencing cellular processes and functions. The knowledge about mechanical properties of cells is necessary for understanding how cells response to mechanical load. The aim of our research is to develop a credible computational model of mechanical behaviour of a single cell; the results will contribute to solving of the mechanotransduction problems and to identifying of mechanical properties of the cell components. The overview of the results achieved in this field is presented in this paper.*

1. Úvod

Je známo, že mechanické zatížení je jedním z faktorů, které významně ovlivňují fyziologické a patologické procesy probíhající v živých tkáních. Chceme-li porozumět podstatě těchto procesů a mechanismům, kterými dochází k jejich ovlivnění mechanickým zatížením, je třeba se ve výzkumu zaměřit na základní funkční a strukturní prvky, na jejichž úrovni jsou tyto procesy iniciovány. Touto základní jednotkou u všech živých organismů je eukaryotická buňka. V našem výzkumu se zabýváme popisem mechanického chování buněk pomocí výpočtového modelování a našim hlavním cílem je **vytvořit věrohodný výpočtový model mechanického chování buňky, zahrnující všechny z mechanického hlediska podstatné strukturní složky a identifikace jeho parametrů na základě výpočtových simulací experimentů prováděných na buňkách.** Náplní příspěvku je shrnutí námi dosažených výsledků z této oblasti. V minulosti jsme prezentovali výpočtovou simulaci tahové zkoušky buňky, která byla modelována jako homogenní izotropní elastické kontinuum a výpočtovou simulaci zkoušky průniku za použití strukturního modelu buňky se šestinosníkovou tensegritní strukturou. V této práci jsme se zaměřili na tvorbu složitějšího strukturního modelu buňky s realističtější topologií cytoskeletu.



Obr. 1 Model cytoskeletu

2. Tvorba MKP modelu

Model geometrie zahrnuje všechny z mechanického hlediska podstatné strukturní prvky, tj. cytoplasmu, cytoskelet a jádro. Membrána a membránový skelet není na rozdíl od modelu

¹, Ing. Radek Lebiš, Doc. Ing. Jiří Burša, Ph.D, Inst. of Solid Mechanics, Mechatronics and Biomechanics, Brno University of Technology, Technická 2, 616 69, Brno, bursa/janicek@fme.vutbr.cz, r.lebis@post.cz.

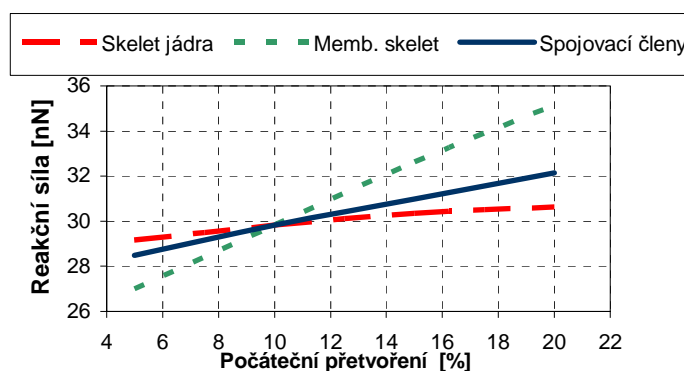
prezentovaného v práci Lebiš R., Burša J, 2005 modelován jako skořepina, ale je součástí tensegritního modelu cytoskeletu.

Cytoskelet je modelován pomocí dvou 30-ti nosníkových tensegritních struktur, jedna z nich představuje kortikální (membránový) skelet a druhá skelet jádra. Tyto dvě části jsou navzájem propojeny nosníkovými prvky, které představují intermediální vlákna nebo mikrotubuly. Tento model cytoskeletu obsahuje dvakrát 30 tlakových členů, dvakrát 60 tahových a 30 členů spojujících kortikální skelet se skeletem jádra v jejich uzlových bodech, z nichž 30 je na povrchu buňky, kde představují mechanosenzitivní receptory. Při modelování materiálových vlastností všech buněčných komponent používáme z důvodu snadnější identifikace konstitutivních parametrů lineárně – elastický izotropní homogenní konstitutivní model.

3. Testovací výpočty

Práce na tomto modelu se prozatím nachází ve stádiu odladování a testování, proto pomocí tohoto modelu byly provedeny pouze orientační výpočty při simulaci tahové zkoušky. Tři testovacích výpočtech jsme vyhodnocovali:

- vliv velikosti předpětí ve složkách cytoskeletárního aparátu na velikost reakční síly v mikropipetách
- vliv spojovacích členů na velikost reakční síly v mikropipetách.



Obr. 2 Vliv počátečního přetvoření ve složkách cytoskeletu na reakční sílu při tahové zkoušce při protažení o $3\mu\text{m}$

4. Závěr

Výsledky testovacích výpočtů ukazují, že při zvětšujícím se počátečním přetvoření v cytoskeletu vzrůstá celková tuhost buňky téměř lineárně. Při analýze vlivu předpětí jednotlivých strukturních složek cytoskeletu bylo zjištěno, že největší vliv na změnu tuhosti tohoto modelu buňky má předpětí membránového skeletu, nejmenší vliv byl zaznamenán u skeletu jádra. Při zkoumání vlivu propojovacích členů na reakční sílu v mikropipetách bylo zjištěno, že významně zvyšují tuhost buňky. Tento model představuje podstatné vylepšení oproti modelu se šestinosníkovou tensegritní strukturou cytoskeletu 0. Obsahuje větší počet prvků modelujících mikrotubuly, mikrofilamenta i intermediální vlákna, a také větší počet uzlových bodů (receptorů). Tím, že modeluje zvlášť membránový cytoskelet, cytoskelet jádra a jejich propojení, je umožněno vyhodnocování vlivu mechanického zatížení povrchu buňky na deformačně napěťový stav v jádře, což je nezbytné pro studium mechanotransdukce.

5. Literatura

Lebiš R., Burša J (2005) Influence of cell components' stiffness on the results of the indentation test. Engineering Mechanics 2005, Svratka, CZ, pp.195-196

THE PROBABILITY METHOD SIBRA USED IN FIELD OF STRESS RELAXATION BY CREEP

J. Lenert*

Summary: *This paper deals with possibility of using SBRA method for determination of stress relaxation by creep for direct stress. The assessment of present state of creep problems is here given. Specifically deals with the determination of stress as dependence on time. Further is the problem solved for changing temperature. Finally the results are applied for creep data of material X22CrMoV12.1, for which stress histograms for relaxation curves (dependence of instantaneous stress on time) were created.*

1. Úvod

S vývojem vysoce výkonných strojů, které vyžadují dosáhnout dlouhodobé služby za teplot kolem 800°C, přicházejí do popředí problémy spolehlivosti jednotlivých součástí těchto zařízení. Pro moderní výpočtové metody je nutno znát celou řadu charakteristických veličin, klasifikujících jak vlastnosti materiálu, tak celý komplex provozních podmínek. Velmi významné jsou z uvedených hledisek i problémy relaxace napětí při tečení materiálu.

2. Navrhovaná koncepce

Okamžitá deformace v závislosti na čase, potřebná pro stanovení relaxace napětí za creepu se určí z rovnice

$$\varepsilon(t) = \varepsilon(0) - \varepsilon_c = \frac{\sigma(0)}{E} - \varepsilon_c = \frac{\sigma(t)}{E}, \quad (1)$$

kde $\sigma(0)$ je počáteční napětí, $\varepsilon(0)$ nebo $\sigma(0)/E$ je počáteční deformace, ε_c je okamžitá deformace a $\sigma(t)$ je napětí v čase t . Pro okamžitou deformaci ε_c byla na našem pracovišti navržena rovnice (Lenert et al., 1987; Lenert, 1993)

$$\varepsilon_c = B\sigma^n \cdot f_2(T) \cdot t^r \exp[C(\sigma, T)t^p], \quad (2)$$

kde

$$f_2(T) = T^m \exp[-U / RT]. \quad (3)$$

* Prof. Ing. Jiří Lenert, CSc.,: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra pružnosti a pevnosti, Tř.17.listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba; +420.597 321 232, fax: +420.596 916 490; e-mail: jiri.lenert@vsb.cz

Po dosažení do rovnice (1) a řadě matematických operací byl pro napětí $\sigma(t)$ odvozen vztah

$$\sigma(t) = \left[\sigma_{(0)}^{1-n} - (1-n)EBf_2(T)Z \right]^{\frac{1}{1-n}}, \quad (4)$$

kde

$$Z = t^r \left\{ a \sum_{i=0}^k \frac{[C(\sigma, T)t^p]^i}{i!} + \frac{[C(\sigma, T)t^p]^{k+1}}{\frac{r}{p} + k + 1} \cdot \frac{1}{k!} \right\}. \quad (5)$$

3. Vyhodnocení experimentálních výsledků

Jako příklad byla provedena analýza relaxace napětí pro proměnnou teplotu. Hodnoty konstant rovnic (2) a (3) pro vybraný soubor materiálu X22CrMoV12.1 byly stanoveny lineární regresí. Konstanta p byla stanovena metodou „pokus-chyba“, tedy byla vybrána hodnota konstanty ze zadaného vektoru tak, aby směrodatná odchylka byla nejmenší. Zkoumaný soubor obsahoval 210 experimentálních hodnot pro teploty 500 a 550°C a napětí v rozsahu 200÷250MPa.

Na rovnici (4) byla aplikována plně pravděpodobnostní metoda SBRA (Simulation Based Reliability Assessment). Byly stanoveny histogramy napětí pro zadané doby formou počítačové simulace Monte Carlo a programu M-STARTM (Marek et al., 2001). Histogramy byly stanoveny pro počáteční napětí $\sigma(0) = 200\text{Mpa}$ a proměnnou teplotu s normálním rozložením $T = 500.NI-4^0C$.

4. Závěr

Z analýzy získaných výsledků lze učinit závěr, že navrhovaná rovnice (4) je vhodná pro stanovení napětí v čase t . Rovnice je rovněž vhodná i pro stanovení okamžitého napětí v případě zadané konstantní počáteční deformace.

Mění-li se teplota během zkoušky v rozumných mezích (např. podle normálního rozdělení), lze pravděpodobnostní metodou SBRA prokázat zřejmý vliv teplot na výslednou hodnotu napětí pro daný čas.

5. Poděkování

Příspěvek byl vypracován v rámci řešení projektu Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je 103/04/1451.

6. Literatura

- Lenert,J.,Brázdil,V. & Foldyna,V. et al. (1987) Analytische Beschreibung des Wachstums plastischer Verformung beim Kriechen. VI. *Symposium Warmfeste metallische Werkstoffe*, Zittau.
- Lenert.J.(1993) Creep Curve Fitting Procedure and Stress Relaxation. *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské v Ostravě*, číslo 1,ročník XXXIX, řada strojní, článek 1094, pp.39-47.
- Marek, P.,Brozetti,J. & GUŠTAR, M. (2001) Probabilistic Assessment of Structures using Monte Carlo Simulation, Background, Exercises, Software. *Published by ITAM CAS CR*, Prague, Czech Republic, , ISBN 80-86246-08-6.

THE ANALYSIS OF ROLLING FORCES AND MOMENTS AT WELDLESS TUBE ROLLING

P. Macura*, A. Fiala*

Summary: *The paper is devoted to the problems of rolling forces and moments analysis at weldless tube rolling. A lot of roll breaking on the pilger mill arised by rolling on the Mannesmann rolling mill VÍTKOVICE at the last time. Large measurements of rolling forces and moments were realized by rolling of wide range of weldless tubes. The results of measurements were used to the analysis of loading of pilger mill and to the search for the precaution to the reduction of number of roll breakings.*

1. Úvod

Při válcování bezešvých trub na poutnické stolici válcovací tratě Velký Mannesman ve VÍTKOVICÍCH docházelo v poslední době k velmi častým lomům válců, což vedlo k velkým finančním ztrátám jednak na strojním zařízení, jednak v důsledku poklesu výrobnosti. V rámci řešení tohoto problému se provedla podrobná analýza zatížení strojního zařízení včetně rozsáhlého měření válcovacích sil a krouticích momentů na poháněcích vřetenech poutnické stolice. Obsahem předloženého příspěvku jsou některé výsledky, získané při řešení této problematiky.

2. Technologie válcování bezešvých trub

Jedním z technologických postupů válcování bezešvých trub je výroba na válcovací trati Mannesman. Tato trať sestává ze dvou hlavních technologických zařízení. V prvním probíhá proces děrování předvالكů kosým válcováním a ve druhém se vyděrovaný předvالك válcuje na trnu na konečný rozměr v poutnické stolici.

3. Měření válcovacích sil a momentů

Válcovací síly se na poutnické stolici měřily pomocí tenzometrických siloměrných snímačů 6,3 MN tlakového typu vlastní konstrukce, zabudovaných mezi stavěcí šrouby a ložisková tělesa horních válců. Snímače byly srovnány na stejný výstup a kalibrovány na lisu 25 MN na VŠB-TU Ostrava. Odchyłka od linearity dle kalibračního protokolu byla menší než 0,5%.

Pro měření krouticích momentů se na vřetena nalepily čtyři tenzometry na společné podložce pod úhlem 45° k podélné ose vřeten. Měřený výstupní signál a napájení tenzometrů se přenášelo mezi rotujícími vřeteny a měřicí ústřednou kontaktně přes měděné pásy a struny.

* prof. Ing. Pavel Macura, DrSc, Ing. Antonín Fiala: Katedra pružnosti a pevnosti, VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava – Poruba; tel: +420 596 993 598, fax: +420 596 916 490; e-mail: pavel.macura@vsb.cz

Protože velikost krouticích momentů na vřetenech válcovacích stolic nelze jednoduše mechanicky kalibrovat, musí se závislost mezi výstupním signálem tenzometrů a velikostí krouticího momentu odvodit výpočtem. Dle nauky o pružnosti a tenzometrie platí mezi krouticím momentem M_k a hlavní poměrnou deformací ε ve směru nalepení tenzometrů vztah:

$$M_k = \frac{\pi \cdot D^3 \cdot E}{16 \cdot 4 \cdot (1 + \mu)} \varepsilon \quad (1)$$

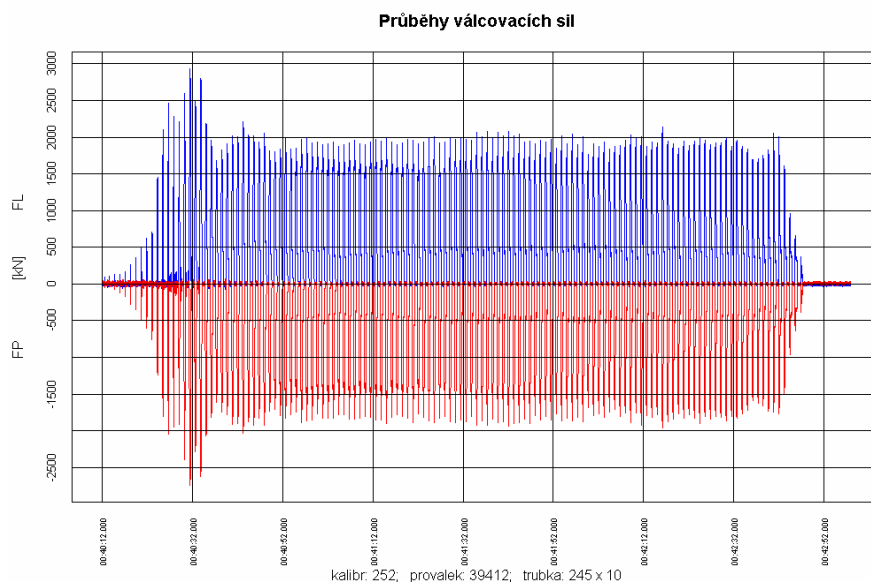
Výstupní signály ze siloměrných snímačů a vřeten byly ukládány v paměti měřicí ústředny PORT 200 firmy DEWETRON, z ní pak převedeny v ASCII kódu do paměti počítače a dále se zpracovávaly pomocí speciálního programu. Výsledky měření jsou shrnuty ve formě tabulek s vyhodnocením středních a maximálních hodnot všech měřených veličin a pro některé případy válcování se vytiskly oscilografické záznamy. Jako příklad je na obr. 1 uveden naměřený průběh válcovacích sil, každé maximum odpovídá jedné otáčce válců. Vzhledem k velké dynamice naměřených sil a momentů se volila frekvence snímání 500 měření za vteřinu.

4. Závěr

Výsledky měření ukázaly nadměrné zatížení válcovací stolice při válcování některých sortimentů trubek a slouží jako podklad pro další analýzu a optimalizaci válcovacího procesu, podrobně jsou uvedeny v práci [1].

5. Literatura

- [1] Macura, P. a kol.: Výsledky měření technologických parametrů válcování na poutnické stolici tratě „VM“ ve VÍTKOVICÍCH. Technická zpráva č. 02 – 05, VŠB-TU Ostrava, červen 2005.



Obr. 1

LIMIT RESPONSE OF MASONRY PLATE STRUCTURE UNDER EXPLOSION EFFECT

D. Makovička^{*}, D. Makovička^{**}

Summary: *The paper is based on the variant dynamic response analysis of a masonry wall structure loaded by the shock pressure waves produced by the explosion of a methane-air mixture on the rear side of the masonry partition. The theoretical analysis is compared with the results of experimental verification. The manner of dynamic response is discussed, both the origin of the first cracks in the structure and the collapse of the whole structure in dependence on the load overpressure time function, tensile stresses in the joints and on the deflections of the structure. Finally, the paper derives the principles of the failure of the masonry structure also for the relatively long duration of the explosion.*

Príspevek je venovaný analýze odezvy cihelných příčkových stěnosedek rozměrů 2200×2575 mm při jejich opakovaném zatížení výbuchem. Při těchto extrémních zatíženích, o délce trvání několika sekund a velikosti zpravidla přesahujících normovou únosnost, dochází k viditelným poruchám zdiva, které se projevují trhlinami ve zdících prvcích a ve výplni spár mezi nimi. Důsledkem těchto poruch je snižování zbytkové únosnosti zdiva a změna jeho mechanických vlastností; především se jedná o pokles modulu přetvárnosti zděné konstrukce a tomu odpovídající nárůst průhybů a změna spektra vlastních frekvencí.

Při opakovaném dynamickém zatěžování se u konstrukce projevuje nárůst průhybů. Tyto průhyby jsou v lineárně pružné oblasti a po odeznění zatížení se průhyb u většiny zkoušek vrací do původní nulové pozice, bez trvalého přetvoření. Narůstající pružný průhyb konstrukce ve směru působení ohybového zatížení lze vysvětlit změnou pevnostních charakteristik zdiva, tedy především jeho integrální veličiny modulu přetvárnosti E_{def} . Při opakovaném zatížení tento modul velmi razantně klesá až na přibližně dvoutřetinové hodnoty, ne však níže, než je uvedeno v normě ČSN 73 1101 pro zatížení v blízkosti dvojnásobku překročení meze pevnosti v tlaku. Dalším výsledkem experimentálního testování ohybově namáhaného zdiva je skutečnost, že normová mez pevnosti zdiva v tahu za ohybu R_{tfd} je stanovena podle ČSN 73 1101 s více než řádovou bezpečností. O způsobu porušení zdiva však tato mez pevnosti v tahu za ohybu R_{tfd} nerozhoduje. Překročení meze pevnosti R_{tfd} , ať již zdiva jako celku nebo jeho jednotlivých prvků (cihel a maltové výplně spár), sice vede ke vzniku trhlin, ale trhliny samotné nezpůsobují ztrátu stability zdiva a jeho celkovou havárii.

* Doc. Ing. Daniel Makovička, DrSc.: České vysoké učení technické v Praze, Kloknerův ústav; Šolínova 7, 166 08 Praha 6; tel.: +420 224 353 856, fax: +420 224 353 511; e-mail: makovic@klok.cvut.cz

** Ing. Daniel Makovička, Statika a dynamika konstrukcí; Šultysova 170, 284 01 Kutná Hora; tel.: +420 608 029 251; e-mail: d.makovicka@makovicka.cz

Tabulka 1 Porovnání výsledků experimentů s výpočtem odezvy

Zed' tloušťky 65 mm					Zed' tloušťky 290 mm				
Měření zkouška	ρ_{\max} [kPa]	y_{\max} [mm]	y^*_{\max} [mm]	E_{def} [MPa]	Měření zkouška	ρ_{\max} [kPa]	y_{\max} [mm]	y^*_{\max} [mm]	E_{def} [MPa]
Měření 4, zkouška:					Měření 3, zkouška:				
2	6,23	Neměřen			1	20,50	0,183	0,0089	2016
3	2,09	4,821	2,3064	732	2	42,00	0,450	0,0107	1841
4	2,41	6,506	2,7007	629	3	38,00	0,396	0,0104	1869
5	6,76	22,640	3,3470	512	4	52,00	0,580	0,0112	1796
6	6,72	23,952	3,5645	494	5	93,00	1,381	0,0149	1432
7	5,79	Destrukce			6	39,09	0,452	0,0116	1757
Měření 5, zkouška:					Výpočet:				
1	5,23	12,859	2,4573	693	A	1,00	0,013	0,0134	1575
2	4,30	9,618	2,2378	750	B	1,00	0,017	0,0172	1200
3	3,75	9,144	2,4377	698	C	1,00	0,026	0,0257	774
4	7,06	Destrukce			D	1,00	0,036	0,0363	536
Výpočet:					E	1,00	0,071	0,0709	268
A	1,00	2,145	2,1450	774					
B	1,00	3,058	3,0580	536					
C	1,00	6,252	6,2524	268					

Vysvětlivky: E_{def} ... modul přetvárnosti, ρ_{\max} ... maximální přetlak zatížení, y_{\max} ... maximální průhyb, y^*_{\max} ... průhyb přepočtený pro maximální přetlak 1 kPa

Při ohybovém zatížení zděné konstrukce rozhoduje o jejím porušení především vliv nadměrného průhybu. Kritériem porušení je mezní pootočení (úhel lomu), které je definováno jako úhel, který svírají dvě tuhé desky po vytvoření plastických kloubů ve středu a na okrajích rozpětí konstrukce v době těsně před porušením. Podle výsledků experimentů je tento úhel pro zdivo přibližně 3° . Pro železobeton bývá udáván hodnotou od $2,3^\circ \sim 3,4^\circ$ (podle A. A. Gvozdeva) až po $5,7^\circ$ (podle R. Saligera a E. Bittnera). V našem případě je úhel ψ mezního pootočení definován:

$$\psi = 2 \arctg(2y/l) \quad (1)$$

kde y je maximální dosažený průhyb desky (ve středu rozpětí) a l je rozpětí konstrukce v kratším směru.

Pokud bychom celkové porušení konstrukce odvozovali z normové pevnosti zdiva v tahu za ohybu, pak bezpečnost konstrukce před celkovou havárií je více než stonásobná. U zdi tloušťky 65 mm se podařilo při experimentu její zatěžování až do okamžiku celkové havárie. U zdi tloušťky 290 mm k celkové havárii nedošlo – vzhledem k vybavení a možností pokusné štolý nebylo dále možné zvyšovat intenzitu výbuchového zatížení. V našem případě bylo pro danou geometrickou konfiguraci zkoušených zdí rozhodující mezní natočení zdiva ve směru kratšího (vodorovného) rozpětí ve střední části konstrukce.

Literatura

ČSN 73 1101 (1980) *Navrhování zděných konstrukcí*, Český normalizační institut, Praha.

Makovička, D. & Makovička, D. (2004) Failure of masonry under explosion effect, *SUSI VIII*, WIT Press, Southampton, pp. 475-484.

ORIENTATION OF STRESS TENSORS IN TRANSFORMED MATTERS

J. Maláček*

Summary: *Suitable processing of image informations of transformed matters can be the basis to determine a stress tensors field inclusive of boundary conditions of a deformed area. The image of deformation is the information of inhomogeneity of transformed matters which has no continuum characteristics..*

1. Úvod

Napětí, lépe napjatost, je ve fyzice a v mechanice kontinua popisováno jako tenzor. Při určitém zjednodušení, například působí-li napětí na určitou vybranou elementární plošku, má toto napětí silový účinek a možno je do jisté míry posuzovat jako vektor. Takový silový účinek napětí na elementární plošce má směr, neboť síla je vektor, tento směr při správném výběru napětí a elementární plošky je totožný se směrem přetváření – deformace hmoty – tedy se směrem přemístování jednotlivých elementů **dm** hmoty po drahách – trajektoriích o elementy **ds** těchto drah. Tyto trajektorie mohou být vhodnou metodou (např. 3D ultrazvuk. sondou) zaznamenány, zaznamenaný obraz vyžaduje další matematické zpracování, (např. metodou fázové korelace). Pokud posuv elementů hmoty po sousedních trajektoriích – proudnicích probíhá různou rychlostí, je možno tyto trajektorie považovat za kluzné čáry. Toto obrazové zpracování deformace – přetváření je podstatnou informací o nekontinuitě procesu.

2. Pozitivní a negativní Mohrova kružnice, mezní čára

Směrové účinky smykového napětí v kluzných rovinách mohou být přiblíženy nejprve parametrickými rovnicemi např. negativní Mohrovy kružnice, kde pro $\sigma_1 > \sigma_3 > \sigma_2$ má τ_{xy} zřejmě hodnotu zápornou pro $2\alpha \in (0; \pi)$.

$$\sigma_x = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cdot \cos 2\alpha \quad (1) \quad \tau_{xy} = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2} \cdot \sin 2\alpha \quad (2)$$

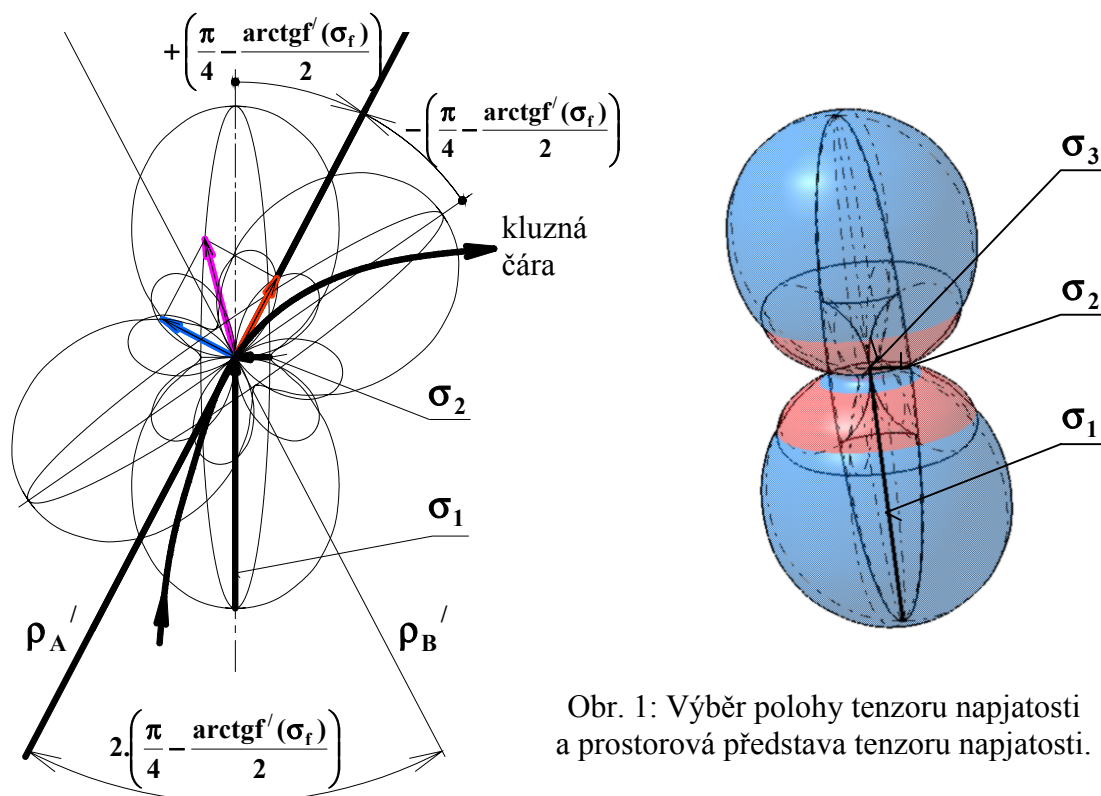
Mezní napětí smykové τ_f a normálové σ_f musí vyhovovat rovnici mezní čáry $\tau_f = \pm f(\sigma_f)$, což je obalová čára všech mezních Mohrových kružnic v Mohrově rovině,

$$\text{úhel mezi směry účinků napětí } \sigma_1 \text{ a napětí } \tau_{xy} \equiv \tau_f \text{ má hodnotu } \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\arctg f'(\sigma_f)}{2} \right). \quad (3)$$

* Ing. Jiří Maláček, Ph.D.: Ústav dopravní techniky, VUT v Brně, FSI,
 Technická 2896/2, 616 69 Brno; tel.: +420.541 142 428, fax:+420.541 142 425;
 e-mail: malasek@fme.vutbr.cz

3. Určení orientace tenzoru napjatosti ve zvoleném bodě kluzné čáry

Pokud určíme parametrické rovnice kluzné čáry a parametrem je délka křivky, je možno ve zvoleném bodě kluzné čáry určit tečnu, hlavní normálu a binormálu kluzné čáry. Tečna - totožná se směrem mezního smykového napětí τ_f , hlavní normála, největší σ_1 a nejmenší σ_2 hlavní napětí leží v oskulační rovině kluzné čáry, třetí hlavní napětí σ_3 leží v binormále kluzné čáry. Největší hlavní napětí je od kluzné čáry odkloněno o úhel dle vztahu (3) v kladném, nebo záporném smyslu – to řeší následující obr. 1.



Obr. 1: Výběr polohy tenzoru napjatosti a prostorová představa tenzoru napjatosti.

3. Závěr

Řešení výběru polohy tenzoru napjatosti je popsáno v plném textu.

4. Poděkování

Publikovaných výsledků bylo dosaženo za podpory ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky, výzkumný záměr MSM 0021630518 "Simulační modelování mechatronických soustav".

5. Literatura

- Gere, J.M. & Timoshenko. (1989) Mechanics of materials. Chapman and Hall. Third SI Edition, pp.378-404. ISBN 55-503-79.
- Malášek, J. (2004) Mísení a kompaktování partikulárních látek. ISBN 80-214-2603-9.
- Rektorys, K. (1981) Přehled užité matematiky, pp. 67-70, 185. ISBN 04-003-081.

SMALL AUTONOMOUS ROBOT FOR PRACTICAL VERIFYING OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS

T. Marada¹, P. Houška², T. Paseka³

Summary: *Robot localization and path planning belong to actual problems in robotics. The paper is focus on design of small autonomous robot for practice verifying artificial intelligence methods. The physical model was designed with respect to its simple construction, unpretentious production and relatively little cost but sufficient capability for performing different experiments.*

1. Úvod

Z důvodu nutnosti praktického ověřování algoritmů umělé inteligence, lokalizace a navigace vznikl na Ústavu informatiky a automatizace FSI VUT v Brně autonomní robot. Tento robot je možno použít také v soutěži kategorie IEE Micromouse, případně po výměně desky senzorů v kategorii Path-Follower. Hlavní část tohoto článku je věnována hardwarové konstrukci tohoto robotu.

2. Popis architektury

Celá konstrukce je podřízena co největší univerzálnosti a pokud možno co nejnižší ceně. Koncepce je založena na pohonu dvěma krokovými motory, které kromě pohybu vpřed a vzad zajišťují také manévrování na diferenciálním principu řízení. Změna směru pohybu je realizována různou rychlostí otáčení kol. Aby se robot nepřevrátil je vybaven dvěma kulovými podpěrami.

V přední části robotu jsou umístěny tři senzory GP2D120 od firmy SHARP. Tyto senzory mají rozsah měření 4 až 30cm. Jedno měření trvá $38.3\text{ms} \pm 9.6\text{ms}$, což přibližně odpovídá vzorkovací frekvenci 20Hz. Pro měření vzdálenosti využívají principu optické triangulace, kdy laserový paprsek vytváří na měřeném objektu nepatrný světelný bod. Detekci úhlu odrazu tohoto světelného bodu je vypočtena vzdálenost senzoru od měřeného objektu. Velkou výhodou metody optické triangulace je pouze malý rozdíl v měření při bílé nebo černé překážce.

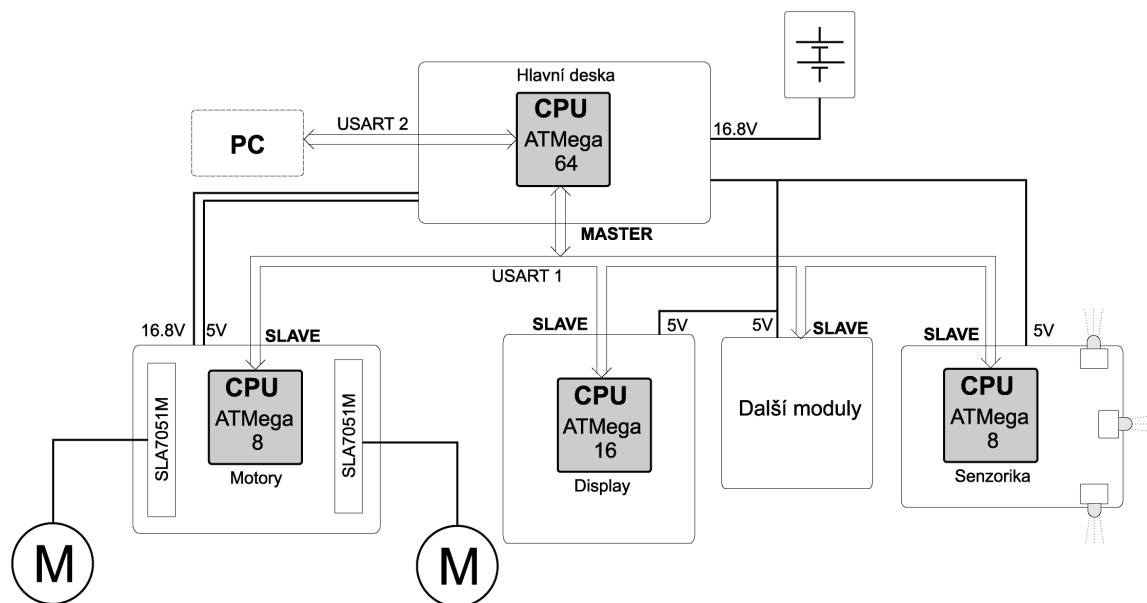
Řídicí systém je rozdělen na čtyři hlavní části a to na hlavní CPU, systém senzorů, systém řízení motorů a systém displeje a tlačítek. Blokové schéma je na obr. 1.

¹ Tomáš Marada, Ing., Ph.D., VUT v Brně, FSI ÚAI, Technická 2, 616 69 Brno, Czech Republic, tel: +420 541143358, email: marada@fme.vutbr.cz

² Pavel Houška, Ing., Ph.D., VUT v Brně, FSI ÚAI, Technická 2, 616 69 Brno, Czech Republic, tel: +420 541143358, email: houska.p@fme.vutbr.cz

³ Tomáš Paseka, VUT v Brně, FSI ÚMTMB, Technická 2, 616 69 Brno, Czech Republic, email: sniper.psk@seznam.cz

Napájení všech modulů je zajištěno čtyřmi články LiIon CGR18650 / 4.2V zapojených sériově. Výsledné napětí je tedy cca. 16,8V. Tak vysoké napětí se používá pro napájení motorů z důvodu dosažení pokud možno co největšího kroutícího momentu.



Obrázek 1: Blokové schéma robotu

3. Závěr

Tento první model robotu pro ověřování algoritmů umělé inteligence ukázal, že zvolená koncepce robotu je dobrá. Podařilo se sestavit robot s dobrým poměrem cena / výkon. Jediným problémem který se zatím vyskytl je schopnost senzorů měřit vzdálenost pouze do vzdálenosti přibližně 30cm. Na větší vzdálenost již není možno překážku přesně změřit, ale je možnost ji do vzdálenosti cca. 50cm detekovat. Přidáním senzoru s větším měřicím rozsahem by se tento případný nedostatek odstranil. Na zamýšlenou úlohu Micromouse (myš v bludišti) však nemá tento nedostatek podstatný vliv.

4. Poděkování:

Tato práce je podporována projektem MSM 0021630518 „Simulační modelování mechatronických soustav“.

5. Použitá literatura:

- [1] Věchet S., Krejsa J., Grepl R.: How to build a robot with no money, merkur, lego and old stepper motor, Inženýrská mechanika 2005, Svratka 2005.
- [2] Švehlák M.: Design of small laboratory quadruped robot, Inženýrská mechanika 2004, Svratka 2004.

PROBABILISTIC ASSESSMENT OF THE FATIGUE LIFE OF TUBULAR STEEL SUPPORTS OF ŽDÁKOV BRIDGE

P. Marek*, M. Vlk**

Summary: *The advances in computer technology and reliability theory allow for introduction of qualitatively new probabilistic reliability assessment methods, such as Simulation-Based Reliability Assessment Method, SBRA, in designer's work. Using a pilot example, the safety probabilistic assessment procedure is explained and the probability of failure of a steel structure exposed to fatigue damage due to wind load is calculated.*

Počítačová revoluce a rozvoj teorie spolehlivosti vytvářejí předpoklady k přechodu od dosavadních deterministických a polopravděpodobnostních metod posuzování spolehlivosti konstrukcí k metodám pravděpodobnostním plně využívajícím potenciál výpočetní techniky. Na příkladě hodnocení únavového poškození ocelových stojek žďákovského mostu kmitajících při zatížení větrem je v předložené studii demonstrována strategie pravděpodobnostního posudku ocelové konstrukce na únavu založeného na metodě SBRA [1] a [2]. Pravděpodobnost poruchy únavou je u vyšetřovaných stojek funkcí času, vstupní údaje do hodnocení kumulace poškození únavou jsou vyjádřeny neparametrickým rozdělením a k analýze funkce spolehlivosti

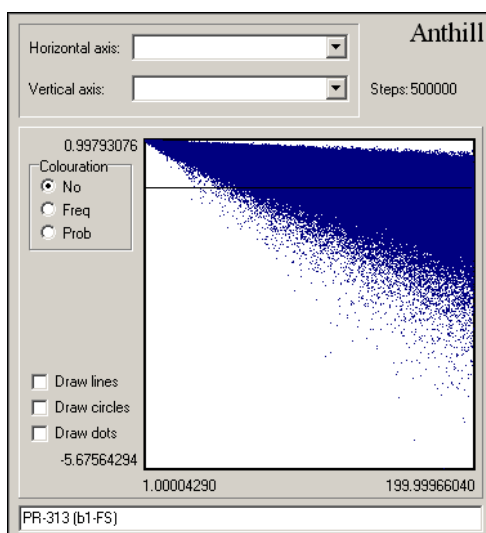
Montáž ocelového *Žďákovského mostu* spojujícího vltavské břehy u osady Orlík nad Vltavou byla dokončena v roce 1965. U tohoto ve své době největšího jedno-obloukového ocelového mostu na světě (o délce 540 m, rozpětí hlavního dvoj-kloubového oblouku 330 m a vozovce cca 50 m nad hladinou přehradního jezera) byla krátce po dokončení hlavní nosné konstrukce pozorována nezanedbatelná dynamická odezva čtyř nejdelších ocelových oboustranně kloubově uložených stojek podpírajících mostovku. Stojky jsou ocelové roury o průměru 1 m a výšce 40 m. Při větrech vanoucích v severojižním směru rychlostí cca 7 až 11 m/s docházelo k intenzivnímu příčnému kmitání, při čemž odpovídající cyklické napětí v nejvíce exponovaných místech vytvářelo reálné předpoklady ke vzniku a šíření únavových trhlin a k možné následné havárii mostu. Způsob sanace stojek, vybraný z několika navrhovaných možností, spočíval ve změně jejich dynamických charakteristik vyplněním do cca 80 % výšky štěrkem; čímž byla výrazně sníženy jak vlastní frekvence (z 1,6 Hz na cca 0,73 Hz), tak i amplituda kmitání a rozkmity napětí, což prakticky vyloučilo další akumulaci poškození únavou v kritických lokalitách.

* Prof. Ing. Pavel MAREK, DrSc., ÚTAM AV ČR, Prosecká 76, 190 00 Praha 9; e-mail: marek@itam.cas.cz

** Doc. Ing. Miloš VLK, CSc., Fakulta strojního inženýrství VUT Brno, Technická 2, 616 69 Brno; tel.: +420.541 142 886; e-mail: vlk@fme.vutbr.cz

Po více než třech dekádách od sanace stojek bylo nebezpečí jejich porušení únavou připomenuto v rámci rozvoje pravděpodobnostní metody SBRA [1], [2], [17] stručnými studii [3] a [4]. Předmětem předloženého příspěvku je rozšířený a zdokonalený pravděpodobnostní posudek poruchy únavou v závislosti na čase od dokončení montáže mostu. Zdůrazněna je strategie a jednotlivostí pravděpodobnostního posudku spolehlivosti z hlediska nových poznatků i možností výpočetní techniky.

Poznatky z oblasti inženýrské spolehlivosti konstrukcí vytváří předpoklady k přechodu od současných deterministických a polopravděpodobnostních metod posuzování spolehlivosti uplatněných v současných normách k metodám plně pravděpodobnostním (viz např. metoda SBRA), což je naznačeno níže v rozboru procesu posudku pravděpodobnosti vzniku únavové poruchy stojek s využitím simulačních algoritmů. Pozornost je věnována zejména: (a) určení délky doby provozu pro zvolenou pravděpodobnost poruchy, a (b) stanovení pravděpodobnosti porušení pro definovanou délkou doby provozu. Na obr. 1 proud „mravenců“ naznačuje rozptyl hodnot funkce spolehlivosti v závislosti na čase.



Obr. 1 Rozptyl hodnot funkce spolehlivosti v závislosti na čase

Vyšetřování mezního stavu únavového poškození (a odpovídajícího porovnání pravděpodobnosti poruchy s návrhovou pravděpodobností z hlediska posudku bezpečnosti) je významně ovlivňováno četnými veličinami, faktory náhodného charakteru a vlivy. Výstižný posudek inženýrské spolehlivosti nutně musí respektovat tuto skutečnost. Dosavadní vyjádření spolehlivosti součinitelem bezpečnosti má velmi nízkou vypovídací hodnotu. Podstatně kvalitativně vyšší je posudek založený na pravděpodobnostním pojetí, viz např. metoda SBRA, dovolující na pravděpodobnostním základě stanovit dobu provozu pro zvolenou pravděpodobnost poruchy.

Rozvoj výpočetní techniky a softwarových produktů umožňuje provádět tuto činnost dnes již rutinním způsobem. V předložené práci byla použita metoda SBRA a programový systém Anthill využívající přímou simulační techniku Monte Carlo.

Literatura

- [1] Marek, P., Guštar, M. and Anagnos, T. (1995). *Simulation-Based Reliability Assessment for Structural Engineers*. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida.
- [2] Vlk, M. (2001). Pravděpodobnostní posouzení zbytkové životnosti svarového spoje metodou SBRA. *Ocelové konstrukce*, roč. 3, č. 4, s. 26-28

Další reference jsou uvedeny v plném znění příspěvku na CD ROM

Oznámení:

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je 103/04/1451.

RESEARCH REACTOR IRT-2000 IN SOFIA RECONSTRUCTION - DESIGN AND SEISMIC COMPUTATION

P. Markov^{*}, V. Valenta^{**}

Summary: *The presented paper deals with the research reactor IRT-2000 that entered service in 1961 at the Bulgarian Academy of Sciences in Sofia. The reactor is shut down presently and works on its reconstruction have been launched. The text describes the history and design of the original reactor and a new structural design and its merits. Strength and seismic analysis, which are key subject matter of this contribution, have been executed in the frame of the reconstruction.*

1. Úvod

V roce 2002 vyhlásila Bulharská akademie věd (BAV) veřejnou soutěž na zpracování projektu „Rekonstrukce výzkumného reaktoru IRT-2000 v Sofii“. S cílem získat tuto zakázku založila společnost ŠKODA JS a. s. konsorcium s bulharskou projekční organizací AEP (AtomEnergoprojekt) Sofia pod názvem INTERATOM. V roce 2003 pak byla podepsána mezi BAV a konsorciem INTERATOM smlouva na zpracování tohoto projektu.

V roce 2004 pak firma ŠKODA JS a. s. zvítězila i v tendru na dodávku zařízení reaktoru (bazén reaktoru a veškeré vnitřní a související zařízení) a bazénu vyhořelého paliva. Ostatní části rekonstrukce (stavební část, elektrozařízení, radiační monitoring, řídicí a bezpečnostní systém, ventilace a klimatizace, chlazení, čištění a úprava vody atd.) projektuje AEP Sofia a jednotliví dodavatelé jsou a nebo budou vybráni v tendrech.

2. Popis nového reaktoru IRT-200

Nové řešení reaktoru a bazénu vyhořelého paliva je navrženo tak, aby splnilo požadavky zákazníka a zároveň vyhovělo veškerým současným požadavkům na jadernou a radiační bezpečnost.

Nádoba bazénu reaktoru. Nový bazén respektuje tvar původního řešení. Nádoba bazénu bude na stavenišťe dodána ve čtyřech sekcích, které jsou svařeny z plechů tloušťky 6 a 10 mm z nerezavějící oceli a bude postupně ustavena v původní hliníkové nádobě. Po ustavení každé jednotlivé sekce se vždy nejprve provede její zabetonování, pak se ustaví další sekce a provede se obvodový svar. Při ustavení spodní sekce bude provedeno spojení přírub nových horizontálních kanálů s původní vestavbou v betonu a bude přivařena nová spodní část

* Ing. Petr Markov, CSc., Finite element analysis comp., Plzeň; tel.: +420 737 620 009; e-mail: petr.markov@seznam.cz

** Ing. Václav Valenta, ŠKODA JS a.s. Plzeň, tel.: +420 378 042 525, fax: +420 378 042 407; e-mail: vaclav.valenta1@skoda-js.cz

transportního kanálu. V horní části bazénu bude provedena nástavba zakotvená do betonové podlahy s plošinou a průhledným překrytím

Koš aktivní zóny. Koš aktivní zóny (AZ) bude vyroben z Al slitiny a je navržen tak, aby umožnil využít reaktor jak k experimentům, tak k léčení pacientů. Je umístěn na nosné skříně chladičského okruhu tak aby optimálně využil původní polohy experimentálních horizontálních kanálů.

Chladičí okruh. Chlazení bude stejně jako u původního reaktoru zajištěno nucenou cirkulací vody v bazénu. Voda protékající přes koš AZ shora dolů, bude potrubím DN200 odváděna z prostoru nosné skříně o objemu 1,8 m³ k čerpadlu, projde tepelným výměníkem a vrátí se do bazénu potrubím DN150 zakončeným tryskou ejektoru.

Regulační orgány. Jako regulační orgány (RO) budou použity osvědčené regulační tyče UR 70, které pracují na reaktorech v Řeži a Praze. Pro potřeby reaktoru IRT-200 budou ale prodlouženy na celkovou délku 8,1 m. Bude rovněž provedeno několik konstrukčních úprav, které na základě zkušeností z provozu na obou zmíněných reaktorech zlepšují jejich funkční vlastnosti a zvýší jejich provozní spolehlivost.

Experimentální kanály jsou horizontální a vertikální. Z původních 11 horizontálních kanálů zůstane po rekonstrukci využito jen šest. Dále bude reaktor osazen krátkými i dlouhými (suchými) vertikálními experimentálními kanály různých průměrů, které budou rozmístěny vně i uvnitř aktivní zóny.

Součástí reaktoru je dále **kanál NZT** (Neutronová Záchytová Terapie) a **Kanály ionizačních komor a měření provozních parametrů**.

Nádoba **bazénu vyhořelého paliva** bude zhotovena podobně jako nádoba bazénu reaktoru. Má tvar obdélníku a bude sestavena jen ze dvou sekcí. **Mříž** pro uložení palivových kazet bude zhotovena z hliníkové slitiny. K překrytí bazénu bude použito stávající litinové víko osazené revolverovým kontejnerem pro transport palivových kazet z bazénu reaktoru do bazénu vyhořelého paliva.

3. Pevnostní a seizmický výpočet vnitřních částí

Výzkumný reaktor IRT – 2000 byl modelován pro výpočty metodou konečných prvků. Byly provedeny tři samostatné výpočty, z nichž prvé dva jsou popsány v příspěvku:

- Prvý je **pevnostní a seizmický výpočet** reaktoru IRT-2000 Škoda. Jeho cílem je ověřit seizmickou odolnost zařízení při výpočtovém zemětřesení (SSE). Zvláštní důraz je kladen na zajištění těsnosti horizontálních kanálů, jejichž porušením by mohlo dojít k proniknutí kontaminované kapaliny vně reaktoru.
- Druhý výpočet **počítá statickou únosnost** rámu umístěného na komoře chlazení. Je proveden výpočet stability rámu s komorou chlazení, pevnostní výpočet při normálních provozních podmínkách (NPP) a seizmický výpočet výpočtového modelu s rámem a kontejnerem, který bude na tento rám ukládán.
- Třetí výpočet **ověřuje pevnost membrány DN-150** s ohledem na její konstrukční tloušťku.

4. Závěr

Reaktor ŠKODA IRT - 200 vyhovuje požadavkům normy pro zadané seizmické zatížení. Při tomto zatížení nedojde ani k roztěsnění horizontálních kanálů v blízkosti aktivní zóny. Dále bylo ukázáno, že vyhovuje i při zatížení kontejnerem o hmotnosti 1250 kg umístěným na rámu komory chlazení. Pro dané zatížení vyhovují i membrány.

MODELLING OF THE RATE-DEPENDENT BEHAVIOUR OF FILLED RUBBERS

B. Marvalová*, V. Klouček*

Summary: *The rate-dependent behaviour of filled damping rubber is investigated in cyclic compression and relaxation regimes. In order to describe the viscosity-induced rate-dependent effects, the total stress is decomposed into an equilibrium stress and a viscosity-induced overstress by following the concept of the generalized Maxwell model. The parameters of the constitutive equation are determined from experimental measurements.*

1. Introduction

The constitutive theory of finite linear viscoelasticity is a major foundation for modelling rate-dependent filled-rubber behaviour based on the phenomenological approach. This general theory is formulated using functionals with fading memory properties. The stress is decomposed into an equilibrium stress that corresponds to the stress response at an infinite slow rate of deformation and a viscosity-induced overstress. The overstress is expressed as an integral over the deformation history and a relaxation function is specified as a measure for the material memory.

The present paper focuses on the viscoelastic behaviour of filled rubber for cushion segments used for the noise isolation of tram-wheels manufactured by Bonatrans Bohumin.

2. Model for finite viscoelasticity

The origin of the material model of finite strain viscoelasticity used in our work is the concept of Simo (1987). The finite element formulation of the model was elaborated by Holzapfel (1996) and used by Holzapfel & Gasser (2000) to calculate the viscoelastic deformation of fibre reinforced composite material undergoing finite strains. The model was incorporated into the new version of ANSYS 10.

The model is based on the theory of compressible hyperelasticity with the decoupled representation of the Helmholtz free energy function with the internal variables :

$$\Psi(\mathbf{C}, \mathbf{I}_1, \dots, \mathbf{I}_m) = \Psi_{VOL}^\infty(J) + \Psi_{ISO}^\infty(\bar{\mathbf{C}}) + \sum_{\alpha=1}^m Y_\alpha(\bar{\mathbf{C}}, \mathbf{I}_\alpha), \quad \bar{\mathbf{C}} = J^{-2/3} \mathbf{C}. \quad (1)$$

*Doc. Ing. Bohdana Marvalová, CSc, Vojtěch Klouček.: Katedra mechaniky, pružnosti a pevnosti, Technická universita v Liberci, Hálkova 6, 46117 Liberec, e-mail: bohda.marvalova@tul.cz

The first two terms in (1) characterize the equilibrium state and describe the volumetric elastic response and the isochoric elastic response as $t \rightarrow \infty$, respectively. The third term is the dissipative potential responsible for the viscoelastic contribution.

3. Experiment

The response of a particular filled rubber in the compressive cyclic and relaxation tests was measured experimentally. The parameters of the constitutive functions are determined from the experimental data by an identification process using nonlinear optimization methods.

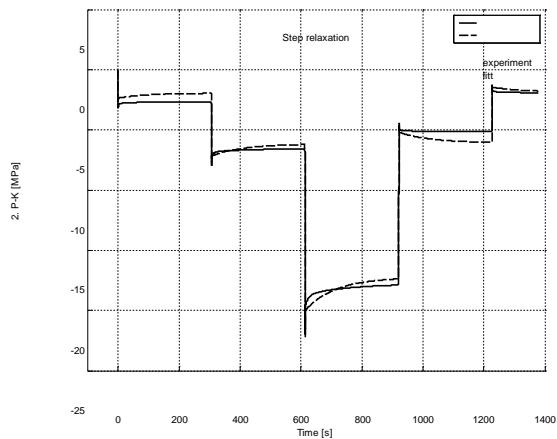


Fig. 1 Step relaxation -experiment and fitting

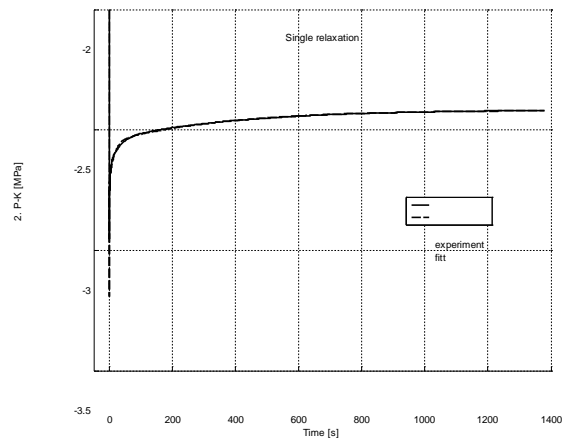


Fig. 2 Single relaxation - experiment and fitting

4. Conclusion

The incorporation of the viscoelastic effect into the rubber behaviour is the first step toward the coupled thermo-viscoelastic model. The paper concludes with a simulation by FEM of the cyclic loading of a simple rubber specimen.

5. Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the funding provided by the Czech Grant Agency GACR – grant No.101/05/2669.

6. References

- Holzapfel, G.A.(1996) On large strain viscoelasticity: continuum formulation and finite element applications to elastomeric structures. *Int. J. Numer. Meth. Eng.* 39, 3903–3926.
- Holzapfel, G. A., Gasser, T.C. (2000) A viscoelastic model for fiber-reinforced composites at finite strains: Continuum basis, computational aspects and applications. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering* Vol. 190 (2001) 4379-4430
- Simo, J.C. (1987) On a fully three dimensional finite strain viscoelastic damage model: formulation and computational aspects. *Comput. Meth. Appl. Mech. Eng.* 60, 153–173.

VISCOELASTIC BEHAVIOUR OF COMPOSITES WITH RUBBER MATRIX REINFORCED BY TEXTILE CORDS

B. Marvalová*, J. Růžička*

Summary: *A viscoelastic model for the fully three-dimensional stress and deformation response of fibre-reinforced rubber composites at finite strains requires the knowledge of material parameters of their components. The relaxation response of each compound of the composite is modelled separately and the global response is obtained by an assembly of all contributions. This study summarizes the investigation of the non-linear performance of polyamide cords, when undergoing static tensile tests, stress relaxation tests and dynamical tensile loading.*

1. Introduction

An understanding of the mechanical response of cords is necessary for the constitutive relations used in numerical simulations of the response of cord reinforced rubber matrix composites. We assume that the cord material behaves in a linearly viscoelastic manner and we chose a modified generalized Maxwell model (Lakes, 1999) to describe the material mechanical response because of its relative convenience in modeling the stress relaxation. This assumption is valid for relatively small strains.

2. Experiment

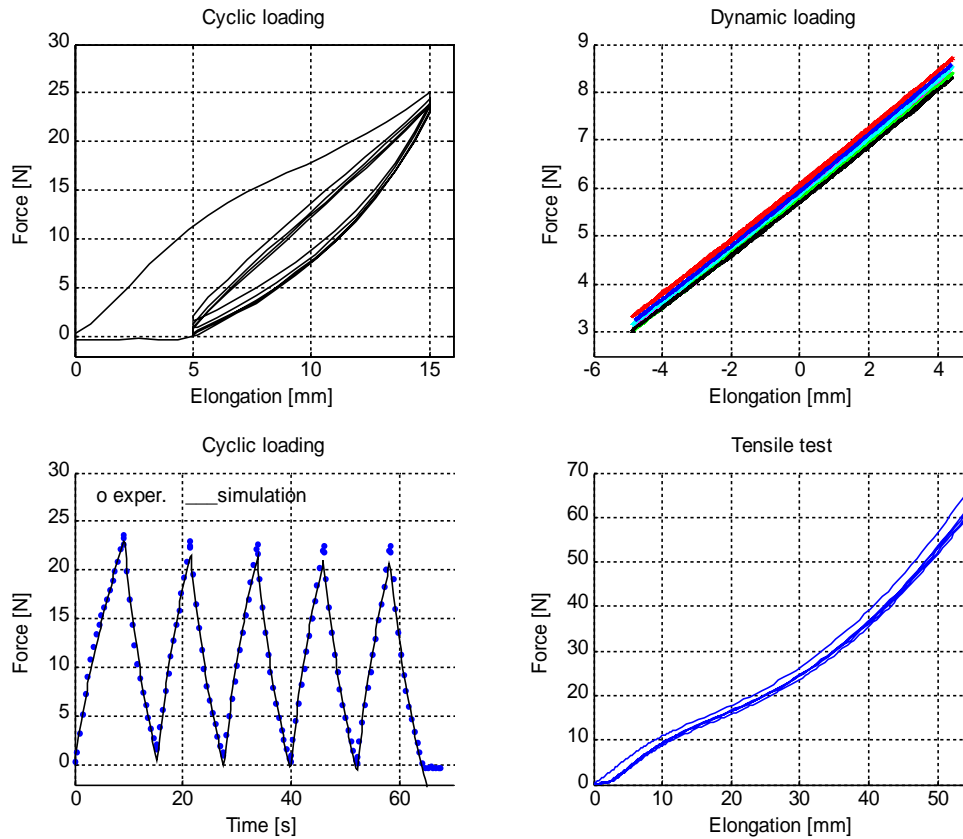
The material investigated is polyamide cord, PA6 140 1x2 390/390, supplied by Kordarna Velka nad Velickou. According to the manufacturer, there is certain impregnation of cords by some unspecified acrylate dispersion. The cords are destined for textile reinforcement of composite materials with rubber matrix used in air-springs. Tensile and relaxation tests were performed using an Instron 4411 machine. Dynamical loading tests were performed using the special vibration testing bench.

Five different deformation modes were used in the experiments:

- standard tensile tests at the crosshead speed (50,100,150 and 200)mm/min
- one-step relaxation tests – specimens were stretched to stretch $\lambda = 1.04$ at crosshead speed 100mm/min, then allowed to relax at constant stretch for a period of 120 s

* Doc. Ing. Bohdana Marvalová, CSc, Ing. Jan Růžička, Katedra mechaniky, pružnosti a pevnosti, Technická universita v Liberci, Hálkova 6, 46117 Liberec, bohda.marvalova@tul.cz

- cyclic uploading-unloading tests at crosshead speed 100mm/min – specimens were subjected to five subsequent cycles between the two stretches $\lambda_{\max} = 1.06$ and $\lambda_{\min} = 1.02$
- nine-step relaxation tests at uploading and unloading crosshead speed 100mm/min and 60s relaxation stage between every loading
- dynamical tensile loading tests at the frequencies of (10, 12, 14, 16, 18 and 20)Hz



3. Conclusion

The presented model of small strain linear viscoelasticity is qualitatively capable of representing the major features observed in the time dependent deformation of polymer cords in the range of the moderate strains. Response above the yield limit as well as effects associated with finite strains, permanent set and nonlinearity are left to future investigations and to further refinement of the model.

4. Acknowledgement

The financial assistance of the Ministry of Education, Youth and Sports Grant No. MSM 4674788501 is gratefully acknowledged.

5. References

Lakes, R.S. (1999) *Viscoelastic solids*, Boca Raton, ISBN 0-8493-9658-1, N.Y.,

TECHNOLOGICAL PROBLEMS PREDICTION OF GLASS FORMING IN PRE-MANUFACTURE STAGE

I. Matoušek*

Summary: *The paper deals with the problem of numerical simulation of glass forming cycle, particularly of glass pressing. The virtual model for monitoring of glass forming cycle is described. The computational analysis is based on coupled thermo-mechanical strategy using staggered solution scheme. The approach to the prediction of technological problems in pre-manufacture stage is introduced.*

1. Úvod

Většinu z potenciálních technologických problémů, které se vyskytují v automatizované výrobě lisovaného skla (nedolisování výlisku, nedochlazení výlisku, lepení skloviny) lze v průběhu počítačové simulace tvarovacího cyklu identifikovat přímo na základě analýzy vývoje teplotních a deformačních polí v tvarované sklovině. Zásadním problémem je určení kritických míst tvarovacího cyklu negativně ovlivněných zhoršenou tvarovatelností skloviny.

2. Popis analyzovaného problému

Tvarování skloviny je složitým termomechanickým procesem s dominantním vztahem mezi přenosem tepla a viskózním tokem, který lze popsat bilančními rovnicemi

$$\rho \frac{dv_i}{dt} = X_i + \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_i}, \quad (1)$$

$$\rho \cdot c \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \text{div}(\lambda \cdot \text{grad}T) - \text{div}(\dot{q}_R) - 3K\alpha T \dot{\epsilon}_{ii} \delta_{ij} - s\sigma'_{ij} \dot{\epsilon}_{ij}, \quad (2)$$

kde \mathbf{v} je vektor rychlosti toku skloviny, \mathbf{X} vektor objemových sil, ρ měrná hmotnost, t čas, \mathbf{x} jsou souřadnice v aktuálním souřadnicovém systému, $\boldsymbol{\sigma}$ tenzor napětí, $\boldsymbol{\sigma}'$ tenzor deviatoru napjatosti, $\dot{\boldsymbol{\epsilon}}$ tenzor rychlostí deformace, \dot{q} hustota tepelného toku a \dot{q}_R hustota radiačního tepelného toku uvnitř skloviny c měrné teplo, λ tepelná vodivost, T teplota.

V oblasti intervalu teplot tvarování je sklovina považována za viskoelastický materiál, popsatelný nelineárním modelem Maxwellova typu. Za předpokladu platnosti aditivního rozkladu průběhu, tenzoru rychlostí deformace $\dot{\boldsymbol{\epsilon}}$ na složku elastickou $\dot{\boldsymbol{\epsilon}}^e$ a viskózní $\dot{\boldsymbol{\epsilon}}^v$ lze konstitutivní chování vyjádřit vztahem

$$\dot{\epsilon}_{ij} = \dot{\epsilon}_{ij}^e + \dot{\epsilon}_{ij}^v = \frac{1}{3K} \frac{\dot{\sigma}_{ii}}{3} \delta_{ij} + \alpha T \dot{\delta}_{ij} + \frac{1}{2G} \dot{\sigma}'_{ij} + \frac{1}{2\eta(T)} \sigma'_{ij}, \quad (3)$$

* Ing. Ivo Matoušek, Ph.D.: Katedra sklářských a keramických strojů, Technická Univerzita v Liberci, Komenského 2, 461 17 Liberec; tel.: +420 485 354 153, fax: +420 485 354 157; e-mail: ivo.matousek@tul.cz

kde G je smykový modul pružnosti, K objemový modul pružnosti, α koeficient teplotní roztažnosti, σ_{ii} 1. invarianta tenzoru napjatosti, σ' tenzoru deviátoru napjatosti.

Vzhledem k velmi krátkým dobám relaxace v oblasti intervalu tvarování ($\eta=10^2-10^7$ Pas) lze elastickou složku deformace zanedbat a sklovinu považovat za nestlačitelnou kapalinu. Teplotní závislost viskozity nad transformační teplotou (T_g) mohou být vyjádřeny VFT rovnicí, projevy pseudoplastického chování skloviny při vyšších rychlostech deformace mohou být popsány rovnicí (Simmons et al., 1989)

$$\eta_z = \frac{\eta}{1 + \frac{\dot{\epsilon}_i t_0 G_\infty}{\sigma_L}}, \quad (4)$$

η_z je tzv. zjevná hodnota dynamické viskozity, t_0 doba relaxace, G_∞ smykový modul pružnosti, σ_L kohezni pevnost $\dot{\epsilon}_i$ tečná složka rychlosti deformace.

3. Hodnocení cyklu lisování skloviny

Pro predikci technologických problémů iniciovaných zhoršenou tvarovatelností skloviny, která se projevuje výskytem zvlnění v periferní oblasti dávkované skloviny, v krajním případě přítomností trhlinek na vnějším povrchu, bylo zavedeno kritérium

$$k_M = \dot{\epsilon} / \dot{\epsilon}_{KR}, \quad (5)$$

keré na základě vyhodnocení poměru aktuální a kritické rychlosti deformace umožňuje vyhodnotit kvalitativní úroveň tvarovacího cyklu a pravděpodobnost výskytu technologických vad vyvolaných zhoršenou zpracovatelností skloviny. Průběh kritické hodnoty rychlosti deformace iniciace křehkého lomu ve sklovině není doposud znám; $\dot{\epsilon}_{KR}$ má význam kritické rychlosti iniciace pseudoplastického chování skloviny, přičemž se předpokládá lineární závislost mezi kritickou rychlostí iniciace pseudoplastického chování a křehkého lomu ve sklovině. Zároveň se předpokládá, že v oblasti, ve které sklovina vykazuje vlastnosti Newtonské kapaliny, je vždy dosaženo kvalitního povrchu výlisků. Zavedená kritériální rovnice má pouze relativní význam, rostoucí hodnota autorova kritéria k_M je indikátorem narůstu pravděpodobnosti výskytu vad ve vyráběné produkci. Pro popis teplotní závislosti kritické rychlosti deformace $\dot{\epsilon}_{KR}$ byl na základě rozboru publikovaných experimentů odvozen vztah

$$\dot{\epsilon}_{KR} = 10^{4,66-0,76 \log \eta}. \quad (6)$$

Praktická využitelnost navrženého postupu byla ověřena v průběhu provozních zkoušek.

4. Poděkování

Tato práce vznikla s podporou MŠMT ČR v rámci výzkum záměru MSM 4674788501.

5. Literatura

- Matoušek, I. Počítačové modelování v automatizované výrobě lisovaného skla, *výzkumná zpráva*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005
- Simmons, J. H., et al., Non-Newtonian viscous flow in soda-lime-silica glass. *J. Non Crystal. Solids*, 1988, no. 105, p. 313-322.

EXPERIENCE WITH THE ESTABLISHMENT OF TEACHING SOLIDWORKS.

J. Maxa¹, V. Neděla

Summary: *The world trend TPV tends complex solutions of the system from the from of a sketch to manufacture. In order to be prepared for this trend, the Universities are required to react to it. There is a system of courses described in the article which in forms the students about this methodology.*

1. Úvod

Většina výrobních společností dnes stojí před několika hlavními úkoly. V krátkosti shrnuto, všechny vedou ke zvyšování tlaku na využití dostupného času v rámci organizace. Zkrácení tohoto času se však neprojevuje pouze v rychlosti TPV realizovat myšlenku od nápadu až po výrobu, ale také ve způsobu a schopnostech **reagovat na změny** během TPV, ať již vzniklé chybou, dodatečným vylepšením výrobku či jiným způsobem. Výše uvedené tlaky nutí společnosti provést transformaci průmyslové výroby. Jedině její úspěšné provedení zajistí aby zůstaly konkurenceschopné. Mají-li organizace obstát ve světové konkurenci, je třeba zachytit dynamický proces, především uplatněním práce virtuálních týmů.

Práci takových týmů umožňují dvě nově vyvinuté technologie: CAD/CAM (především metoda elektronické definice výrobku (známá pod zkratkou EPD (Electronics Product Definition) a metoda řízení a správy dat výrobků (PDM – Product Data Management).

2. Odras popsaných změn ve výuce

Mají-li noví absolventi technických fakult (se zaměřením do profesí TPV) k systémovým změnám v TPV popsaných v článku, svými vědomostmi přispět, musí se jejich vzdělání v oblasti počítačových podpor přizpůsobit novým trendům. Na našem ústavu provozujeme pracoviště, které simuluje práci v podniku pomocí uvedených technologií EPD (Electronics Product Definition) a metoda řízení a správy dat výrobků PDM (Product Data Management).

¹ Ing. Mgr. Jirí Maxa, Ph.D.: Ústav elektrotechnologie, FEEC, VUT Brno; Údolní 53; 602 00 Brno; tel.: +420.541146356, fax: +420.541146147; e-mail: maxa@feec.vutbr.cz; Ing. Vilém Neděla.: Ústav Přístrojové techniky AV ČR; Královopolská 147; 612 64 Brno; tel.: +420541514333; fax.: +420541514402; e-mail: vilem@isibrno.cz;

3. Aplikace metody EPD ve výuce

S nástupem systémů pracujících metodou EPD (elektronické definice výrobku) jsme začínali výuku systému CADDS5, který byl postupně nahrazen systémem SolidWorks. Jeho výhodou je zabudovaný systém PDM Works. Jejich sladěním studenti pracují na konstrukci elektronového rastrovacího mikroskopu, který se na našem ústavu vyvíjí a studenti se tak z jiného úhlu seznamují s problematikou elektronové mikroskopie, které se mohou věnovat i v rámci diplomových prací, případně později i v doktorském studijním programu.

Studenti jsou rozděleni do čtyř týmů, ve kterých je ustanoven vedoucí. Každý tým podle velikosti pracuje na 2 – 4 počítačích a dostává za úkol zpracovat jednu část zadaného mikroskopu.

Pracoviště takto simuluje skutečnou práci v podniku s podporou systémů EPD a PDM. Každý má svoji specifickou funkci a pomocí SW vyvíjí zadanou část od vývoje, přes modelování, kinematické simulace, kontrola kolizí, kontrola MKP,... dále odvození výkresové dokumentace z 3D modelu, přechod do výroby, NC kód apod.

Především komunikace a styl práce probíhá přesně podle stanovených pravidel simulující skutečný stav v moderním podniku a komunikace jak mezi členy týmu, tak nakonec mezi samotnými týmy probíhá pouze na základě PDM systému.

Na začátku jsou studenti varováni, že v zadání, které dostávají, jsou úmyslně chyby, čímž si nejen ověří a vyzkouší systém SolidWorks jako nástroj pro odstranění chyb, které by se v praxi odhalily až v montáži (ztráta času, materiálu...), ale aby se naučili na tyto chyby reagovat v prostředí PDM.

4. Závěr

Závěrem můžeme konstatovat, že pro tuto simulovanou výuku se jeví koncepce SolidWorks, PDM Works, Cosmos Works po všech zkušenostech s Cax systémy jako pedagogicky velmi výhodná.

5. Literatura

- Krupička, K. (2002): *IT v předvýrobních etapách českých podniků na začátku třetího tisíciletí*. IT systém. Příloha 01-02/2002, str. 84
- Mazlová, T. (2002): *Komplexní správa údajů o výrobku*. IT System 10/2002, str. 38
- Mazlová, T. (2002): *PDM - Informační systémy pro předvýrobní procesy*. IT systém. Příloha 01-02/2002, str. 74
- Procházka, P. (1999): *Systémové změny v technické přípravě výroby a jejich odraz ve vzdělávání inženýrů*. In: Mezinárodní vědecko-odborná konference v technicky orientovaných oborech, Olomouc, ČR, 98 - 102

ANALYSIS OF TEMPERATURES IN THE SURFACE LAYER OF A SOLID IN SHORT-TERM HEATING FOLLOWED BY COOLING

J. Menčík*, L. Beneš*

Summary: *The development of temperatures in a surface layer of a massive body during short-term heating and the following free cooling can be modelled as unidirectional heat flow in a semiinfinite solid. For the heating of bodies with uniformly distributed temperature, analytical solutions exist, while for the cooling (starting from nonuniform temperature distribution), a numerical procedure must be used. The paper brings formulae for various conditions of heating and for the numerical solution of the heat flow equation. Their use is illustrated on a model of heating caused by mutual sliding of a railway wheel and a rail, and of the following cooling by free convection into air and conduction into the body.*

1. Úvod

V technické praxi se často setkáváme s intenzivním krátkodobým ohřevem následovaným volným chladnutím (kování za tepla, lisování žhavé skloviny, smýkání železničního kola po kolejnici). Představu o vývoji teplot je možno získat z modelu jednorozměrného toku tepla. Předpoklad šíření tepla pouze ve směru kolmém k povrchu je přijatelný pro tak dlouhé trvání procesu, dokud tloušťka tepelně ovlivněné oblasti je malá ve srovnání s její šířkou a s tloušťkou tělesa ve směru toku tepla. Jednorozměrný tok tepla v pevném tělese se řídí rovnicí

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}, \quad (1)$$

kde T je teplota, t je čas, a je teplotní vodivost materiálu tělesa, a x je hloubka pod povrchem.

Pokud má těleso na počátku v celém objemu konstantní teplotu, můžeme teploty při ohřevu počítat pomocí analytických vztahů. Při následujícím chladnutí je nutno diferenciální rovnici (1) řešit numericky, např. tak, že ji nahradíme rovnicí diferenční, a počítáme postupný vývoj teplot v jednotlivých časových krocích. V příspěvku jsou naznačena řešení pro obě etapy. Materiálové parametry jsou uvažovány konstantní, i když při numerickém řešení by bylo možné uvažovat jejich změny s teplotou.

2. Ohřev

V příspěvku jsou uvedeny jednoduché výpočetní vztahy pro čtyři důležité případy ohřevu (popř. ochlazování) masivního tělesa:

* Prof. Ing. Jaroslav Menčík, CSc., Doc. Dr. Ing. Libor Beneš: Dopravní fakulta Jana Pernera, Univerzita Pardubice, Studentská 95; 532 10 Pardubice; e-mail: jaroslav.mencik@upce.cz; libor.benes@upce.cz

- 1) Teplota povrchu je náhle změněna a udržována dále na nové (konstantní) hodnotě.
- 2) Těleso je přivedeno do těsného kontaktu s druhým masivním tělesem o jiné teplotě.
- 3) Povrch tělesa je ohříván zdrojem o konstantním výkonu.
- 4) Těleso je ponořeno do kapalného nebo plynného prostředí o odlišné teplotě.

Všechny uvedené úlohy lze snadno modelovat, a to i v Excelu, který má zabudované potřebné funkce. Při známých materiálových konstantách, počátečních teplotách a podmínkách přestupu tepla můžeme vypočítat teplotu v tělese pro libovolný čas a hloubku, nebo sestrojít jejich tabulku či graf. Obměňováním vstupních hodnot můžeme zkoumat vliv různých činitelů. Pomocí jednoduchého makra lze vývoj teplot v čase animovat. Rovněž je možné počítat časy, při kterých teplota v určité hloubce dosáhne zvolené hodnoty.

3. Ochlazování po ohřevu

Z předchozího ohřevu existuje v tělese určité rozložení teplot, a teplo z povrchové vrstvy tělesa je odváděno jednak volnou konvekcí do okolí, jednak vedením do chladnějšího vnitřku tělesa. Protože počáteční rozložení teplot je nehomogenní, je diferenciální rovnici (1) nutno řešit numericky. V příspěvku je podrobně popsána jednoduchá procedura řešení diferenční rovnice pro jednorozměrné neustálené vedení tepla.

I k tomuto numerickému řešení lze použít Excel. V tomto případě se řešení vytvoří ve formě tabulky, kde sloupce odpovídají jednotlivým vrstvám v tělese, a řádky jednotlivým časovým krokům. Rozložení teplot na počátku ochlazování dostaneme z analytického řešení předchozího ohřevu; teploty při něm proto musí být počítány pro hloubky, odpovídající tloušťkám vrstev v diferenciální rovnici. Časový vývoj teplot v různých hloubkách je vhodné znázornit graficky. Při malých tloušťkách vrstev vycházejí časové kroky velmi krátké, a celá tabulka obsahuje velký počet čísel. Pro zmenšení nároků na paměť lze vytvořit makro, které vždy po spuštění vygeneruje tabulku řádek po řádku, což trvá jen několik sekund. Potom je možné v paměti počítače uchovávat pouze tabulku obsahující prvé řádky s algoritmem řešení.

4. Praktická část

Použití naznačeného postupu je v příspěvku ilustrováno na příkladu modelování teplot při prokluzu železničního kola po kolejnici v rámci výzkumu příčin vzniku tvrdých lokálních oblastí v povrchové vrstvě železničních kol a kolejnic (tzv. WEL). Tloušťka těchto oblastí činí několik setin až desetin mm, a celý proces ohřevu netrvá déle než několik desetin sekundy, takže předpoklad jednorozměrného toku tepla je oprávněný. K tomuto účelu byly vytvořeny jednoduché programy v prostředí Excel. Pomocí analytických vztahů byl modelován krátkodobý ohřev povrchovým zdrojem o konstantním výkonu, zatímco pro následující ochlazování s volným odvodem tepla z povrchové vrstvy do okolního vzduchu a do vnitřku tělesa bylo použito numerické řešení diferenciální rovnice.

Výsledky těchto (přibližných) výpočtů ukázaly, že při krátkodobém intenzivním ohřevu mohou v povrchové vrstvě vzniknout dostatečné teploty pro austenitizaci materiálu, a dostatečně velký spád teplot na to, aby při následujícím volném chladnutí došlo k jeho samozakalení odvodem tepla do vnitřku tělesa.

5. Poděkování

Tato práce byla podporována grantem GAČR č. 101/04/0033.

FAILURE RATE, BATHTUB CURVE AND RELIABILITY OF COMPONENTS AND SYSTEMS

J. Menčík*

Summary: *The paper defines the failure rate λ and explains its characteristic development in time (bathtub curve). It also explains the difference between the mean time between failures (MTBF) and useful life, and shows the use of failure rate λ for reliability evaluation and in design. The shape parameter of Weibull distribution for times to failure is related to the bathtub curve and can indicate the basic reasons for some kinds of failures. The second part of the paper is devoted to the methods for reliability increasing, especially in design stage: Failure mode and effect analysis, Fault tree analysis, robust design, computer simulation, testing of all components before assembling, proof testing and diagnostics.*

1. Úvod

Intenzita poruch λ udává pravděpodobnost vzniku poruchy určitého zařízení za jednotku času, a je jednou ze základních charakteristik spolehlivosti. Spolu se střední dobou mezi poruchami slouží jako východisko pro stanovení potřeby náhradních dílů, i pro porovnávání spolehlivosti různých součástí, strojů, dopravních prostředků a dalších zařízení. Při návrhu složitěho zařízení, které má mít zaručenou jistou spolehlivost, se volí jednotlivé prvky s takovými intenzitami poruch, aby výsledná intenzita nepřekročila přípustnou hodnotu. Intenzita poruch také informuje o vývoji spolehlivosti objektu v průběhu jeho života. Ze známého průběhu λ je možné usuzovat na základní příčiny poruch a popřípadě uskutečnit potřebné změny v konstrukci. V příspěvku jsou ukázány průběhy intenzity poruch v závislosti na jejich příčinách, je ukázána souvislost mezi tímto průběhem a tvarem Weibullova rozdělení, a jsou naznačeny cesty ke zvyšování spolehlivosti, zejména v etapě návrhu výrobku.

2. Základní pojmy, vanová křivka, střední doba mezi poruchami

Intenzita poruch (λ) je charakteristikou spolehlivosti objektů neopravitelných, a vyjadřuje pravděpodobnost, s jakou lze během časové jednotky očekávat poruchu u součástí, které až do tohoto okamžiku zůstaly v provozu. U obnovovaných objektů se po poruše daný prvek opraví nebo vymění za nový, takže jejich počet zůstává stále stejný. V tomto případě se používá výraz parametr proudu poruch (λ). V závislosti na příčinách poruch existují tři základní časové průběhy intenzity poruch:

* Prof. Ing. Jaroslav Menčík, CSc.: Dopravní fakulta Jana Pernera, Univerzita Pardubice, Studentská 95; 532 10 Pardubice; e-mail: jaroslav.mencik@upce.cz

I. Intenzita poruch klesá s dobou provozu. Tento případ se vyskytuje v období po uvedení zařízení do provozu. Příčinou jsou nedostatky v konstrukčním návrhu nebo skryté materiálové vady a chyby při montáži, parametry více součástí na hranici tolerance.

II. Intenzita poruch nezávisí na době provozu. Jedná se o poruchy způsobované vnějšími vlivy. Nesouvisí se stavem nebo stářím zařízení, a může k nim dojít kdykoliv.

III. Intenzita poruch s dobou provozu roste. Jde o poruchy, které nastávají až po určité době provozu, např. v důsledku opotřebení, únavy, koroze nebo oxidace.

Při provozu může docházet k poruchám ze všech uvedených příčin. Výsledná intenzita poruch je rovna součtu jednotlivých intenzit. V nejobecnějším případě průběh λ připomíná řez vanou. Dobu života zařízení lze rozdělit na tři etapy: I – etapa časných poruch, II – etapa ustáleného provozu, a III – etapa stárnutí a dožívání. U technických zařízení může být časový průběh λ odlišný. Jestliže při návrhu je otázce spolehlivosti věnována dostatečná péče, lze intenzitu časných poruch výrazně snížit, nebo dokonce tuto etapu vyloučit. Podobně jestliže u složitějšího zařízení jsou součásti při poruše anebo před vyčerpáním jejich technického života vyměňovány, zařízení funguje dále, a může být v provozu teoreticky po neomezenou dobu.

Spolehlivost obnovovaných objektů v etapě ustáleného provozu lze charakterizovat pomocí intenzity poruch nebo pomocí střední doby mezi poruchami MTBF ($= 1/\lambda$). Obě veličiny jsou vhodné k porovnávání spolehlivosti různých součástí, při plánování spotřeby náhradních dílů a při navrhování zařízení se zadanou požadovanou spolehlivostí.

3. Intenzita poruch a rozdělení dob do poruchy

Doby do poruchy jednotlivých výrobků kolísají, a je nutno je popsat pomocí rozdělení pravděpodobnosti. Velmi vhodné je Weibullovo rozdělení, které může aproximovat různé časové průběhy. Parametr tvaru b tohoto rozdělení souvisí s časovým průběhem intenzity poruch. Je-li $b < 1$, intenzita poruch s časem klesá (úsek I vanové křivky), je-li $b = 1$, je intenzita poruch konstantní (úsek II), a je-li $b > 1$, intenzita poruch s časem narůstá (úsek III). Z hodnoty parametru b je tedy možno usuzovat na všeobecnou příčinu poruch (konstrukční závady, nezvládnutá výroba, vnější vlivy, nedostatečné dimenzování při namáhání na únavu apod.). Na základě analýzy konkrétních příčin pak lze navrhnout nápravná opatření.

4. Cesty ke zvyšování spolehlivosti

K vysoké spolehlivosti výrobku lze nejučinněji přispět v etapě návrhu. Nejprve je nutno specifikovat požadavky na zařízení a pracovní podmínky. V první etapě návrhu je vhodné provést analýzu způsobů a následků poruch FMEA. Dalším nástrojem je analýza stromu poruchových stavů, FTA, kdy se vychází z možných závažných poruch celého zařízení, a hledají se prvotní příčiny. Při návrhu složitých zařízení s mnoha prvky lze užít strom poruch k vytvoření blokového diagramu spolehlivosti. Ze známých spolehlivostí jednotlivých prvků pak lze vypočítat pravděpodobnost poruchy celého zařízení, a popřípadě zvolit takové prvky, aby bylo dosaženo požadované spolehlivosti celého objektu.

Zvýšit spolehlivost lze také využíváním zásad tzv. robustního designu. Ten se snaží najít jmenovité hodnoty vstupních veličin (tj. pracovní bod), při kterých bude co nejmenší citlivost výstupní veličiny na jejich kolísání. K vysoké spolehlivosti celého výrobku přispívá také použití vysoce spolehlivých, ověřených, resp. odzkoušených součástí a prvků.

5. Poděkování

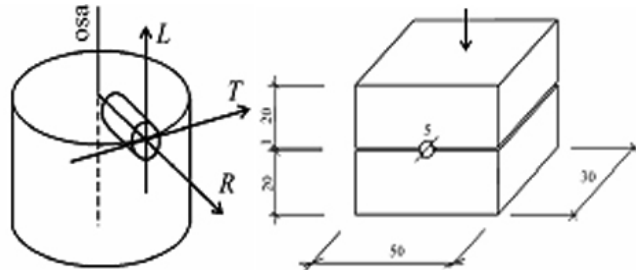
Tato práce vznikla v rámci řešení grantu GAČR č. 103/05/2066.

COMPRESSION TEST OF A TIMBER CORE – ANSYS MODEL AND MOIRÉ INTERFEROMETRY EXPERIMENT

M. Micka, J. Minster, P. Václavík*

Summary: *This paper presents results of modelling a non-standard compression test of timber, executed on small diameter cores in a special testing device. The test is a semi destructive method friendly to historic timber. The course of the test is modelled in 3D; the influence of individual input characteristics, and also their scatter, is assessed by means of rank-order sensitivity analysis. The results are correlated with experimental data of core base deformations acquired by moiré interferometry. A combined numerical and experimental approach is used in a method enabling the measured displacements of the loading head of the testing device to be converted into technically usable values characterising basic mechanical properties of the assessed timber.*

The semi-destructive core drilling technique uses small diameter cores to evaluate the compressive strength of the wood along the fibres [1]. Concave compression heads are used to induce a force parallel to fibres in well oriented cylindrical samples. The core is loaded in the direction perpendicular to the longitudinal core axis. Two sensors are used to measure deformation between the concave jaws and the load–deformation curve is recorded during the test. The strength of the cylindrical specimen in compression is calculated as nominal stress (failure load divided by product of specimen length and diameter of the core). A comparison of results of standard methods with identical results received from core drilling has proved (see e.g. [1]) that the core drilling method may be feasible for establishing the compressive strength of clear wood. The modulus of elasticity cannot be directly calculated from this test, but the slope of the load-deformation curves provides special information about it. The aim of this paper is to analyse this mapping by combined numerical (ANSYS FEM modelling) and experimental (moiré interferometry) approach.



A probabilistic approach was used for a numerical solution in 3D. Ideal kinematic and mechanical behaviour during the test was assumed and the condition of symmetry in the vertical axis passing through the centre of the circular cross section was applied. The wood

* Doc. Ing. Michal Micka, CSc., Ing. Jiří Minster, DrSc.: Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR; Prosecká 76, 190 00 Praha 9; micka@itam.cas.cz, minster@itam.cas.cz
 Ing. Pavel Václavík: Ústav přístrojové a řídicí techniky, Fakulta strojní, ČVUT v Praze, Technická 4, 166 07 Praha 6; pavel.vaclavik@fs.cvut.cz

cylinder was characterised as an orthotropic elastic-plastic material with the condition that the ratios among all three elasticity modules (E_L , E_R and E_T) are preserved. The ANTHILL programme [2] was used to assess the effect on the results of the scatter of input variables (modules of elasticity $\pm 20\%$ of average values, Poisson's ratios $\pm 10\%$, rotations $\pm 10^\circ$ around the longitudinal axis of the sample to model its possible disorientation in the fixture).

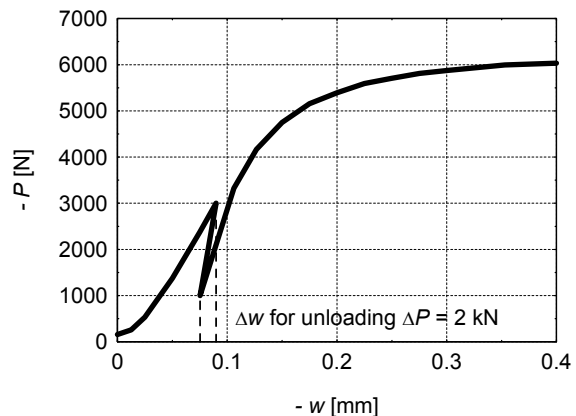
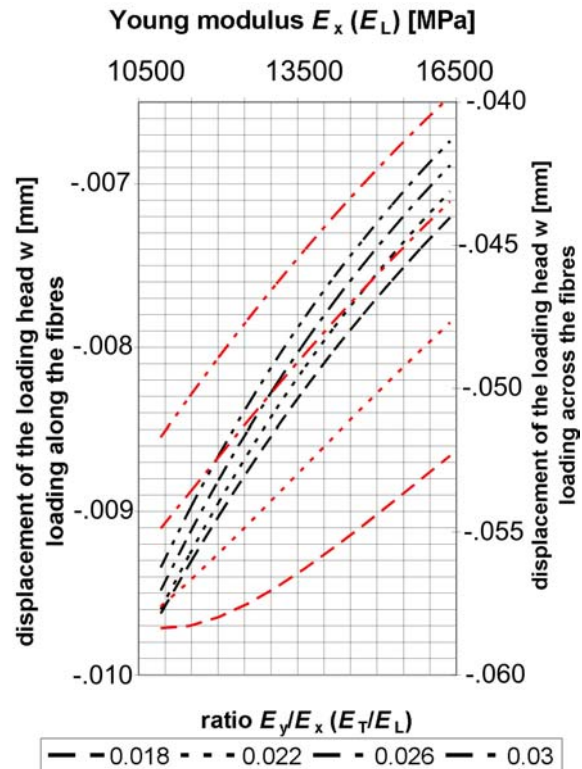
A biaxial four-beam polarisation interferometer with simultaneous recording of both displacement fields [3] was used to measure deformations in the base of the cylindrical wooden core during compression loading. The experimental analysis proved elastic behaviour of the core along fibres during loading-unloading till one half of the failure load for common Czech spruce timber. The normal deformations along the fibres on the base of the sample and working diagrams compressive stress – normal deformation along the fibres can also be well correlated with the numerical solution.

The main result of the study is a table mapping displacements of the upper loading head for loadings along and across the fibres into values of Young modulus along the fibres (for common Czech spruce timber see as an example the upper figure, where calculated displacements agree with $|\Delta P|=1\text{kN}$).

The elastic responses have to be taken as displacements in the table. Due to the fact that cores are slightly conical and their surfaces are only partially and non-uniformly loaded at the beginning of a compression test, the elastic response of the core can be measured with advantage during partial unloading in the course of the test at a loading level when full contact between the core and the jaws can be supposed (see the lower figure).

References

- [1] Kasal, B. (2003) Semi-destructive method for in-situ evaluation of compressive strength of wood structural members. *Forest Product Journal*, 53 (11/12): 55-87
- [2] Marek, P., Brozzetti, J., Guštar, M. & Tikalsky, P. (2003) *Probabilistic assessment of structures using Monte Carlo simulation*. 2nd ed. Prague: ITAM.
- [3] Václavík, P., Minster, J. (2001) Biaxial four-beam polarisation interferometer with simultaneous recording of both displacement fields. *Fine Mechanics and Optics* 1: 16-21



COMPARISON OF HEAT TRANSFER IN A STRAIGHT AND HELICAL TUBE AND INFLUENCE OF PRESET SINGULARITIES ON HEAT TRANSFER IN A STRAIGHT TUBE AT THE FLOW OF SURFACTANT SOLUTIONS

V. Mík^{*}, L. Mihálka^{**}, J. Kořenář^{*}, J. Myška^{*}

Summary: *Experiments were made on a hydraulic facility with closed loop. The influence of a preset valve and circular bend 180° on the heat transfer along the 16 mm tube was investigated. Three different concentrations of cationic surfactant Arquad S 50 (oleyltrimethylammonium chloride) in mixture with NaSal (sodium salicylate) were experimented with. The range of Reynolds numbers was 8.000-100.000 and the heat flux through the tube wall was 22 and 40 kW/m².*

1. Introduction

Active drag reduction is a phenomenon in which the addition of a small amount of an additive in the turbulent flow of a liquid causes friction reduction, often very substantial. Turbulent characteristics of the flow are changed or suppressed, however, turbulence still persists even though the flow shows some marks of laminar flow. As possible additives can be used the surfactants whose molecules associate into micelles with particular properties. When a certain concentration is exceeded, spherical micelles transform into rods or threads. Up to present time this shape is considered as a main cause of the phenomenon.

The phenomenon of drag reduction in the flow of heat carrying liquids is an important means of saving energy costs in many industrial branches particularly in the heating and cooling of buildings. It is necessary to strive not only for drag reduction but also for heat transfer enhancement. Drag reducing additives decrease the heat transfer.

The main interest is to find how to increase heat transfer when the additives are used. This is possible for example by turbulence increase at the tube entrance with aid of usual parts of piping like bends or valves.

^{*} Ing. Václav Mík, CSc., Mgr. Josef Kořenář, CSc., Ing. Jiří Myška, CSc., Institute of Hydrodynamics AS CR, Pod Patankou 5, 166 12 Praha 6, CR, tel.: +420 233 109 087, e-mail: mik@ih.cas.cz

^{**} Ing. Ludevít Mihálka, Institute for Process Engineering Faculty of Mechanical Engineering CTU Prague, Technická 4, 166 07 Praha 6, CR, tel.: +420 224 352 719

2. Results

The experimental stand is made up by a circulation loop. Pressure drop was measured in the transitional and turbulent regions on the straight tube, on the 180° bend and in the valve both half and full open. We measured the changes of heat transfer in the 16 mm tube when there flew only water and water with three different additive concentrations of Arquad S 50/ NaSal. The range of Reynolds numbers was from 8,000 to 100,000 and the heat flux through the tube wall was 22 and 40 kW/m².

In order to find the heat transfer the temperature variation along tube was measured by means of 18 thermocouples type T. The constant heat flux through the tube wall is determined by the power output of electrical heating. The great number of temperature data was digitalized and processed by the PC with the aid processing converter which was developed in our laboratory. The converter was adapted to the real dynamics of the measurement, it was possible to control the stability of measured quantities. Specific software was developed for measurement operation and for processing of data. Reliability of measured data and reliability of the electronic measuring converter was verified by a frequent repetition and comparison of measurements. The check for water was done with good results by a calculation using well known criterial equations.

The measured variation of Nusselt numbers along the tube at the water flow and at the surfactant solution flow yield a full information on the heat transfer and its change when the preset elements are installed.

From the local Nusselt number variations it follows:

- The preset elements do not affect the heat transfer when there is water flow only.
- The additive concentration has almost no influence on the heat transfer but the concentration other influence flow properties like durability, critical wall shear stress, etc.
- The preset elements favourably influence the increase of heat transfer in the inlet part of the tube in the case of surfactant solution flow. Compared to water, this increase is great and diminishes very slowly so that great part of the tube is touched.
- From the obtained data it is possible to estimate the longest regeneration time of broken micelle network.

The ratio of pressure drop in the surfactant, and pressure drop in water, was calculated. The same procedure was taken for evaluation of the ratio of mean Nusselt numbers in the surfactant and in water. The relation of both ratios shows the effectiveness of the additive and it was used for comparison of heat transfer in a straight and helical tube.

3. Acknowledgement

This work was supported by the grants GA101/03/0585 and GA 101/06/1478 of the Grant Agency of the Czech Republic and by Institutional Research Plan AVOZ20600510 of AS CR.

4. References

- Myška, J. & Mík, V. (2004) Degradation of surfactant solutions by age and by a singularity. *Chemical Engineering and Processing* 43, pp.1495-1501.
- Myška, J., Štern, P., Mík, V. & Šesták, J. (2004) Effect of degradation of surfactant solutions by age on rheological properties and drag reducing effectiveness. XIVth International Congress on Rheology, Seoul, Korea, August 22-27.

OBLIQUE INCLINED SURFACE VOIDS OF THICK-WALLED CONCRETE STRUCTURES OF NUCLEAR POWER PLANTS - - NUMERICAL SIMULATION OF IMPACT-ECHO DIAGNOSTIC METHOD.

Š. Morávka *

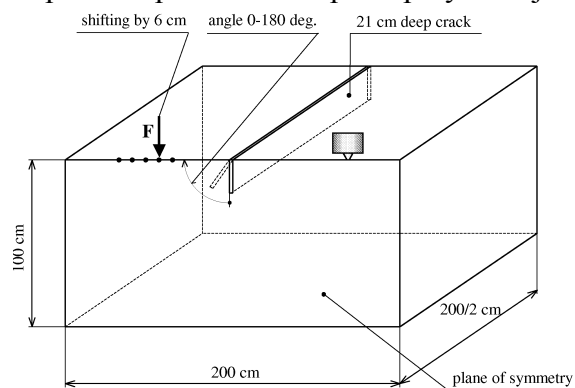
Summary: *Nuclear power plants safety can be significantly affected by defects of ageing concrete structures. To extend lifetime it is necessary to do their inspection by various methods. The ways, how to do it more quickly, cheaply and reliably, are still looking for. Advanced Impact-Echo method seems to be very hopeful. It is based on the reflection of elastic waves from discontinuities and inhomogeneities. The paper continues previous works. The numerical simulations of the fast transient processes around of inclined voids with the various angles to the surface are presented here. The main goals are detection and localization of voids and evaluation of the variable inclinations effects. The experimental verification at the true size reinforced concrete will follows.*

Úvod

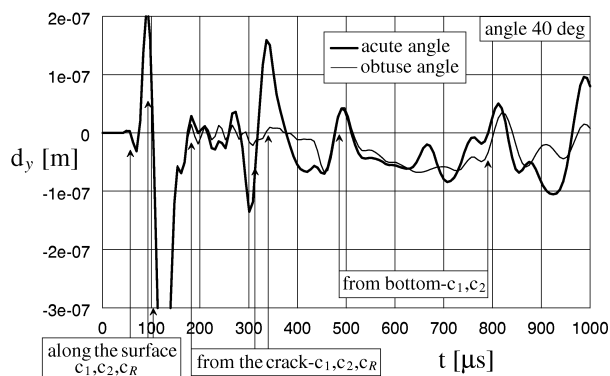
Řízení stárnutí a prodloužení provozních licencí jaderných elektráren je jedním z nejvýznamnějších problémů jaderné energetiky. Pro řízení stárnutí železobetonových konstrukcí, které významně ovlivňují bezpečnost celé JE, vyhlásila CSNI (Commission on Safety of Nuclear Installation) OECD-NEA (Nuclear Energy Agency), tři úrovně priorit. Provozní prohlídky tlustostěnných armovaných betonových konstrukcí patří do první skupiny.

Nadějná je moderní nedestruktivní metoda „Impact-Echo“, založená na odrazu akustických vln. Norma ASTM popisuje dva postupy jejího použití - prvním se stanovuje rychlost dilatační vlny pomocí dvou snímačů. Druhý postup popisuje měření hloubky vady (nebo tl. desky), spočívající v nalezení dominantní frekvence odrazů dilatační vlny mezi vadou a povrchem. Takto, ve frekvenční oblasti, lze nalézt např. ploché dutiny nebo kanály, ale nelze detekovat trhliny jdoucí k povrchu. V naší práci se pokoušíme o přístup vycházející z první části ASTM. Pracujeme v časové oblasti, tj. měříme časy příchodů vlnových čel, která obcházejí různě hluboké a různě skloněné trhliny a podle nich a podle předpočítaných modelových simulací usuzujeme na charakter defektu.

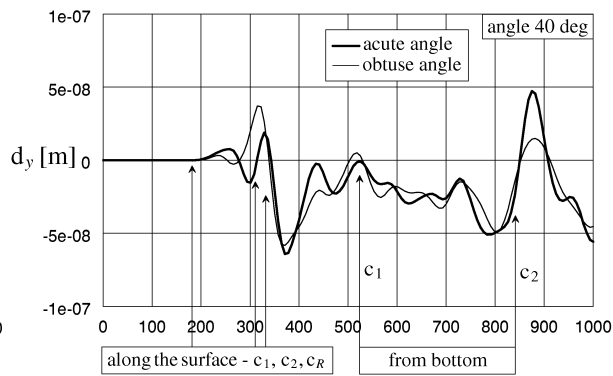
Hlavním cílem num. simulací v této části práce je detekce a lokalizace povrchové trhliny různě ukloněné k povrchu při buzení na straně snímání (odraz od trhliny) nebo na opačných stranách (přechod vln) a ocenění vlivu úhlu úklonu trhliny.



* Dr. Ing. Štefan Morávka: Nové technologie - Výzkumné centrum, Západočeská univerzita v Plzni; Univerzitní 8; 306 14 Plzeň; tel.: +420 377 634 708; e-mail: moravka@ntc.zcu.cz



Odras vln od trhlin skloněných 40° a 140°.



Přechod vln přes trhliny skloněné 40° a 140°.

Závěry a další postup

Tvary odražených i trhlinou procházejících vln jsou ovlivněny nejen kolmou hloubkou trhliny, ale mění se i v závislosti na úhlu úklonu. Obecně platí, že u *opačně ukloněných trhlin* o shodné kolmé hloubce se odezvy podstatně (!) méně liší při přechodu vln, než při odrazu.

Hlavní závěry pro odraz vln:

- Odrasy vln od trhliny ostře skloněné k povrchu se podstatně liší podle směru úklonu trhliny (z tupé nebo ostré strany), viz obrázky.
- Největší výchylka odražené Rayleighovy povrchové vlny pro je trhliny skloněné cca 45°
- Pro ostré úhly (cca 0° až 45°) se tvar odražených vln nepravidelně mění, což prakticky znemožňuje zjistit sklon takové trhliny podle tvaru změřeného odrazu.
- Pro relativně ostré úhly se zkracuje čas příchodu odrazů, začíná postupně budovat odraz už od kořene trhliny. U tupých úhlů naopak, objevuje se zpožděný odraz.

Hlavní závěry pro přechod vln:

- Vlna přecházející ostře skloněné trhliny je více tlumena při přechodu z tupé strany.
- Opačně pro trhliny „kolmější“ (45° až 135°). Vlny více tlumeny ostrými trhlínami do 90°
- Při přechodu přes velmi tupý úhel se vlna „vynoří“ na povrch za kořenem trhliny. Část se vrací zpět k ústí trhliny, kde vytvoří zpožděný odraz. Dochází tak k rozštěpení vlnového čela na dvě. Při umístění snímače nad takovou trhlínu může její lokalizace zcela selhat.

Práce na projektu diagnostiky vad betonových konstrukcí nyní pokračují simulací detekce objemné dutiny vzniklé přítomností cizího tělesa v betonu. Dále připravujeme podrobnější analýzu detekce uzavřených trhlin při korodujících tyčích vzniklých expanzí korozních produktů s respektováním přítomnosti jednotlivých ocelových výztuží.

Na jaře 2006 budou zahájena experimentální měření na pokusných blocích odlitých v měřítku 1:1 v ÚJV v Řeži. Nyní se řeší problematika vhodného buzení a přesného spínání záznamu měření. Samostatným problémem je vhodný snímač. Kromě nákupu snímače B&K se pokusíme modifikovat pro beton experimentální širokopásmový piezoelektrický snímač, který byl v ČR testován pro účely metody akustické emise.

Poděkování

Práce byla podpořena grantem GAČR *Metodika zkoušení masivních železobetonových konstrukcí* č. 103/06/0891 (ve spolupráci s Ústavem stavebního zkušebnictví v na VUT Brno), projektem MPO ČR v rámci projektu programu výzkumu a vývoje „Impuls“, evid.č. FI-IM/130, etapa 2.3 - „Inspekce a kontroly stavebních konstrukcí“ (s Ústavem jaderného výzkumu v Řeži) a MŠM ČR přístupem k clusterům projektu METACentra, který řeší sdružení CESNET v rámci výzk. záměru MSM6383917201 „Optická síť národního výzkumu a její nové aplikace“.

ANALYSIS OF THE TRANSIENT PROCESSES IN MACHINE AGGREGATES WITH GEAR

J. Mudrik*

Summary: *The transient process of electromechanical system consisted of electrical motor and transmission box with with gearing clearance considered is analysed in this paper.*

1. Úvod

V príspevku je riešená problematika prechodových javov v elektromechanickej sústave pozostávajúcej z elektromotora s mechanickou prevodovkou s uvažovaním vôle v ozubení.

V prácach [1-3] sú ukázané zvláštnosti mechanického subsystému elektropohonu vyvolané vôľami v ozubení. Vplyvom vôle vznikajú v prevode rázy, čo spôsobuje prídavné dynamické zaťaženie častí strojového agregátu. Správne určenie dynamických zložiek zaťaženia má veľký význam pre zvýšenie spoľahlivosti a životnosti ozubených prevodov.

Principiálne najdôležitejším krokom je určenie veľkosti krútiaceho momentu, ktorý je prenášaný pružnou väzbou medzi členmi agregátu pri uvažovaní vôle v ozubení.

2. Prechodový proces pri uvažovaní vôle v ozubení a elektromechanickej väzby

Strojový agregát je považovaný za pružnú dvojkotúčovú sústavu, pri uvažovaní dynamickej momentovej charakteristiky elektromotora a redukovanej vôle v ozubení $\Delta\varphi$. [1]

V práci [4] je vykonaná analýza tzv. mechanických prechodových procesov v pružnej elektromechanickej sústave, kedy nie je uvažovaná elektromechanická väzba v sústave a pre konštantné parametre strojového agregátu.

V ďalšom budeme vyšetrovať vplyv lineárnej dynamickej charakteristiky na charakter prechodového procesu pri prekonaní vôle v ozubení.

Prechodový dej v strojovom agregáte s ozubením môžeme rozdeliť na dve etapy v rámci, ktorých sa elektromechanická sústava chová ako lineárna.

V prvej etape, keď vôľa v ozubení existuje teleso I_2 nie je kinematicky viazané s elektromotorom (teleso I_1). Teleso I_1 vykonáva rovnomerne zrýchlený pohyb odpovedajúci zmene vstupného parametra $\omega_0 = \varepsilon_0 t$. Na prekonanie vôle voľného chodu potrebuje teleso I_1 určitý čas t v rámci ktorého dochádza k zmene uhlovej rýchlosti. Počas trvania času t , teleso I_2 je v klude alebo v rovnomernom pohybe. Po prekonaní vôle dochádza k pružnému rázu.

* Doc. Ing. Jozef Mudrik, CSc.: Katedra aplikovanej mechaniky, Materiálovotechnologická fakulta v Trnave, Slovenská technická univerzita; Paulínska 16; 917 24 Trnava; tel.: +421 33 55 11 733, fax: +421 33 55 11 668; e-mail: kam@mtf.stuba.sk

Naakumulovaná kinetická energia sa premení na pružnú deformáciu zubov a na teplo. V dôsledku toho dochádza k rastu hodnoty krútiaceho momentu, ktorý je prenášaný pružnou väzbou medzi členmi agregátu v dôsledku čoho sa zvýši dynamické zaťaženie prevodu.

Riešenie druhej etapy pohybu po prekonaní vôle možno vykonať za predpokladu, že po ráze už nedôjde k opätovnému prerušeniu kontaktu zubov v operátorovom tvare. Riešenie bolo vykonané pre nenulové začiatkové podmienky v bezrozmerovom tvare.[3]

3. Záver

Prechodový proces prekonania vôle po pružný ráz má za následok nárast hodnoty momentu motora M_d a tiež hodnoty skutočného zaťaženia (momentu pružnej väzby M_{12}) a tým aj dynamického zaťaženia prevodu. Moment M_{12} rastie rýchlejšie ako moment motora M_d (Obr.3). To sa týka aj maximálnych hodnôt $M_{12\max} > M_{d\max}$, pričom $M_{12\max}$ predbieha $M_{d\max}$. Rýchlosť pri pružnom ráze prudko klesá a nerovnomernosť rýchlosti aj momentu pružnej väzby v priebehu jednej periódy zanikajú. Možno to vysvetliť výraznými tlmiacimi vlastnosťami elektromotora pri uvažovaní lineárnej mechanickej charakteristiky motora [3].

4. PodĎakovanie

Práca vznikla za finančnej podpory VEGA MŠ SR a SAV v rámci projektu č. 1/2076/05.

5. Literatura

- [1] Mudrik,J.: Rezonančné javy v elektromechanickej sústave s uvažovaním vôle v ozubení.Inženýrská mechanika.Vol .7., 2000, No4, str.299-308
- [2] Mudrik, J.: Vplyv parametrov elektropohonu na kmitanie elektromechanickej sústavy. In.Zborník 8. medzinárodnej konferencie CO– MAT-TECH 2000. Trnava, str.255-260.
- [3] Mudrik, J.: Vplyv tuhosti momentovej charakteristiky na kmitanie v strojovom agregáte. Hydraulika a pneumatika. Ročník III.č. 2, 2001, str.29-31.
- [4] Mudrik, J. – Král, Š.: Analýza a modelovanie kinematických a dynamických odchýliek v ozubení. In. Zborník Dynamic of Machine Aggregates, Bratislava, 2000, str. 121-127.

MODIFICATION OF DYNAMIC PROPERTIES OF CIRCULAR PLATE USING CONSTRAINING LAYERS

M. Nad*

Summary: *A method for modification of dynamic properties of circular plate is presented. The modal characteristics (natural frequencies, mode shapes) of circular plate are changed by using of constraining layers. The part of circular plate is embedded into layers for which the different geometrical parameters and material properties are supposed. The effect of mass and stiffness structural modifications created using this approach on modal properties of circular plate is analysed.*

The main objectives of structural dynamic modification techniques are generally to reduce vibration levels, shift resonance frequencies, improve dynamic stability, place optimally the modal points, perform modal synthesis and optimise the weight and cost. There are two main reasons for structural modification. First, an existing structure may exhibit unsatisfactory dynamic characteristics. Second, the design of a structure which is known to experience a dynamic working environment needs to satisfy some well defined criteria such as averting vibration resonance. The dynamic characteristics of a structure usually referred to as its natural frequencies and mode shapes, are determined by its mass, stiffness and damping distributions. For a real-life structure, it is more important to determine the structural modification in terms of physical parameter changes.

In the present paper the change of dynamical properties of circular plate which is clamped on inner radius and embedded into both-sided constraining layers covering part of the plate on inner radius is investigated. A basic structural models and parametric study of dynamic properties of this structure will be discussed in following sections. It provides not only the information of the dynamics of circular plate but the results can be used also for its suitable dynamic modification. The finite element method is used to solve dynamic properties of this plate.

Generally, undamped mechanical system without force excitation is defined by

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{x}} + \mathbf{K}\mathbf{x} = \mathbf{0} \quad (1)$$

where \mathbf{M} , \mathbf{K} are the mass and stiffness matrix of the system. The vectors \mathbf{x} , $\ddot{\mathbf{x}}$ are vectors of the displacements, and accelerations, respectively.

* Ing. Milan Nad', CSc.: Department of Applied Mechanics, Faculty of Materials Science and Technology in Trnava, Slovak University of Technology; Paulínska 16; 917 24 Trnava; phone.: +421 33 55 11 733, fax: +421 33 55 11 668; e-mail: milan.nad@stuba.sk

Modified system can be expressed as

$$(\mathbf{M} + \Delta\mathbf{M})\ddot{\mathbf{x}} + (\mathbf{K} + \Delta\mathbf{K})\mathbf{x} = \mathbf{0}. \quad (2)$$

The modifying matrices $\Delta\mathbf{M}$ and $\Delta\mathbf{K}$ characterise mass and stiffness modifications in the spatial model. The practical modification is not carried out on matrices but on physical components or parameters of the structure.

The natural angular frequency of the system after modification can be expressed by

$$\omega_{m,i} = \omega_{0,i} \pm \Delta\omega_i, \quad (3)$$

We consider a circular plate of a inner radius r_0 , outer radius R_0 and thickness h . The plate is clamped on inner radius and embedded into both-sided elastic layers of thickness h_v covered part of plate on inner radius. The model of this plate is shown on Fig. 1.

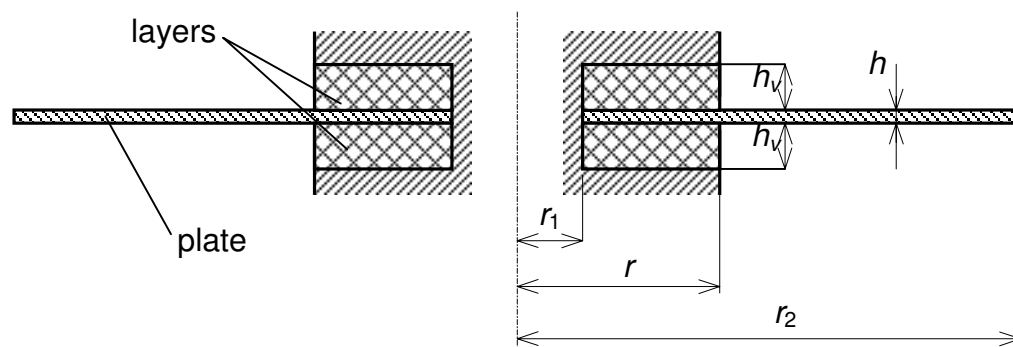


Fig. 1 Model of circular plate in constraining layers

A method of structural modification of mechanical system and shifting its natural frequency to a desired values has been presented. The modification is done in physical parameters of mechanical system. The required properties of circular plate are obtained by changing of the structural parameters (thickness and radius of layers, Young modulus of layers) of constraining layers in which the plate is embedded. Consequently the modal properties of circular plate are changed. Influence of the parameters of layers on natural frequencies are presented.

Author wish to thank for the financial support of projects VEGA 1/2076/05.ZS

References

- Bodnicki M.: *Application of commutation phenomena in DC micromotor for identification of its rotor angular displacement*. Proceedings of 5. Franco-Japanese Congress & 3. European-Asian "Congress of Mechatronics". 9-11.10.2001, Besançon,
- Nánási T.: *Vibration of rotating annular plate*. In Proceeding of the 8th International Acoustic Conference, Kočovce, 2003, pp. 59-62,
- Srivastava R. K., Kundra T.K.: *Dynamic modifications of vibrating structures*. Journal of Structural Engineering, Vol. 20, No. 4, 1994, pp. 185-194.

THE INFLUENCE OF SPECIMEN GEOMETRY ON PLASTICITY INDUCED CRACK CLOSURE

L. Náhlík*, P. Hutař*

Summary: *The paper investigates the effect of in-plane constraint on plasticity induced crack closure under conditions of small scale yielding. The growth of a sharp straight crack in middle tension specimen (MT) and compact tension (CT) specimen, under constant amplitude of cyclic loading, was analyzed with help of finite element method. The material constitutive behavior was represented by a purely kinematic hardening law. Obtained results are discussed from point of view of the influence of T-stress on plasticity induced crack closure. Significant difference between opening values for CT and MT specimens was found under conditions of plane strain.*

Cílem příspěvku je ukázat vliv geometrie tělesa (constraintu) a různých úrovní zatěžování na plasticky indukované zavírání trhliny. Na zkušebním tělese s centrální trhlinou (MT) a na zkušebním tělese zatěžovaném excentrickým tahem (CT) je testována závislost otevření trhliny pro různou hladinu constraintu. MT zkušební těleso je charakterizováno zápornou hodnotou T-napětí (nízký constraint), zatímco CT těleso lze popsat kladnou hodnotou T-napětí (vysoká hladina constraintu). Na těchto zkušebních tělesech byly provedeny testy vlivu constraintu na rychlost šíření únavové trhliny (Hutař a kol., 2004). Ukázalo se, že v oblasti prahových hodnot a pro nízké rychlosti šíření, záporné T-napětí urychluje růst únavové trhliny (Hutař a kol., 2004), zatímco pro vysoké rychlosti šíření únavové trhliny záporné T-napětí naopak zpomaluje růst únavové trhliny (Tong, 2002). Tyto jevy by bylo možno vysvětlit vlivem T-napětí na plasticky indukované zavírání trhliny, který roste s rostoucím zatížením.

V klasické lineární elastické lomové mechanice (LELM) se rychlost šíření trhliny v oblasti vysokocyklové únavy stanovuje pomocí Parisova-Erdoganova zákona:

$$da/dN = C(\Delta K_I)^m \quad (1)$$

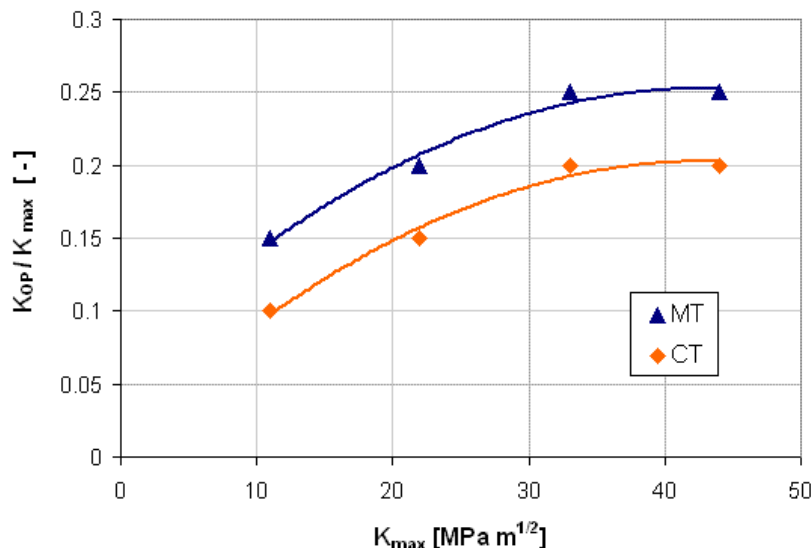
Parisův vztah lze modifikovat se zahrnutím vlivu zavírání trhliny do následujícího tvaru:

$$da/dN = C(K_{eff})^m \quad (2)$$

C a m jsou materiálové konstanty. K_{eff} je efektivní hodnota faktoru intenzity napětí, která se vypočte jako rozdíl mezi skutečnou hodnotou rozkmitu faktoru intenzity napětí ΔK_I a faktorem intenzity napětí odpovídajícím otevření trhliny K_{op} . Výsledná hodnota K_{eff} je tedy

* Ing. Luboš Náhlík, PhD., Ing. Pavel Hutař, PhD., Ústav fyziky materiálů, Akademie věd ČR; Žižkova 22; 616 62 Brno; tel.: +420.532 290 351, fax: +420.541 218 657; e-mail: nahlik@ipm.cz hutar@ipm.cz

snížena o tu část zatěžovacího cyklu, kdy je trhlinka zavřená. Rozdíl mezi CT a MT tělesem v hodnotě otevíracího faktoru intenzity napětí je zhruba konstantní a odpovídá cca 10% úrovně vnějšího zatížení, viz obr.1. Lze konstatovat, že záporné T-napětí (geometrie s nízkou hladinou constraintu) zvětšuje nejen velikost plastické zóny v okolí kořene trhliny, ale zároveň zvyšuje i hodnotu otevíracího napětí.



Obr.1 Otevírání trhliny v závislosti na maximální hodnotě faktoru intenzity napětí pro CT a MT zkušební tělesa.

Použijeme-li modifikovaný Parisův-Erdoganův vztah (2) k odhadu rychlosti šíření trhliny zjistíme, že v MT tělese dojde k retardaci rychlosti šíření trhliny vlivem existence constraintu. Tato skutečnost odpovídá experimentálním výsledkům uvedeným v práci (Tong, 2002).

Zároveň lze konstatovat, že otevírání trhliny je silně závislé na aplikovaném zatížení a s rostoucím zatížením se zvětšuje část cyklu, která je nepoškozující. Při tomto jevu dochází ke zmenšení rychlosti šíření únavové trhliny vzhledem k rychlosti vypočtené podle Parisova vztahu (1). Skutečná rychlost šíření trhliny může tedy být přístupy LELM značně nadhodnocena.

Pro spolehlivý odhad životnosti konstrukcí je tedy třeba vzít do úvahy jak velikost T-napětí, tak i vliv plasticky indukovaného zavírání trhliny. To platí zejména pro oblast zatěžování, ve které je zavírání trhliny nejvýznamnější, tj. pro střední a vyšší rychlosti šíření únavové trhliny.

Poděkování

Tento příspěvek byl vytvořen za podpory grantů Grantové agentury ČR č.106/06/P239 a č.106/04/P084.

Literatura

- Hutař, P., Seitzl, S., Knésl, Z. (2004) Quantification of the effect of specimen geometry on the fatigue crack growth response by two-parameter fracture mechanics. *Mater. Sci. Engng. A*, 387-389, pp.491-494.
- Tong, J. (2002) T-stress and its implications for crack growth. *Engng. Fracture Mechanics*, 69, pp.1325-37.

AUTOMATIC GENERATION OF VARIATIONAL STATEMENT

T. Nánási*

Summary: *Variational statements corresponding to boundary value problems are usually computed by hand calculations. In this paper an algorithm is derived which enables to implement the computation of variational statements as a computer program in the environment of symbolic programming languages such as Mathematica or Maple.*

1. Introduction

In general, the variational statement for the weak solution of the two-point boundary value problem $L u(x) = f(x)$, $B_s u(s) = h_s$, defined on interval $x \in (0, I)$ with end points $s=0,1$ for operator $L = (L, B_0, B_1)$ of order $2m$ has the following form: find $u \in U$ such that $W(u, v) = 0$ for all $v \in V$. In most of practically used formulations the homogeneous geometric boundary conditions enter the weak formulation in definition of the spaces U, V ; while the dynamic boundary conditions enter the definition of the bilinear form $W(u, v)$. This form should be chosen so that the weak solutions automatically guarantee the fulfillment of the dynamic boundary conditions. However, as discussed by Rektorys (1985), the question of the construction of the actual bilinear form $W(u, v)$ corresponding to given boundary value problem is not trivial, especially when complicated boundary conditions are considered.

2. Matrix representation of the operator and of the Green's identity

To study the properties of the above boundary value problem, let us consider the Green's identity

$$(Lu, v) = (u, L^* v) + H[u, v], \quad (1)$$

which reduces to the integration by parts formula in the case of one-dimensional domain.

The domain equation $Lu = f$ can be written following Nánási (1994) as an equivalent system of first order differential equations

$$\mathbf{L}u(x) = \mathbf{A}D(u) + \mathbf{B}u(x) = \mathbf{f}(x), \quad (2)$$

where due to special choice of system matrices the Green's identity in the state space has now the form

$$((\mathbf{A}D + \mathbf{B})\mathbf{u}(x), \mathbf{v}(x)) = (\mathbf{u}(x), (-\mathbf{A}^T D + \mathbf{B}^T)\mathbf{v}(x)) + \sum_{s=0}^1 (-1)^{s+1} \mathbf{u}^T(s) \mathbf{A}^T \mathbf{v}(s). \quad (3)$$

* Ing. Tibor Nánási, CSc.: Department of Applied Mechanics, Slovak University of Technology, Faculty of Materials Science and Technology, Paulínska 16, 917 24 Trnava, Slovakia, e-mail: tibor.nanasi@stuba.sk

The Dirichlet's remainder H in (3) can be expressed by the matrix \mathbf{A}^T , i.e. $\mathbf{H}_0 = \mathbf{H}_1 = \mathbf{A}^T$.

Advantages of the formulation at the state space in terms of the special matrix \mathbf{A} are obvious:

- 1) Both the adjoint expression $\mathbf{L}^* = -\mathbf{A}^T D + \mathbf{B}^T$ and the Dirichlet's remainder term are given by the same matrices \mathbf{A} and \mathbf{B} . Moreover, the matrix \mathbf{B} is closely related to the matrix \mathbf{A} , as easily checked by inspection.
- 2) Actually it is not necessary to carry out the process of integration by parts, as according to (9) its result is expressed directly in terms of input matrices \mathbf{A} , \mathbf{B} .

3. Decompositions of the matrix \mathbf{A}^T and the direct formula

Let us decompose the matrix \mathbf{A}^T at both end points to a product of two regular $2m \times 2m$ matrices reflecting in their structure both the given and adjoint boundary conditions

$$\mathbf{A}^T = \mathbf{A}_{L0} \mathbf{A}_{R0}, \quad \mathbf{A}^T = \mathbf{A}_{L1} \mathbf{A}_{R1}. \quad (4)$$

$$\mathbf{A}^T = \mathbf{A}_1 + \mathbf{A}_2, \quad (5)$$

and with matrices \mathbf{A}_1 , \mathbf{A}_2 representing the partial contributions resulting from integration by parts. With careful substitutions of given data we arrive at direct formula representing the desired variational statement

$$\begin{aligned} W(u, v) &= (f, v) - (L_1 u, L_2 v) - \sum_{s=0}^1 (-1)^{s+1} \mathbf{h}_s^e \mathbf{I}_{vs} \mathbf{A}_{Rs} \mathbf{v}(s) + \\ &+ \sum_{s=0}^1 (-1)^{s+1} \mathbf{u}^T(s) (-\mathbf{A}_{Ls} \mathbf{I}_{vs} \mathbf{A}_{Rs} + \mathbf{A}_2) \mathbf{v}(s) = 0. \end{aligned} \quad (6)$$

It holds information on the domain part of operator in terms of $(f, v) - (L_1 u, L_2 v)$, on the given nonhomogeneous boundary conditions in terms of the linear form

$$- \sum_{s=0}^1 (-1)^{s+1} \mathbf{h}_s^e \mathbf{I}_{vs} \mathbf{A}_{Rs} \mathbf{v}(s)$$

and on the boundary part of the operator in terms of the bilinear form

$$\sum_{s=0}^1 (-1)^{s+1} \mathbf{u}^T(s) (-\mathbf{A}_{Ls} \mathbf{I}_{vs} \mathbf{A}_{Rs} + \mathbf{A}_2) \mathbf{v}(s)$$

4. Conclusions

Two suitable trivial decompositions of system matrix are introduced, which enable to deduce formal algorithms to compute symbolically both the data of adjoint boundary value problem and variational functionals (bilinear forms for weak solution) corresponding to the given boundary value problem in both unconstrained and constrained version.

5. Acknowledgement

This work was conducted under the support of the Agency VEGA MŠ SR for project 1/2076/05.

6. References

- Rektorys, K. (1985) *Time discretization and partial differential equations*. SNTL, Prague.
- Nánási, T. (1994) Matrix method for computation of the adjoint boundary conditions. *Strojnícky Časopis*, Vol. 45, No. 5, pp. 391-408.

ALONG WIND RANDOM VIBRATIONS OF A SLENDER STRUCTURE - MODELLING BY CONTINUOUS ELEMENTS

J. Náprstek, S. Pospíšil*

Summary: *Along wind random vibration of a slender structure represents one of the most important aeroelastic effects resulting from wind - structure interaction. The theoretical model being based on one-dimensional elements with continuously distributed mass and stiffness has been introduced in this paper. The system has been considered to be self-adjoint and with strongly non-proportional viscose damping with respect to materials of individual parts of the structure and due to vibration dampers. The random excitation of the linear system is gaussian and of additive type, therefore the response is gaussian as well. Consequently, mathematical mean value and correlation function are satisfactory for the full description of the generalized solution of the respective PDE in the stochastic meaning. The stationary solution has been obtained in generalized coordinates providing transparent results and very fast convergency. Using this procedure, the general results can be obtained in the form of analytical formulae for many important cases of input spectral densities.*

1. Charakteristika problému

Analýza náhodného kmitání štíhlých konstrukcí byla v minulosti často zatížena řadou předpokladů, které byly mlčky přijaty, široce používány, avšak často vzdáleny realitě. Jedním z typických nedostatků byla hypotéza o proporcionálním útlumu, která je zcela mimo realitu, jakmile se konstrukce vybaví tlumičem kmitání jakéhokoli typu. Dalším předpokladem, který je obtížné akceptovat, je stochastická nezávislost jednotlivých vlastních tvarů kmitání. Je-li základem modelu prvek se spojitě rozloženou hmotou, vyjdeme ze známé pohybové rovnice přímého prutu se statickou podélnou silou:

$$(EJ(x)u''(x, t))'' + (N(x)u'(x, t))' + 2b(x) \dot{u}(x, t) + \mu(x) \ddot{u}(x, t) = p(x, t)$$

Soustředíme-li se na závěr zdlouhavějších úvah, můžeme řešení rovnice (1) psát ve tvaru:

$$u(x, t) = \sum_{j=1}^n u_j(x) \cdot f_j(\theta_j t); \quad n \longrightarrow \infty$$

$u_j(x), \theta_j$ - vlastní funkce, resp. čísla operátoru $L\{\cdot\}$ vzhledem k $\mu(x)$ plynoucí z rovnice:

$$L\{u_j(x)\} + \theta_j^2 \mu(x) \cdot u_j(x) = 0; \quad L\{u(x)\} \equiv (EJ(x)u''(x))'' + (N(x)u'(x))'$$

$u_{j_0}(x)$ - normalisované vlastní funkce. Vektor funkcí $\mathbf{f}(t) = [f_1(t), \dots, f_n(t)]^T$ vyhovuje obyčejné soustavě:

$$\Theta^2 \cdot \mathbf{f}(t) + 2\mathbf{B} \cdot \dot{\mathbf{f}}(t) + \mathbf{I} \cdot \ddot{\mathbf{f}}(t) = \mathbf{p}(t)$$

$$\Theta^2 = \text{diag}[\theta_1^2, \dots, \theta_n^2]; \quad \mathbf{B} = \left[\int_S b(x) u_{k_0}(x) u_{j_0}(x) dx \right]; \quad \mathbf{p}(t) = \left[\int_S p(x, t) u_{k_0}(x) dx \right]$$

* Ing. Jiří Náprstek, DrSc., Ing. Stanislav Pospíšil, PhD., Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR; Prosecká 76, 190 00 Praha 9 naprstek@itam.cas.cz

Pohyb spojitě soustavy je nyní popsán v zobecněných souřadnicích, které tvoří ortonormované vlastní funkce $u_{jo}(x)$ operátoru (2). Korelační matice odezvy je formulována takto:

$$K_u(x_1, x_2, t) = \sum_{ij=1}^n u_{io}(x_1) \overline{u_{jo}(x_2)} \mathbf{E} \left\{ f_i(\theta_i \tau) \overline{f_j(\theta_j \tau + t)} \right\} = \mathbf{u}_o^T(x_1) \mathbf{K}_f(t) \overline{\mathbf{u}_o(x_2)}$$

přičemž $\mathbf{K}_f(t)$ je matice ($n \times n$) vzájemných korelačních funkcí časových složek $\mathbf{f}(t) = [f_i(\theta_i t)]$, příslušejících vlastním funkcím $u_{io}(x)$.

2. Účinky flukтуаční složky rychlosti větru

Podkladem pro výpočet matice $\mathbf{K}_f(t)$ je matice spektrální hustoty $\mathbf{S}_p(\omega)$, která reprezentuje vnější náhodné buzení. Sestrojí se z výrazu:

$$\mathbf{S}_p(\omega) = \int_S \int_S \mathbf{u}_o(x_1) \overline{\mathbf{u}_o^T(x_2)} S_{px}(x_1, x_2, \omega) dx_1 dx_2$$

Spektrální hustota $S_{px}(x_1, x_2, \omega)$ popisuje skladbu fluktuací tlaku vyvolaných fluktuací rychlosti proudu vzduchu. Skládá se z Davenportovy spektrální hustoty fluktuace rychlosti větru, prostorových korelačních vztahů a dále z popisu geometrie konstrukce:

$$S_{px}(x_1, x_2, \omega) = \beta(x_1, x_2) \cdot \exp(-\lambda|\omega||x_1 - x_2|) \cdot \frac{\alpha_0|\omega|}{(a^2 + \omega^2)^{4/3}}$$

$$\beta(x_1, x_2) = 4\beta_0\kappa(x_1)v_s(x_1)\kappa(x_2)v_s(x_2)$$

$\kappa(x)$ - funkce polohy x nad terénem; vliv geometrie, tvaru průřezu, hmotnosti vzduchu, atd.

$v_s(x)$ - statická složka rychlosti proudu (rychlostní gradient).

3. Závěr

Matematický model štíhlé vertikální konstrukce založený na soustavě jednorozměrných prvků se spojitě rozloženou hmotou a ohybovou tuhostí má řadu vlastností, kterými se odlišuje od modelů jiných typů. Nejpřirozenějším je srovnání s vlastnostmi modelu těžké konstrukce, jenž je vytvořen na základě soustředěných hmot či tuhých těles propojených nehmotnými pružinami a tlumícími členy. Oba modely mají řadu společných základních vlastností, které umožňují opustit řadu omezujících předpokladů neodpovídajících realitě. To se týká vlivu neproporcionálního tlumení konstrukce vybavené tlumičem, stochastické interakce vlastních tvarů (vektorů) kmitání zanikající exponenciálně s rostoucí vzdáleností bodů odezvy, prostorové korelace buzení i odezvy, atd. Na druhé straně se potvrdila v zobecněném měřítku řada heuristicky zavedených hypotéz v minulosti, jako např. gaussovská povaha odezvy. Předností modelu se spojitými prvky je analýza probíhající v zobecněných souřadnicích, které jsou blízké vlastním tvarům posuzované konstrukce. Energetická mohutnost jednotlivých vlastních funkcí obecně vzato klesá se vzrůstem jejich řádu. Z toho vyplývá možnost poměrně snadno omezit počet vlastních funkcí, což zejména u analýzy stochastického kmitání znamená citelné snížení pracnosti výpočtu. Výsledky jsou zároveň přehlednější a jejich rozbor je snáze proveditelný než v případě modelu se soustředěnými hmotami. Konvergence je zároveň mnohem rychlejší a vyššího typu.

4. Poděkování

Autor děkuje Grantové agentuře AVČR - A2071401, Grantové agentuře ČR - 103/06/0099 a výzkumnému záměru ÚTAM AV0 Z20710524, za jejichž podpory vznikla tato práce. Text byl pořízen procesorem L^AT_EX.

ALONG WIND RANDOM VIBRATIONS OF A SLENDER STRUCTURE - MODELLING BY CONCENTRATED MASSES

J. Náprstek, S. Pospíšil*

Summary: *The paper presents an analytical-numerical solution to the along wind random response of slender structures to fluctuating stationary wind velocity component. The structure has been modelled using a linear system discretized by concentrated masses or by FEM, respectively. The system has been considered as self-adjoint and with strongly non-proportional viscose damping. As the random excitation of this linear system is gaussian and of additive type, also the response is gaussian and consequently mathematical mean value and correlation matrix are satisfactory for the full description of the generalized solution in the stochastic meaning. The solution itself has been obtained using the method of integral spectral decomposition. It has been shown that the general results can be obtained in the form of analytical formulae for many important cases of input spectral densities and consequently they can be incorporated into some existing FEM software systems.*

1. Formulace problému

Rychlost větru je veličina proměnná v prostoru i v času. Podle zkušeností a výsledků měření ji lze v daném bodě v dostatečně dlouhém časovém úseku považovat za stacionární. Dá se formulovat jako součet konstantní statické složky a náhodně proměnné složky dynamické. Mnohé nedostatky v minulosti vycházely z některých mlčky přijatých předpokladů, které často nebývají splněny, např. všeobecně přijímaná hypotéza o proporcionalním útlumu, nezávislost jednotlivých vlastních tvarů kmitání, atd. Při stochastickém typu buzení jsou tyto předpoklady splněny jen zřídka.

Pokud není stupeň turbulence příliš vysoký, vystačí se pro analýzu kmitání konstrukce ve směru větru obvykle s lineárním modelem.

$$\mathbf{M} \ddot{\mathbf{u}}(t) + \mathbf{B} \dot{\mathbf{u}}(t) + \mathbf{R} \mathbf{u}(t) = \mathbf{p}(t)$$

$$\mathbf{u}(t)|_{t=0} = \mathbf{u}_o ; \quad \dot{\mathbf{u}}(t)|_{t=0} = \dot{\mathbf{u}}_o$$

Zatížení má statickou a fluktuální dynamickou složku. Jako síla působící v jednom bodu se dá psát ve tvaru:

$$p(t) = \kappa (v_s + v_d(t))^2 \approx \kappa (v_s^2 + 2v_s \cdot v_d(t)) \Rightarrow p_d(t) \approx 2\kappa v_s \cdot v_d(t)$$

$v_s, v_d(t)$ - statická a dynamická složka rychlosti větru; při malých fluktuacích rychlosti je možné dynamickou složku tlaku pokládat za úměrnou dynamické složce rychlosti $v_d(t)$.

κ - konstanta vyjadřující vliv tvaru a velikosti průřezu, kvality povrchu, hustoty vzduchu, atd.

*Ing. Jiří Náprstek, DrSc., Ing. Stanislav Pospíšil, PhD.

Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR; Prosecká 76, 190 00 Praha 9
 naprstek@itam.cas.cz

2. Řešení metodou spektrálních rozkladů

Vstupní i výstupní procesy je možné psát v daném případě ve tvaru, který je založen na spektrálním diferenciálu vstupních procesů:

$$\mathbf{v}_d(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \exp(i\omega t) d\Phi(\omega); \quad \mathbf{U}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \mathbf{U}^*(\omega, t) d\Phi(\omega)$$

$d\Phi(\omega)$ - vektor spektrálních diferenciálů procesů $\mathbf{v}_d(t)$; $d\Phi_j(\omega)$ jsou procesy v proměnné ω typu bílého šumu; jejich korelace se řídí Wiener-Chinčinovým vztahem:

$$\mathbf{E}\{d\Phi(\omega) \cdot \overline{d\Phi^T(\omega^*)}\} = \delta(\omega^* - \omega) \mathbf{S}_v(\omega) d\omega d\omega^*$$

$\mathbf{S}_v(\omega)$ - matice spektrálních hustot procesů $\mathbf{v}_d(t)$; prvky matice mají tvar: $S_v(\omega) \cdot K_{ij}(\omega)$, kde $K_{ij}(\omega)$ ($i \neq j$) vyjadřuje klesající vzájemnou korelaci s rostoucí frekvencí a vzdáleností od hlavní diagonály; tato struktura matice spektrálních hustot je inspirována experimentálními výsledky a není výsledkem exaktní analýzy.

3. Náhodné buzení a charakter výsledků

Pro praktickou potřebu popisu náhodného buzení se nejlépe osvědčila Davenportova spektrální hustota spolu s korelační funkcí:

$$S_v(\omega) = \frac{\alpha_0 |\omega|}{(a^2 + \omega^2)^{4/3}}; \quad K(x_k, x_l, \omega) = \beta_{kl} \exp(-\lambda |\omega| |x_k - x_l|)$$

Konstanty α_0, a, λ jsou stanoveny experimentálně a upravují se zvlášť pro každou lokalitu. Vzhledem k tomu, že vstupní i výstupní procesy jsou gaussovské a centrované, je výsledek řešení plně popsán maticí dispersí výchylek konstrukce, popř. dalších průřezových veličin.

4. Závěr

Matematický model štíhlé vertikální konstrukce založený na myšlence soustavy soustředěných hmot, popřípadě hmotných těles, jak vyplývá z FEM, poskytuje nástroj dostatečně výstižný pro analýzu náhodného kmitání těchto soustav v reálném měřítku. Tento model umožnil opustit řadu problematických předpokladů o chování konstrukce a jejího zatížení přijatých v minulosti. To se týká vlivu neproporcionálního tlumení konstrukce vybavené tlumičem, stochastické interakce vlastních tvarů (vektorů) kmitání zanikající exponenciálně s rostoucím rozdílem indexů, prostorové korelace buzení i odezvy, atd. Na druhé straně se potvrdila v zobecněném měřítku řada heuristicky zavedených hypotéz v minulosti, jako např. gaussovská povaha odezvy, přijatelnost proporcionálního modelu na konstrukci bez tlumiče i v případě, že je sestavena z materiálů s různou mírou vnitřního útlumu. Vliv počátečních podmínek je krátkodobý a zaniká exponenciálně s rostoucím časem od zahájení buzení (stacionárního). Možnost prezentovat výsledky ve formě vzorců v uzavřeném tvaru pouze s nutností výpočtu vlastních čísel a vektorů matice soustavy nabízí velice rychlý způsob vyhodnocení těchto efektů v praxi. Efektivnost předložené metody je oproti např. simulacím několikanásobná. Výsledky zároveň dávají lepší přehled o vnitřní struktuře výsledků a dávají dobrý návod pro případné konstrukční úpravy v případě, že odezva nevyhovuje požadovaným kritériím.

5. Poděkování

Autor děkuje Grantové agentuře AVČR - A2071401, Grantové agentuře ČR - 103/06/0099 a výzkumnému záměru ÚTAM AV0 Z20710524, za jejichž podpory vznikla tato práce. Text byl pořízen procesorem L^AT_EX.

EFFECT OF CREEP IN EVALUATION OF NANOINDENTATION OF CEMENT PASTES

J. Němeček*, P. Kabele*, P. Jůn*

Summary: *This paper deals with nanoindentation of cement paste as a representative of heterogeneous and time-dependent building material. The paper concerns on the appropriateness of methods used for evaluation of micromechanical properties. Limitation of traditional elastic solution is shown on the unique experimental program. Better descriptions of indentation process based on analytical viscoelastic solution and finite element model with general viscoelastoplastic constitutive relation are proposed. These models are used for simulation of indentation and for estimation of material parameters at micrometer scale.*

1. Introduction

Cementitious materials are of prior importance in the building industry. Nanoindentation plays an important role between multiple experimental techniques concerning material microlevel. In contrary to classical macroscopic tests, numerous microscale phenomena can occur during indentation tests. Thus, evaluation of nanoindentation results must be done with care since different interpretation based on the used model can be obtained. Creep of the material was found to be the main factor contributing to usual misinterpretations. Ignoring creep in the evaluation of results can lead to overestimation of size effect on hardness and spurious size effect on elastic properties. Simulation of indentation process and comparison with experimental data can answer the question on the appropriateness of different constitutive relations and the underlying material behavior.

2. Nanoindentation of cement pastes. Experimental results.

Cement paste is a heterogeneous material. In this work, separation of material phases and micromechanical testing was done using nanoindentation and ESEM. Experimental results from nanoindentation cover the load vs. depth of penetration diagram (the P-h curve). This diagram contains loading and unloading branch and may contain also holding (dwelling) period at the peak of the diagram. Several types of experiments have been conducted using different loading histories including long dwell periods and cyclic loading. It was found that traditional methods of evaluation of elastic properties (Oliver and Pharr, 1992) are appropriate only in special cases of loading. In the case of time-dependent material, this model fails even in prediction of elastic properties. Therefore, more general model should be used for data analysis and for simulation of the indentation process.

* ing. Jiří Němeček, Ph.D., doc. ing. Petr Kabele, Ph.D., ing. Petr Jůn: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra mechaniky, Thákurova 7, 16629 Praha 6, tel. +420224354309, fax +420224310775, e-mail: jiri.nemecek@fsv.cvut.cz

3. Analysis of indentation data and their numerical simulation

Three different models have been constructed. The first model served for the estimation of elastic properties of cement paste and it is widely used for interpretation of nanoindentation data (Oliver and Pharr, 2004). The second model was based on the viscoelastic solution (Vandamme and Ulm, 2005) and it was used for simulation of the loading and holding part of experimental P-h curve. This model performed quite well for one cyclic loading and it was possible to identify elastic as well as viscosity parameters of cement paste. However in a general case, it appears that neither the elastic, nor the viscoelastic model fully represent the behavior of cement paste. Thus, the third more general FE model was constructed. The implemented constitutive law included the evolution of elastic, creep and plastic strains. Such general model was capable to describe qualitatively all the major features of the experimental response curve: the creep during load-dwell periods as well as variation of tangential stiffness during the loading phases. However, the number of parameters was too high to be determined by a simple trial and error approach. The main difficulty consisted in the fact, that even during the dwell periods when the loading force was constant, creeping of the material under the indenter resulted in changing contact area and consequently in changing stress field. Thus, it was not possible to separate the response due to plastic yielding and creeping.

4. Concluding remarks

The presented work concerned on the evaluation of nanoindentation experiments measured on cement pastes. Since the traditional approaches based on elastic solution are not adequate for the simulation of cement paste more complex models are needed. The comparison of several approaches showed that classical elastic solution (Oliver and Pharr, 1992) can be used for the estimate of elastic parameters only in connection with a special loading path. A simple viscoelastic solution (Vandamme and Ulm, 2005) can capture the loading and holding periods of the P-h curve for one cycle experiment. However, using of the same material parameters does not lead to satisfactory results for the case of cyclic loading. Thus, a more general FE model was proposed. The FE analyses showed that in description of the micromechanical behavior of cement paste, both time-independent plastic strains and time-dependent creep strains appear to play an important role. However, parameters of the qualitatively most suitable elastic-plastic-creep model are difficult to obtain. Presently, the possibility of using a more sophisticated method of parameter identification based on genetic algorithms is being researched.

5. Acknowledgements

This work has been supported by the Ministry of Education of the Czech Republic (project MSM 6840770003) and Czech Grant Agency (GACR 103/05/0896). Their support is gratefully acknowledged.

6. References

- Oliver W.C, Pharr G.M. (1992) 'An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments', *Journal of Material Research* 7, 1564-1583.
- Vandamme M., Ulm F.J. (2005) 'Viscoelastic solutions for conical indentation', *Int. J. of Solids and Structures*, in press.

ELASTIC CYLINDER WITH MICROSTRUCTURE

V. Nováček, R. Cimrman, J. Rosenberg ¹

Summary: *This paper is concerned with the modelling of a microstretch elastic solids. In contrast to the classical theory of continuum, the points of the microstretch material can also rotate and deform independently of their translations. The microstructure is thus characterized by the additional degrees of freedom. The analytical solution for the problems of extension, bending, torsion and flexure for a homogeneous and isotropic microstretch cylinder is known. It is compared to the results of numerical simulations using finite element method.*

1. Introduction

Standard continuum mechanics studies the problems in which the microstructure is homogenized by phenomenological averages. Functions that characterize continuum variables and quantities are assumed to be smooth and continuous in space and time. Distributions of stresses, strains and other quantities and the material itself within an infinitesimal material neighbourhood of a typical particle (or material element) are regarded as essentially uniform. However, the microscale, often very complicated, is not uniform in general. Framework of the standard continuum mechanics does not respect in principle the inner material structure. Classical elasticity becomes inaccurate when the length scales of structure constituents become comparable to some intrinsic characteristic length scale of the material. Various approaches are studied to cope this problem, e.g. homogenization, higher grade theories and higher order theories. Microcontinuum theory belongs among the last mentioned. The general idea is based on the introduction of some additional fields (degrees of freedom) that characterize the behaviour of the microstructure. One of the particular case is the microcontinuum model introduced and studied e.g. in Capriz [1989]; Eringen [1999]. In the case of micromorphic continuum, each point of the continuum may translate, rotate and deform. In Eringen [1999], each point is associated with a triple of vectors, the so-called directors, that can rotate and deform; they characterize the intrinsic deformation of the microstructure. In Capriz [1989], an order parameters manifold is associated with the body. This manifold is a space of second order tensors with positive determinant in the case of micromorphic continuum. Both approaches are formally identical. Microstretch continuum is a subset of the micromorphic one, where the points can rotate and

¹ Ing. Vít Nováček, Ing. Robert Cimrman, Ph.D., Prof. Ing. Josef Rosenberg, DrSc., Department of Mechanics, Faculty of Applied Sciences, University of West Bohemia, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň, phone: +420 377 63 4709, e-mail: vnovacek@kme.zcu.cz

deform uniformly (contract and/or stretch) without microshear. Porous and granular materials and biological tissues may be described with this model. The points of micropolar continuum can rotate without deformation. It is a convenient description for polar materials such as liquid crystals. The authors of this paper provide the variational, weak and numerical formulation and the discretization of the problem of linearly elastic microstretch solid in two and three dimensions, as well as the finite element package solving this problem. The aim of this article is to compare the results from the numerical simulations with the known analytical solution. The analytical solution for the problems of extension and bending for a homogeneous and isotropic microstretch cylinder is shown in Ieşan and Nappa [1995] and for the torsion and flexure in De Cicco and Nappa [1997]. Extension of microstretch cylinder was studied and the result of one such simulation is shown on the Figure 1(b).

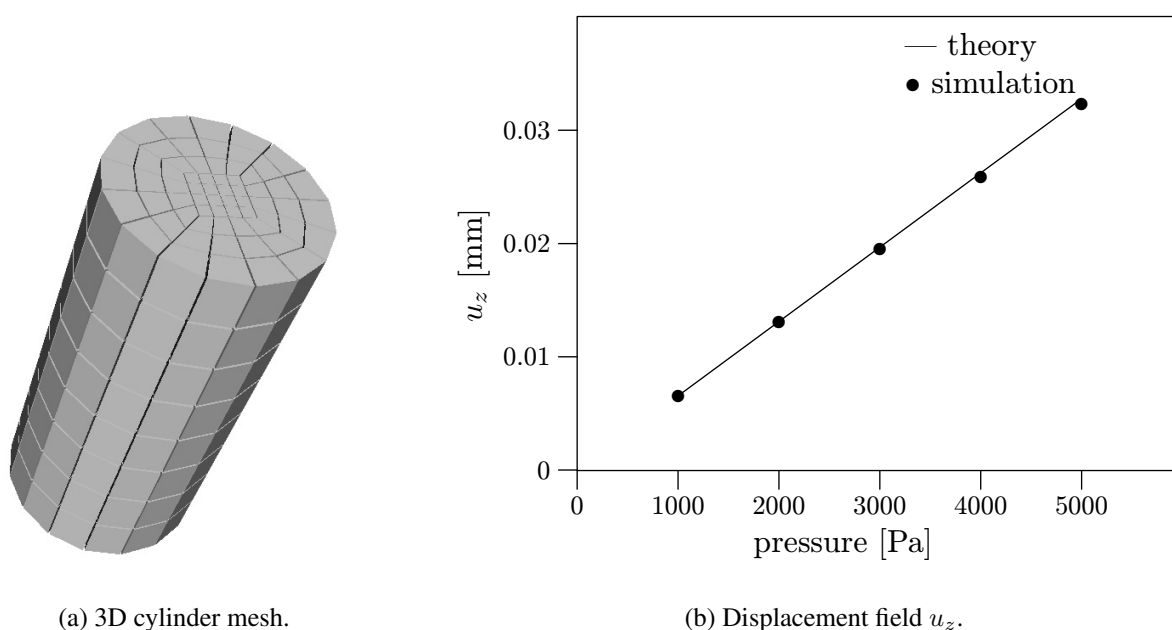


Figure 1: Microstretch cylinder and the result of its extension.

2. Acknowledgment

This work is supported by the research project MŠM 4977751303.

3. References

- G. Capriz. *Continua with Microstructure*. 1989.
- S. De Cicco and L. Nappa. Torsion and Flexure of Microstretch Elastic Circular Cylinders. *International Journal of Engineering Science*, 1997.
- A. Eringen. *Microcontinuum Field Theories I: Foundation and Solids*. 1999.
- D. Ieşan and L. Nappa. Extension and Bending of Microstretch Elastic Circular Cylinders. *International Journal of Engineering Science*, 1995.

EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF MASONRY MATERIAL CHARACTERISTICS

J. Novák¹, M. Vokáč²

Summary: *The results obtained from laboratory experiments carried out on various macroscopic blocks of masonry specimens as well as on meso-scopic samples of both phases (brick and mortar) at Klokner institute in Prague are summarized in this work. The mesoscopic samples were prepared with reference to expected numerical simulations, which draw on the existence of the Representative Volume Element (REV) combined with the theory of first order homogenization. The material parameters of individual phases were derived, however, following the Czech or European standards. Estimates of the shear parameters of joints describing the behavior of Interfacial Transition Zone (ITZ) are also presented.*

Na základě intenzivní snahy o aplikaci sofistikovaných materiálových modelů v nelineární analýze zděných konstrukcí byla v rámci projektu GAČR 103/04/1321 provedena v Kloknerově ústavu v Praze řada experimentů na makroskopických vzorcích zdiva. Experimenty byly provedeny s cílem určit lineárních a nelineárních parametry jednotlivých zděných komponent (malta, zděné bloky) a makroskopické (průměrné) vlastností zdiva z plných cihel. Zkoušky vlastností cihel a malty jsou prováděny s využitím standardizovaných procedur např. [ČSN EN 1052-3]. Naopak testy makroskopických těles byly sestavovány na základě inženýrských odhadů vycházejících z množství předpokladů o chování konkrétních topologií zdiva.

Snahou řešitelského týmu je zahrnout různé vlivy, jakými jsou např. směr ortotropie, směr zatěžování a také technologie vyzdívání, na mechanickou odezvu zděné konstrukce. Dosažené výsledky v podobě diskrétních hodnot a zatěžovacích čar některých veličin slouží zejména jako vstupy a srovnávací data pro počítačové simulace realizované na katedře stavební mechaniky na Fakultě stavební ČVUT v Praze.

V současné době používané výpočetní procedury kvantifikující odolnost zděných konstrukcí na různé druhy zatížení jsou totiž založeny na schopnosti přenosu tlakového, tahového nebo smykového napětí ve sparách nebo zděných blocích. To znamená, že o celkové únosnosti konstrukce rozhoduje pouze mezní tlaková, tahová nebo smyková pevnost pojiva potažmo zděného

¹ Ing. Jan Novák, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel. +420 224 35 46 06, e-mail: novakj@cml.fsv.cvut.cz

² Ing. Miroslav Vokáč, ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Katedra experimentálních a měřících metod, Šolínova 7, 166 29 Praha 6, tel. +420 224 35 35 09, e-mail: vokac@klok.cvut.cz

bloku. Proto byl jednou z hlavních motivací prezentovaného výzkumu popis mechanického chování zdiva jako homogenního materiálu, které je poměrným způsobem závislé na chování jednotlivých složek.

Aby bylo vůbec možné uvažovat zdivo jako homogenní materiál, bylo nutné při konstrukci experimentálních těles vzít v úvahu dostatečně velký objemový vzorek, který ve výsledku dostatečně přesně vystihne chování cihel a spar s ohledem na jejich dimenze. Tento problém je analogií konstrukce reprezentativního objemového elementu (REV - Representative Volume Element) v případě konstrukce Periodické jednotkové buňky (PUC - Periodic Unit Cell) při víceúrovňové analýze kompozitních struktur.

Dalším z požadavků spoluřešitelů z Fakulty stavební bylo experimentální určení smykových vlastností spár, které mají napomoci v kvantifikaci vlivu fázového rozhraní mezi maltou a zdícím blokem tzv. Interfacial Transition Zone (ITZ).

Veškeré v tomto příspěvku uváděné materiálové parametry byly použity jako vstupní a srovnávací hodnoty pro numerické simulace, které jsou realizovány na katedře stavební mechaniky při Fakultě stavební ČVUT v Praze. Výsledky získané z kombinace počítačového a experimentálního testování materiálů mají ověřit efektivní použitelnost víceúrovňového přístupu v případě analýzy mechanické odezvy zdiva, přičemž dosud provedené laboratorní i numerické experimenty prokazují, že tento postup je plně použitelný jak ve standardních podmínkách běžné inženýrské praxe, tak i v podmínkách extrémních, jako jsou například historické zděné stavby (sakrální, a šlechtické monumenty).

Poděkování

Tento příspěvek byl získán za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M6840770001, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS, a částečně také za finančního přispění projektu GAČR 103/04/1321.

Literatura

[ČSN EN 1052-3] 5/2002: *Zkušební metody pro zdivo - Část 3: Stanovení počáteční pevnosti ve smyku*, ČNI, Praha.

ISSUES AT TOOL CLAMPING SYSTEMS

L. Novotný*, J. Marek**

Summary: *Various types of tooling clamping systems are used at design of machine tools. The typical representatives of clamping systems are CAPTO, ISO, UTS, HSK and other ones. Their design type execution, clamping principles and tool centring are different ones. Disadvantages can be seen most of all only during the machine operation. It can happen under usual operation conditions, but even more often under specific operation conditions, that e. g. the tool can be removed from the machine tool spindle only with big difficulties. This matter can be prevented by modification of operation conditions, by modification of applied design type execution at machine spindles, by adaptation of the tool part being clamped, etc. Whether the proposed modifications and adaptations are useful and which contribution they bring, this can be best evaluated on the basis of the problem analysis, using the technical calculations and tests. Properties and behaviors of the mechanical system, i. e. of the tool clamping device can be manifested by calculation modelling. This contribution describes numerical analysis of the ISO tool shank in the machine tool spindle without load and under operation load.*

1. Úvod

Úlohou vřetena je zaručit obrobku (u soustruhů) nebo nástroji (u frézky, vrtačky, brusky) přesný otáčivý pohyb, tj. takový, při němž se dráhy jednotlivých bodů obrobků nebo nástroje liší od kružnice jen v přípustných mezích. Funkce vřetena je zde shodná s funkcí kruhového vedení a vřeteno se od něho liší pouze tvarem. Vřeteno je u CNC obráběcích strojů ukládáno z 99 % do valivých ložisek (Obrázek1). Zbývající 1 % vřeten je ukládáno do rotačních hydrostatických ložisek. Vřeteno obráběcího stroje je většinou uloženo ve dvou radiálních a v jednom nebo dvou axiálních ložiskách. Konec vřetena, který vyčnívá ze skříně vřeteníku, se nazývá přední konec; je vhodně upraven pro nasazení nebo upnutí obrobku či nástroje. Úprava předního konce vřetena závisí na druhu stroje a je normalizována.

Přímý vliv na vlastnosti vřetene stroje má tuhost upnutí nástroje, která je předmětem dalšího zkoumání autorů. Podle dutiny vřetena, která je umístěna na pracovní straně užíváme následující nástrojové držáky:

- kuželová stopka ISO (kuželovitost 7:24),
- krátká kuželová stopka HSK (kuželovitost 1:10),

* Ing. Lubomír Novotný, Ph.D.: Detašované pracoviště TOSHULIN, a.s., Čechyňská 18, 602 00 Brno; tel.: +420.543 255 093; e-mail: lubomir.novotny@toshulin.cz,

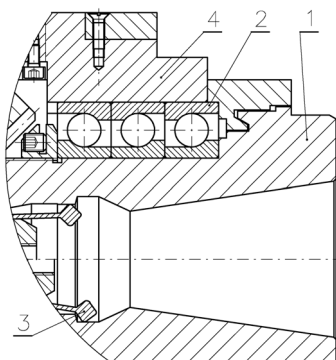
** Doc. Dr. Ing. Jiří Marek: TOSHULIN, a.s., Wolkerova 845, 768 24 Hulín; tel.: +420.573 327 202; e-mail: jiri.marek@toshulin.cz

- válcová stopka (méně často),
- speciální profil např. trojúhelníkový Sandvik COROMANT CAPTO,
- BIG Plus (v podstatě jako ISO sedící na čele).

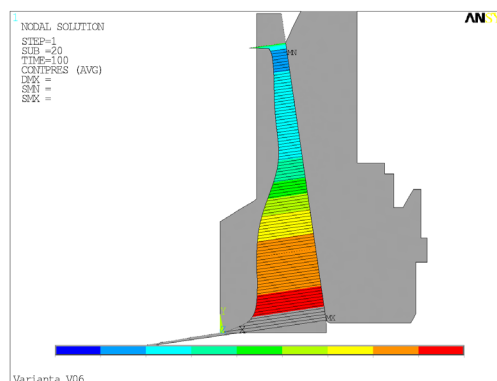
Tuhost upnutí nástroje a chování nástroje není doposud uspokojivě vyřešena zejména pak u kužele ISO, který není opřen na čele vřetena. Autoři nastíní v plném textu příspěvku dosažené výsledky při výpočtu upínání nástroje pomocí MKP u svislého obráběcího centra.

2. MKP analýza nástrojové upínací soustavy

Upínání nástrojů pomocí ISO stopky je poměrně starý způsob. Kuželová stopka, kuželová dutina, rozměrové tolerance jsou popsány např. normami ČSN 22 0403, ČSN 22 0432, ČSN 22 0433, ČSN 22 0434, ČSN 22 0451, ČSN ISO 9270, DIN 69 871, ISO 7388. Rozborem těchto norem byly vykypovány geometrické stavy, které mohou při reálném provozu vřetene svislého obráběcího centra nastat. Nástrojová stopka a dutina se vyrábí v několika stupních přesnosti. Na přesných strojích, jakými jsou svislá soustružnická centra se využívá přesnost IT4, tj. o dva až tři řády přísnější, než je přesnost na stroji vyráběných dílců. Řešeno bylo celkem šest geometrických variant a šest zátěžových variant. Zatížení MKP modelu odráží reálné provozní zatížení.



Obrázek 1 Vřeteno obráběcího stroje



Obrázek 2 Kontaktní tlak [MPa] V06, LC01

U přednesených variant, tedy 24 výpočtů, je sledován kontaktní tlak (Obrázek2), třecí odpor, redukované napětí, posuv nástroje (zasunutí nástroje do vřetene) ve sledovaných místech. Je zřejmé, že výsledků je velmi mnoho a učinit z nich nějaké závěry je obtížné. Na obrázcích obsažených v plném textu jsou ukázány některé výsledky pro vybrané zátěžné stavy (LC) a geometrické varianty.

3. Závěr

Jak je vidět z malého přehledu výsledků MKP analýzy (plný text), výsledky analýzy jsou velmi pestré. Maximální hodnoty kontaktního tlaku v krajních polohách kontaktní plochy jsou důkazem věrohodnosti výsledků výpočtů (Höschl, C., Kontaktní úlohy a lisované spoje, 1985). Průběh kontaktního tlaku mezi těmito krajními polohami se liší v závislosti na geometrické a variantě a způsobu zatěžování. Ve všech případech dochází k významnému posuvu stopky ve směru osy y , který u vrtacích operací nemá zásadní vliv. U jiných operací se blíží přesnosti obrábění.

POST-IMPACT COMPRESSIVE LOAD CARRYING CAPACITY OF FIBRE-METAL LAMINATE PLATES

V. Obdržálek^{*†}, J. Klement[‡], J. Vrbka^{*}

Summary: *The compressive load carrying capacity of fibre metal laminate plates with a single circular or impact induced like delamination has been investigated. Two load-limiting events were considered: yielding of metal layers and delamination growth initiation. It was found, that delaminations were not likely to grow before the onset of plastic deformation. The effect of delamination shape and buckling mode shape on the energy release rate values is also discussed.*

1. Introduction

Delamination is the most common and most dangerous failure mode of laminate structures. It is well known, that delamination can form as a result of a low-velocity impact on laminate. Because laminated components of an aircraft structure are exposed to such impacts, it is desirable to study the post-impact strength of laminates. In the present paper we have focused on the prediction of the compressive load carrying capacity of a fibre-metal laminate plate with a single embedded delamination of impact induced like shape and of circular shape.

2. Analysis

Drop-weight impact tests were performed to induce delaminations in fibre-metal laminate plates. Twelve square specimens with two different layups were subjected to low-velocity impacts. Three impact energy levels of 3, 6 and 9 J were used. Subsequent ultrasonic inspection provided the contours of delaminated regions. These shapes of delaminations together with circular delamination shape were employed in the following finite element simulations of compressively loaded delaminated plate.

Finite element analyses of the postbuckling behaviour of fibre-metal laminate plates with delaminations were performed using the ABAQUS finite element software package. The finite element models were built of 3D continuum shell elements. Overlapping of delaminated sublaminates was prevented. All in all, postbuckling behaviour of eight plates with impact induced like delaminations and thirty-six plates with circular delaminations of various sizes and through-the-thickness positions was analysed.

^{*}Institute of Solid Mechanics, Mechatronics and Biomechanics, Faculty of Mechanical Engineering, Technical University Brno, Technická 2, Brno 616 69, Czech Republic

[†]Email address: obdrzalek@fme.vutbr.cz

[‡]Institute of Aerospace Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Technical University Brno, Technická 2, Brno 616 69, Czech Republic

3. Results

The largest delaminated regions identified in the experimental study (see Figure 1) had significant influence on the postbuckling behaviour of plates which contained these delaminations. The plates exhibited reduced elastic limit loads and relatively high values of the total energy release rate, \mathcal{G}_T , at the moment just before the onset of plastic deformation - see Table 1. It is evident, that delaminations were unlikely to start to grow before the onset of plastic deformation. Nearly all circular delaminations of similar maximum dimension as impact induced like

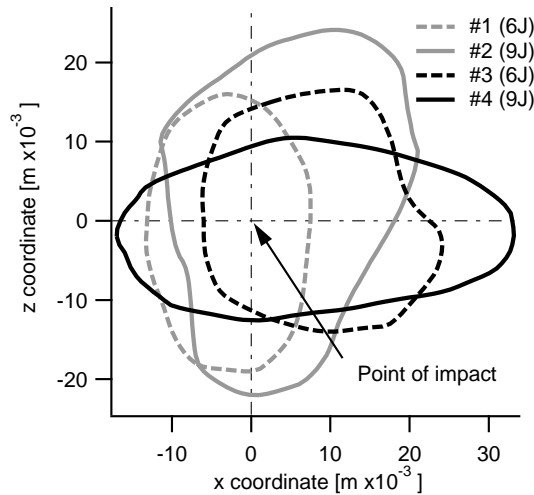


Figure 1: Delaminated areas

Table 1: Comparison of the load carrying capacity of plates with impact induced like delaminations and plates with circular delaminations with similar maximum dimension. P_{pl} - elastic limit load, P_{cr} - buckling load, $\mathcal{G}_{T,max}$ - the maximum value of the total energy release rate found along the delamination front at the moment just before the onset of plastic deformation.

Delam. no/ delam ϕ [mm]	1	$\phi 40$	2	$\phi 50$	3	$\phi 30$	4	$\phi 50$
P_{pl}/P_{cr}^{nondel}	0.98	0.61	0.67	0.54	0.57	0.55	0.48	0.42
$\mathcal{G}_{T,max}$ [$J \cdot m^{-2}$]	21.1	115.3	121.4	131.3	157.9	69.0	79.4	131.7

delaminations had even more detrimental effect upon the compressive load carrying capacity of plates. However, there was one exception of this rule – compare the maximum value of \mathcal{G}_T of plate with delamination no. 3 and of plate with circular delamination with similar maximum dimension. This exception means that models of plates with circular delaminations should not be used to predict the postbuckling behaviour of plates with impact induced delaminations, because delamination growth initiation may not be predicted correctly.

It has also been shown that the buckling mode shape determines the dominant energy release rate components that constitute the maximum total energy release rate \mathcal{G}_T found along the delamination front: local buckling mode shape – mode I, mixed buckling mode shape – mode I and II or III, U-like global buckling mode shape, S-like global buckling mode shape – mode III.

THE AUTOMATIC GENERATION OF WALKING POLICIES FOR A FOUR-LEGGED ROBOT IN A NONDETERMINISTIC SPACE

V. Ondroušek^{*}, T. Březina^{**}

Summary: *Both the automatic policies generation and its analysis for four legged walking robot is given in this contribution. Policies generation is based on state space search which is represented by a tree. The set of elementary production rules is used for tree generation, chosen with respect to obtain suitable tree complexity and algorithm response. Further the selection of tasks operators are discussed. Those operators represent the performance of basic movements of walking robot. Policy generation is made through the A* algorithm. The policies are continuously generated as short-time plans of robot movements.*

1. Úvod

Nedílnou součástí návrhu kráčivých robotů je realizace autonomní soustavy, která bude schopna pohybu v neznámém proměnlivém prostředí. Při pohybu robotu jsou řešeny stěžejní úlohy jako je plánování cesty robotu anebo lokalizace v mapě. Velmi důležité je rovněž nalezení vhodného stylu chůze mobilního robotu. Pro řešení této problematiky lze úspěšně využít informovaných metod prohledávání stavového prostoru. Pro dosažení přijatelné složitosti úlohy je podstatná nejen volba algoritmu, ale také množina pravidel pro generování nových stavů společně s hodnotící funkcí, která výrazným způsobem ovlivňuje velikost generovaného stavového prostoru a tím i složitost celé úlohy. V příspěvku jsou navrženy dvě různé množiny produkčních pravidel a příslušných hodnotících funkcí, které vedou na různé velké prohledávací prostory a různé styly chůze čtyřnohého kráčivého robotu. Pro účely ověření vhodnosti použitého algoritmu a navržených pravidel byla vytvořena softwarová simulace čtyřnohého kráčivého robotu ve 2D s konstantní výškou těla nad povrchem.

2. Použitý přístup

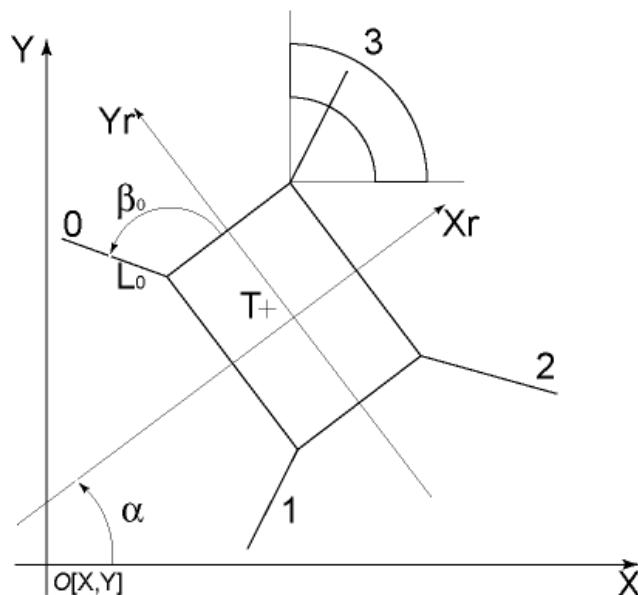
Při výběru vhodného algoritmu pro generování stavového prostoru, bylo hlavním kritériem dosažení použitelné složitosti řešení s ohledem na dobu odezvy algoritmu. Ve zvoleném přístupu proto byla použita modifikace gradientního algoritmu, označovaná jako uspořádané prohledávání (best-first search). Modifikace spočívá v zapamatování si předchůdce každého vygenerovaného stavu, které pak ve svém důsledku umožňuje nalezení globálního extrému, jenž představuje nalezení v jistém smyslu optimálního řešení. Z popisu algoritmu vyplývá, že pořadí v jakém jsou uzly generovány, je zcela závislé na hodnotící funkci $f(i)$. V řešené úloze chůze robotu, je použita hodnotící funkce ve tvaru $f^*(i) = g^*(i) + h^*(i)$.

^{*} Vít Ondroušek, Ing., VUT v Brně, FSI ÚAI, Technická 2, 61669 Brno, ČR
e-mail: yondro00@stud.fme.vutbr.cz

^{**} Tomáš Březina, doc., RNDr., Ing., CSc., VUT v Brně, FSI ÚAI, Technická 2, 61669 Brno, ČR
e-mail: brezina@fme.vutbr.cz

3. Implementace

Pro testování navržených produkčních pravidel a hodnotících funkcí bylo použito softwarové simulace chůze čtyřnohého robotu v rovinném prostředí s konstantní výškou těla nad povrchem. Implementace byla provedena v prostředí Borland Delphi 6 a zahrnuje jak vlastní algoritmus, tak i zjednodušený kinematický model robotu, viz obr. 1.



Obr.1 Schéma stavu robotu v zavedených souřadných systémech

4. Závěr

V příspěvku je navržen způsob automatického generování strategií chůze čtyřnohého robotu. Použitý algoritmus používá pro určení pořadí, ve kterém jsou expandovány nové stavy, hodnotící funkci. Správnost navržených funkcí je ověřena pomocí vytvořeného software, zahrnujícího zjednodušený kinematický model robotu ve 2D s konstantní výškou těla robotu nad rovinným povrchem. Testy ukázaly, že je vhodné do hodnotící funkce zahrnout geometrickou vzdálenost aktuálního stavu od cílového stavu a výchylku od ideálního směru. Pro dosažení energeticky výhodného stylu chůze je vhodné do návrhu hodnotící funkce zahrnout počet uskutečněných pohybů noh na cestě z počátečního do aktuálního stavu.

5. Poděkování

Publikovaných výsledků bylo dosaženo za podpory ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky, výzkumný záměr MSM 0021630518 "Simulační modelování mechatronických soustav".

6. Literatura

- Havel I. M., Robotika, SNTL, Praha, 1980
 Mařík V., Štěpánková O., Katanský J., a kol., Umělá inteligence 1, Academia, 1993
 Ondroušek V., Návrh a implementace koordinačního mechanismu řídicích členů chůze robotu, Diplomová práce, FSI VUT v Brně, 2004
 Pearl J., Heuristics, Intelligent Search Strategies for Computer Problem Solving, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1984
 Řeřucha V., Inteligentní řízení kráčejícího robota, Vojenská akademie v Brně, 1997

PLC (POWER LINE COMMUNICATION)

Z. Orság*, P. Pernes⁺

Summary: *Power line communication (PLC) is progressive kind of communication in home automation. Character of this technology is in this article. Follows description modulations and useable frequencies. The description of communication module is follow. In conclusion there are used development tools.*

1. Úvod

Datová komunikace využívající jako přenosové médium síťové rozvody (PLC) je vhodná pro aplikace, které vyžadují jako datové spojení v rámci jedné budovy nebo menší oblasti. Pomocí této technologie je možné ušetřit značné množství nákladů na kabeláž. Rychlost datového přenosu může být až 30Mbit/s.

Velkým problémem je, že síťové rozvody nejsou pro přenos dat dobrým médiem. Nejrůznější zátěže produkují značné rušení, parametry kabelů (charakteristická impedance, závislost útlumu na frekvenci, ...) se mohou skokově značně měnit. Při potřebě komunikovat na větší vzdálenosti (řádově kilometry), postaví se do cesty navíc transformátory rozvodných závodů, které utlumí nosné frekvence i poměrně pomalé datové komunikace.

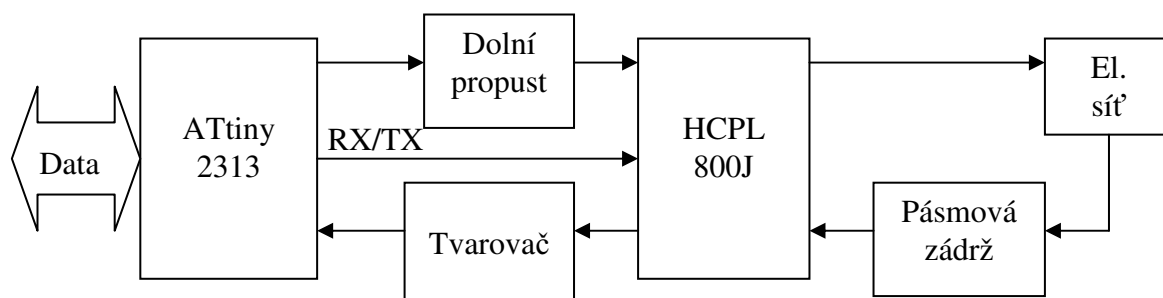
2. Popis komunikačního modulu

Komunikační modul se skládá ze dvou hlavních částí, obvodu HCPL-800J obsahující optické oddělení, který slouží ke galvanickému oddělení dalších navazujících obvodů od sítě. Dále obsahuje řízený zesilovač vysílaného signálu, který mění zesílení podle zátěže sítě aby měl signál konstantní amplitudu. Hlavním jádrem komunikačního modulu je mikrokontrolér ATtiny2313, který se stará a komunikaci s nadřazeným systémem, pomocí sériové linky, obsluhuje obvod HCPL-800J, generuje a přijímá data.

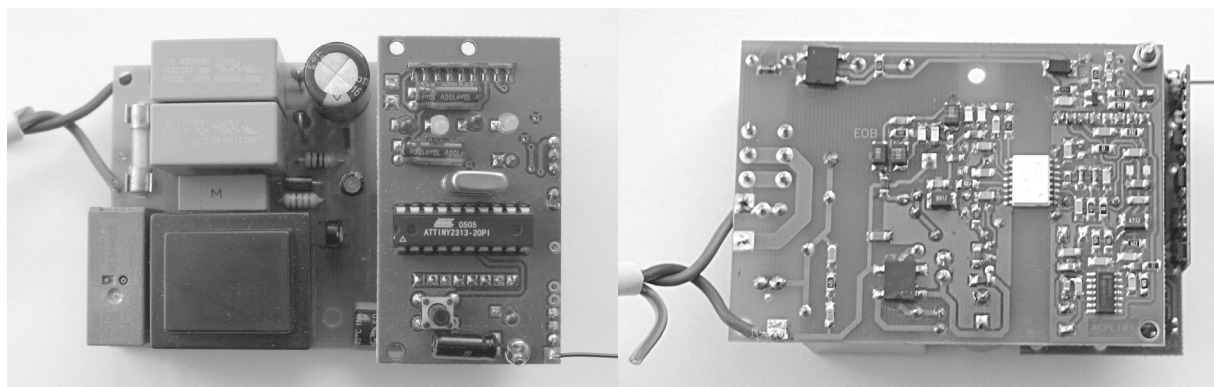
Blokové schéma je uvedeno na obrázku 1. Praktická realizace je uvedena na obr. 2.

* Zdeněk Orság, Ing., VUT v Brně, FSI ÚAI, Technická 2, 616 69 Brno, xorsag01@stud.feec.vutbr.cz

⁺ Petr Pernes, Ing., VUT v Brně, FSI ÚAI, Technická 2, 616 69 Brno, yperne00@stud.fme.vutbr.cz



Obr 1: Blokové schéma komunikačního modulu



Obr 2: Fotografie komunikačního modulu

3. Závěr

Zařízení bylo realizováno jako počítačový model pro otestování metod použitelných pro generování a příjem přenášených dat. V současné době se nepodařilo kompletně odladit software pro komunikační modul pro použití v reálných podmínkách pro značné problémy s rušením.

Dále by kvalita přenosu šla zlepšit použitím modulaci s rozprostřeným spektrem a tím zmírnit negativní vliv rušení. Další podobnou metodou na zlepšení přenosu by bylo vybírat časové úseky při kterých je přenos nejkvalitnější.

4. Literatura

Šroubek Zdeněk Ing. Ph.D. (2005) Přenos dat a přístup k Internetu po elektrorozvodné síti. *Sdělovací technika* 8/2005

Hlaváč J. (1999) Komunikace po síťovém rozvodu 220V. <http://hw.cz>

Pavelka Ondrej Ing. (2000) Internet ze zásuvky ? Ano, ale... <http://www.elektrorevue.cz>

Norma ČSN EN 50065-1

A MODEL OF I_{Kto} -CHANNEL FUNCTION IN RAT VENTRICULAR CARDIOMYOCYTES

M. Pásek*, M. Bébarová#, P. Matejovič#, J. Šimurda#

Summary: *The paper presents biophysical characteristics of transient outward potassium current (I_{Kto}) obtained from experiments on isolated rat ventricular cardiomyocytes. Based on these data a quantitative model of rat I_{Kto} was designed.*

1. Introduction

The transient 4-aminopyridine-sensitive outward potassium current, I_{Kto} , is one of the ionic membrane currents involved in repolarization of cardiac cells. It is present in most species including rat, dog and human where it induces a marked lowering of the plateau level of action potential. To simulate the effect of various drugs on this current we designed a mathematical model of I_{Kto} based on electrophysiological measurements on rat ventricular cells. In this paper, we describe the basic characteristic of rat I_{Kto} and their quantitative description.

2. Materials and Methods

The experimental data were obtained from cardiomyocytes isolated from right ventricular walls of adult male Wistar rats (250 ± 50 g). For generation of experimental protocols and data acquisition the Axopatch 200A equipment (Axon Instruments, Inc.) and pCLAMP program (version 6.0.4) were used. The design and numerical solution of the model was performed using the computational software MATLAB, version 6.5 (The Math Works, Inc.).

3. Results

The quantitative model of rat I_{Kto} was constructed on the basis of new experimental data and our previous models. The kinetic scheme of channel gating (Fig. 1) and the rate constants controlling channel activation (α_q, β_q) were adopted from our previous work (Bébarová et al., 2005). However, the description of channel inactivation and recovery from inactivation (rate constants α_r and β_r) was completely reformulated to comply with present results.

* Ing. Michal Pásek, Ph.D.: Institute of Thermomechanics, Czech Academy of Science - branch Brno; Technická 2; 616 69 Brno; Czech Republic; e-mail: pasek@umtn.fme.vutbr.cz

MUDr. Markéta Bébarová, Ph.D., Petr Matejovič, Doc. RNDr. Jirí Šimurda, CSc.: Department of Physiology of Masaryk University, Komenského nám. 2; 662 43 Brno; Czech Republic

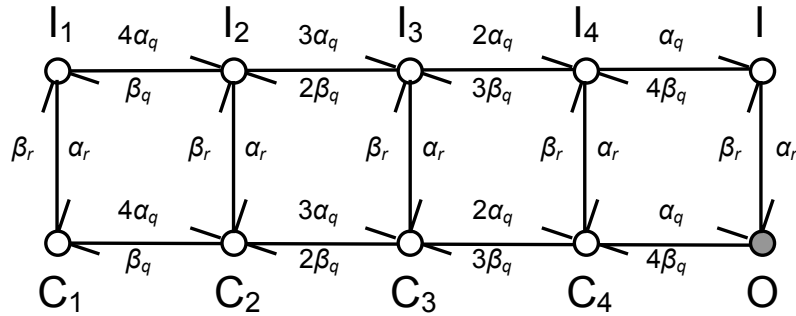


Figure 1. Kinetic scheme of K_{to}-channel gating. The symbols C_x, I_x and O denote closed channel states, inactivated channel states and open channel state, respectively.

The complete set of equations constituting the model of K_{to}-channel gating and the Ohm relation for computation of I_{Kto} is following:

$$\alpha_q = 395 / (1 + \exp(-0.081 \times (V_m + 0.9)))$$

$$\beta_q = 356 / (1 + \exp(0.0463 \times (V_m + 12.4)))$$

$$\alpha_r = 0.10439 \times \exp(-0.07252 \times V_m)$$

$$\beta_r = 1 / (0.0004 \cdot \exp(-0.165 \times V_m) + 0.02436 \times \exp(V_m \times 0.00869))$$

$$I_{Kto} = g_{Kto} \times O \times (V_m - E_K).$$

The symbols V_m , E_K , O and g_{Kto} stand for membrane voltage, reversal voltage for K⁺ ions, probability of channel opening and conductivity of all K_{to}-channels in cellular membrane, respectively.

4. Conclusion

The biophysical characteristics of rat I_{Kto} obtained in our experiments could be satisfactorily reconstructed using the quantitative model of K_{to}-channel described in this paper. This qualifies the model to be implemented in a complex model of rat ventricular cell electrophysiological activity to simulate the various mechanisms of pharmacologically induced I_{Kto}-block and its physiological consequences.

5. Acknowledgements

This work was supported by the grant project AV0Z 20760514 from the Institute of Thermomechanics of Czech Academy of Science and partly by the project MSM0021622402 from the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic.

6. References

Bébarová, M., Matejovič, P., Pásek, M., Šimurdová, M. & Šimurda, J. (2005) Effect of ajmaline on transient outward current in rat ventricular myocytes. *General Physiology and Biophysics* 24, pp. 27-45.

COMPARISON OF NUCLEAR AND CONVENTIONAL SEISMIC STANDARDS

L. Pečínka*

Summary: *There is a perception mainly in some European countries that nuclear seismic hazards determination and design standards may be lagging behind developments in similar standards for conventional facilities.*

Adequate answer to such perception, need the examination of the following aspects and their significance on the seismic assessment of structures and components:

- i) The safety philosophy behind the seismic nuclear and conventional standards,*
- ii) the differences in approach regarding the seismic hazard definition,*
- iii) the differences in approach regarding the design and the methods of analysis*

These topics and the conclusions of the study are reported here unter.

1. Stanovené bezpečnostní cíle jaderných a konvenčních norem

- 1.1) Konvenční seismické normy obsahují minimální požadavky týkající se bezpečnosti z hlediska větších poškození stavby a ztráty života, tj. nelimitují poškození na určitou přijatelnou úroveň či na udržení požadovaných funkcí. Toto je jasně deklarováno v UBC Code a nová verze IBC Code v tomto smyslu pokračuje. Eurocode 8 představuje značný pokrok, neboť jasně postuluje: Ochrana života obyvatelstva a omezení škod.
- 1.2) Jaderné seismické normy požadují, aby stavby, systémy a komponenty důležité pro bezpečnost odolávaly účinkům zemětřesení, tj. jak integrita, tak i funkční schopnost by měly být zajištěny.

Ve většině států jsou založeny na definování

- i) maximálního výpočtového zemětřesení, což je takový vibrační pohyb podloží při kterém všechny stavby, systémy a komponenty, důležité pro bezpečnost, musí být navrženy tak, aby byly funkceschopné,

* Ing. Ladislav Pečínka, CSc., Ústav jaderného výzkumu Řež a.s., Husinec-Řež, čp. 130, 250 68 Řež, tel.: 266 172 610, fax: 220 940 519, e-mail: pel@ujv.cz

- ii) provozní zemětřesení, což je takový vibrační pohyb podloží při kterém všechna zařízení JE nutná pro další pokračování provozu musí zůstat funkceschopná bez zvýšení rizika pro zdraví a bezpečnost obyvatelstva.

2. Definice seismického hazardu

2.1 Pravděpodobnost výskytu – doba opakování

V Eurocode 8 je tato doba založena na pravděpodobnosti překročení 10% za 50 let, což odpovídá 475 letům doby návratu. V oblastech s mírnou seismicitou toto odpovídá špičkové hodnotě zrychlení provozního zemětřesení. Volba jiné doby návratu je zajištěna součinitelem γ_1 , ale není definována příslušná metodika.

V jaderných seismických normách je doba opakování maximálního výpočtového zemětřesení založena na pravděpodobnosti překročení od 0,5% do 0,05% za 50 let, což odpovídá 10 000 až 100 000 letům doby návratu.

2.2 Metodika definování seismického hazardu

U konvenčních norem je seismický hazard získán pomocí klasického pravděpodobnostního přístupu soustředěného na definování zprůměrované hodnoty zrychlení (obvykle špičková hodnota zrychlení podloží) použité pro konstrukci spektra odezvy volného (nezastavěného) povrchu.

U jaderných norem jsou návrhová spektra odezvy maximálního výpočtového zemětřesení převzata buď z US NRC Regulatory Guide 1.60 nebo na základě průzkumu lokality jsou vygenerována místně specifická spektra odezvy.

3. Rozdíly v projektování

3.1) Budovy

Jaderné normy vycházejí z metod dynamické analýzy, tj. z modální či spektrální teorie či z přímé integrace pohybové rovnice za předpokladu lineárního chování materiálu. Dissipace energie přechodem do plastické oblasti není dovolena. Všechny přípustné metodiky jsou „silově“ orientované.

Konvenční normy jsou rovněž „silově“ orientované, ale klíčovým momentem je zavedení tzv. „ductility“ či faktoru „chování“ (behaviour), což vede na nižší seismická zatížení. Je to konzistentní s přístupem dle podkapitoly 1.1, kde se podtrhuje spíše zabránění kolapsu, než zachování integrity a provozuschopnosti.

3.2) Komponenty

Jaderné normy vyžadují kvalifikaci buď experimentem nebo kombinací výpočtu a experimentu. Konvenční normy neobsahují detailně rozpracované metodiky.

Obecně řečeno, v některých případech je požadováno ocenění zrychlení a s tím spojených zatížení, ale zahrnuta je „ductility“.

THE MATERIAL MODEL OF RAILWAY WHEEL FOR NUMERICAL SIMULATIONS OF CYCLIC DEFORMATION

P. Pejchal*, J. Petruška**

Summary: *The stabilized hysteresis loop was determined for the material of railway wheel, by the condition of steady amplitude of axial strain. The compressive test by laboratory and elevated temperature were also performed. The Chaboche material model and the nonlinear kinematic material model was designed for this material. These material models were used in numerical simulations of rail wheel rolling on the rail. The stress strain responses, residual stresses and the different high cycle fatigue criterion were compared and the suitability of used material models was discussed.*

1. Úvod

Pro posuzování únavy materiálu při valivém kontaktu těles byla navržena celá řada kritérií, jejich přehled uvádí např. (You,1996). Kritéria předpovídají zda dojde či nedojde k iniciaci makrotrhliny. Tyto kritéria se obvykle rozdělují na kritéria pro nízkocyklovou a vysokocyklovou únavu. Při stanovení kritérií, která byla navržena pro posuzování vysokocyklové únavy se obvykle vychází z časových průběhů složek tenzoru napětí, a to pro stabilizovanou (uzavřenou) hysterezní smyčku. To znamená, že posouzení vysokocyklové únavy pomocí těchto kritérií implicitně předpokládá, že se materiál přizpůsobí - dojde ke stabilizaci jeho deformačně napětíové odezvy.

O vzniku možných stabilizovaných stavů bylo vysloveno několik vět (shakedown theorems), jejichž přehled uvádí (Johnson,2000) a na jejichž základě byly analyticky pro různé zatížení a geometrii valivého kontaktu odvozeny diagramy - tzv. „shakedown map“, které popisují podmínky za kterých dojde k vzniku jevů: Elastická odezva (Elastic); Elastické přizpůsobení (Elastic shakedown); Plastické přizpůsobení (Plastic shakedown); Akumulace plastické deformace (Ratchetting). Tyto diagramy jsou však odvozeny pouze pro základní geometrie, jako bodový kontakt a odvalování válce po rovině, za podmínek rovinné deformace. Chceme-li zjistit jaká je odezva materiálu na cyklické zatížení při obecném valivém kontaktu, je vhodné použít některou z metod výpočtového modelování. V současné době je velmi rozšířená metoda konečných prvků (MKP).

* Ing. Petr Pejchal, UMTMB, FSI, VUT v Brně, Technická 2896/2, 616 69 Brno, tel.: +420 541142804
e-mail: pejchal.p@centrum.cz

** Doc. Ing. Jindřich Petruška CSc., UMTMB, FSI, VUT v Brně, Technická 2896/2, 616 69 Brno, tel:
+420 541142858, e-mail: petruska@fme.vutbr.cz

Odezva materiálu na cyklické zatížení získaná pomocí výpočtové simulace je zásadně ovlivněna použitým modelem mechanického chování materiálu (MM).

2. Experiment a výpočtové simulace odvalování

Z železničního kola byly odebrány z oblastí těsně pod kontaktní plochou vzorky materiálu. Byla stanovena cyklická deformační křivka (CDK), pro podmínky konstantní amplitudy deformace a provedeny pýchovací zkoušky. Ze získaných závislostí napětí na deformaci byly stanoveny parametry těchto materiálových modelů: Chaboche; Chaboche s izotropním zpevněním; MM s nelineárním kinematickým zpevněním.

V programu ANSYS byl vytvořen výpočtový model železničního kola a kolejnice a to jednak zvláště pro každý uvedený MM a dále pro provozní stav odvalování a odvalování s brzděním. Na každém modelu byly provedeny simulace 10 přejetí v jednom směru.

Sledován byl vliv použitého materiálového modelu na:

- Průběhy jednotlivých složek tenzoru napětí a deformace během přejezdu.
- Průběh a hodnoty intenzity zbytkového napětí a přetvoření.
- Kriteriaální hodnoty kritérií pro posuzování vysokocyklové únavy při víceosém zatížení, konkrétně se jednalo o kritéria: Dang Van, Sines a Crossland.

3. Závěr

Průběhy hodnot složek tenzoru napětí během přejezdu se pro použité MM téměř neliší.

Při použití MM s nelineárním kinematickým zpevněním bylo po 10. přejetí dosaženo vyšších hodnot složek přetvoření, ale přírůstek přetvoření byl nižší, z čehož vyplývá, že rozdíl v hodnotě by se během dalších přejezdů snižoval. Tento jev byl patrný jak v oblasti maximální hodnoty intenzity přetvoření tak na povrchu kola s výjimkou přetvoření ϵ_{xy} na povrchu, jehož průběh vykazoval pro MM mkin vyšší hodnotu i přírůstek.

Z průběhu složek tenzoru napětí v 10. cyklu byly stanoveny kriteriaální hodnoty kritérií určených pro posuzování vysokocyklové únavy při víceosém zatížení. Při použití kritéria Dang Van byly získány stejné hodnoty pro všechny použité MM. Při použití kritéria Sines a Crossland byly pro MM mkin získány asi o 20% vyšší kriteriaální hodnoty.

4. Literatura

- Bernasconi. A., Filippini. M., Foletti. S., Vaudo. D. (2006) *Multiaxial fatigue of a railway wheel steel under non-proportional loading*. International Journal of Fatigue, vol. 28, pp. 663-672
- Johnson. K. L. (2000) *Plastic deformation in rolling contact*. Rolling contact phenomena; edited by Jacobson. D., Kalker. J., Springer Wien New York, pp.163-201
- You, B.R., and Lee, S.B. (1996) *A critical review on multiaxial fatigue assessments of metals*. International Journal of Fatigue. Elsevier.

CONTRIBUTION TO EXPERIMENTAL RESEARCH OF VIBRO-ACOUSTICS OF RAILWAY WHEELS WITH ADD-ON DAMPERS

L. Pešek, F. Vaněk, J. Veselý, J. Cibulka*, T. Boháč**

Summary: *In the contribution a method of measurement and dynamic analysis of the recent operational tests of the monobloc wheel with/without damping elements is presented. On the basis of time-frequency analysis of operational vibration and experimental modal analysis of the wheel its dynamic behavior is described. The vibro-acoustic coupling is analyzed from the comparisons of vibration and sound pressure spectrograms. At passing the curve, the formation and modal-frequency composition of squealing noise is observed and there are identified vibrational modes that mostly contribute to noise emission into surrounding. For quantitative comparison of individual wheel solutions the third octave analysis is used.*

1. Úvod

V rámci dlouhodobého vývoje nových železničních kol s optimalizovanými vibro-akustickými vlastnostmi vyráběných v Bonatrans a.s. probíhá numerické modelování kol, jejich dynamické a vibro-akustické zkoušky v laboratořích i v provozu na tratích. Vedle složených tramvajových kol, v nichž jsou zabudovány pryžové segmenty pro tlumení vibrací se vyvíjí i monoblokovaná kola s přidavnými tlumícími členy, jež vedle pohlcování vibrací také brání šíření hluku generovaného z kmitajících kol.

V tomto příspěvku je popsána metodika měření a způsob dynamické analýzy provozního srovnávacího měření kol s přidavným tlumícím členem a bez tlumícího členu, jež se uskutečnilo na vozu soupravy METRA Praha nejprve na zkušebním okruhu DEPA Zličín, a dále na trase metra linky B pro různé hodnoty rychlosti (do 60km), režimy brždění a tvaru dráhy (přímá, oblouk). Tlumící člen složený z půlené mezikruhové desky s pryžovou vrstvou byl navržen v Bonatrans a.s.

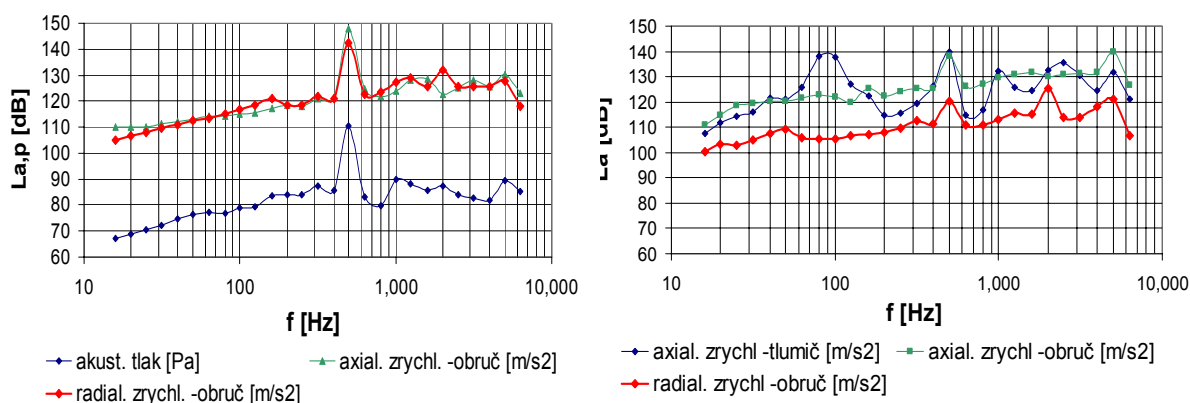
Vedle měření vibrací na věnci kola, desce kola a tlumiči v radiálním i axiálním směru byl pro monoblokovaná kola proti desce kola umístěn mikrofon pro měření akustického tlaku. Měření probíhala v širokém frekvenčním rozsahu do cca 6kHz. Rozsah měření akcelerometrů byl do cca 20g.. Na věnci kola byla uchycena fázová značka, kterou se měřila okamžitá rychlost kola a referenční místo na obvodě. Výstupní signál z akcelerometrů se vysokofrekvenčně přenášel radiotelemetrickou aparaturou vyvinutou v ÚT, jež se skládá z miniaturního vysílače FM s bateriovým napájením na přijímací anténu uchycenou k ložiskové skříně nápravy. Demodulovaný signál z přijímačů se signálem fázové značky a signálem

* Ing. Luděk Pešek, CSc., Ing. František Vaněk, CSc., Ing. Jan Veselý, Jan Cibulka: Ústav termomechaniky AV ČR; Dolejškova 5; 182 00 Praha 8; tel.: +420.266 053 083, fax: +420.286 584 695; e-mail: pesek@it.cas.cz

** Ing. Tomáš Boháč, Bonatrans a.s., Bezručova 300, 735 94 Bohumín, tel.: 737575563, e-mail: tbohac@bonatrans.cz

z hlukoměru byl současně zaznamenáván číslicovým oscioskopem. Tyto signály byly zpětně zpracovávány v časové i frekvenční oblasti.

Na základě frekvenční analýzy provozního kmitání a experimentální modální analýzy kola (Pešek&Veselý, 2006) je zde popsáno jejich dynamické chování, strukturálně akustická vazba a módy kmitání, které nejvíce přispívají k vyzařování hluku do okolí při jízdě v oblouku. Při jízdě obloukem je patrný vznik a frekvenčně-modální složení hluku pískání kol. Tento „kvílivý“ hluk je intenzivně zkoumán na případu brzdných kotoučů například v práci Giannini&Massi (2004). Pro kvantitativní porovnání naměřených výsledků jednotlivých řešení kol bez a s tlumičem jsou použita třetinooktávové spektra hladin výkonové hustoty zrychlení L_a resp. akustického tlaku L_p (obr.1).



Obr.1 Třetinooktávová analýza vibrací a hluku při průjezdu obloukem (kolo bez tlumiče – vlevo, kolo s tlumičem – vpravo)

2. Poděkování

Příspěvek byl vypracován v rámci řešení grantového projektu GA ČR č.101/05/2669 „Dynamika a spolehlivost vibrotlumících členů z termo-visko-elastických materiálů“.

3. Literatura

- Pešek L., Veselý, J. (2006) Stanovení vlastních frekvencí a vlastních tvarů kmitání a ztrátového činitele pro monoblokové železniční kolo, *Výzkumná zpráva Z1379/06*, ÚT AV ČR.
- Giannini, O.,Massi, O. (2004) An experimental study on the brake squeal noise, *Proceedings of the International Modal Analysis Conference – IMAC*, KU Leuven, CD-ROM, pp. 1–16.

CALCULATION OF THE SALTATION CHARACTERISTICS AS FUNCTIONS OF THE INITIAL PARAMETERS

S. Piatsevich*, N. Lukerchenko*, Z. Chara*, P. Vlasak*

Summary: *The results of the 3D simulation of the solid spherical particles saltation in an open channel with rough bed are presented. The dependences of mean saltation length, mean saltation height, mean saltation velocity and mean deviation of angle of particle trajectories with respect to downstream direction were studied and determined as the functions of the saltation process parameters, such as the flow shear velocity and the particle diameter.*

1. Introduction

In the paper a saltation process, one of the bed load transport of sediment modes in open channels and rivers, was studied. During saltation the moving particles follow ballistic like trajectories in the fluid and periodically collide with bed. The spherical particle saltation in the open channel with rough bed is studied using the 3D numerical model of Lukerchenko et al. (2003, 2004). The opportunities and precision of the model were verified by means of the comparison of the results of simulation and experimental data of Nino & Garcia (1998). As a result the good agreement between the simulated and experimental values was found.

Based on the dimensional analysis the following dependence was determined

$$X = f_1(\tilde{d}_p, \tilde{u}_*, \tilde{\rho}), \quad (1)$$

where $\tilde{d}_p = d_p / \sqrt[3]{\nu^2/g}$, $\tilde{u}_* = u_* / \sqrt[3]{\nu g}$, $\tilde{\rho} = \rho / \rho_0$, d_p is the saltating particle diameter, ρ is the saltating particle density, u_* is the flow shear velocity, ρ_0 is the fluid density, ν is the kinematical viscosity and g is the acceleration of gravity. X represents the vector, which components are the search for dimensionless saltation characteristics, such as the mean saltation length $\tilde{L}_s = L_s / \sqrt[3]{\nu^2/g}$, the mean saltation height $\tilde{H}_s = H_s / \sqrt[3]{\nu^2/g}$, the mean saltation stream-wise velocity $\tilde{U}_s = U_s / \sqrt[3]{\nu g}$. L_s , H_s , U_s are the respective dimensional characteristics. By the combination of the parameters ρ and ν it is possible to set up the groups with dimensions of time, length and velocity: $[t] = \sqrt[3]{\nu/g^2}$, $[l] = \sqrt[3]{\nu^2/g}$ and $[\nu] = \sqrt[3]{\nu g}$,

* Mgr. Sjarhei Piatsevich, Nikolay Lukerchenko, CSc., Ing. Zdenek Chara, CSc., Ing. Pavel Vlasak, DrSc.:
 Institute of Hydrodynamics ASCR, Pod Patankou 30/5, 166 12, Prague 6; tel.: +420-233109011,
 fax: +420-233324361, e-mail: piatsevich@ih.cas.cz

respectively. This choice of the dimensionless group differs from the usually used and allows reaching more convenient representation of the relationships between the saltation characteristics and the initial parameters. These dependences are sometimes linear and can be easily used for engineering applications.

The calculations were carried out for values of the flow shear velocity u^* varied from 0,03 m/s to 0,045 m/s and the particle diameter d_p varied from 0,5 mm to 1 mm. The particles density was 2650 kg/m^3 , the same density as sand. The bed roughness was supposed to be equal to the diameter of saltating particle as it is usual in natural rivers where sand bed-load transport occurs (Sekine & Kikkawa, 1992).

As result of the calculations the linear dependences were found

$$\tilde{L}_s = K_L \tilde{u}_* + B_L, \quad \tilde{H}_s = K_H \tilde{u}_* + B_H, \quad \tilde{U}_s = K_U^{(1)} \tilde{u}_* + K_U^{(2)} \tilde{d}_p + B_U, \quad (2,3,4)$$

where coefficients K_L , B_L , K_H and B_H depend on the particle diameter and also on the other parameters, see Table 1. The coefficients $K_U^{(1)}$, $K_U^{(2)}$, B_U are independent on the saltating particle diameter and flow shear velocity and could be established approximately equal to 13.2, -0.2, -5.5 respectively.

Table 1 Approximate coefficients values

d_p , mm	K_L	B_L	K_H	B_H
0.5	381.2	-397.2	18.1	-15.94
0.625	404.9	-433.3	22.1	-21.6
0.75	408.2	-443.6	23.8	-24.3

2. Acknowledgements

The support under the project No. 103/06/1487 of the Grant Agency of the Czech Republic, No. A 2060201 of the Grant Agency of Academy of Sciences of the Czech Republic, and the Institutional Research Plan No. AV0Z20600510 of the Academy of Sciences of the Czech Republic is gratefully acknowledged.

3. References

- Lukerchenko N., Chara Z. & Vlasak P. (2003) 3D mathematical model of spherical particle saltatory movement in open channel with rough bed. *Engineering Mechanics 2003*, Svratka (Czech Republic), May 12-15, 2003, Book of Extended abstracts, 186-187 (CD ROM – 7 pages).
- Lukerchenko N., Chara Z. & Vlasak P. (2004) 3D numerical model of particle-bed collision in particle-laden flow in channels with rough bed. *Proc. of the 12th International Conference on Transport and Sedimentation of Solid Particles*, Prague (Czech Republic), 20-24 September 2004, Vol. 2, pp. 493-499.
- Nino Y. & Garcia M. (1998) Experiments on saltation of sand in water. *J. Hydraul. Engrg.*, ASCE, Vol. 124, pp. 1014 – 1025.
- Sekine M. & Kikkawa H. (1992) Mechanics of saltating grains, II. *J. Hydraul. Engrg.*, ASCE, Vol. 118, pp. 536-558.

APPLICATION OF PASSIVE DAMPER FOR SUPPRESSING FOOTBRIDGE MOTIONS

M. Pirner^{*}, Sh. Urushadze^{*}

Summary: *This paper describes the types of footbridges which theoretical and physical models are solved. The highly sensitivity to dynamic load is decreased due to ball vibration absorber or due to liquid damper. Effectiveness comparison of the two types of dampers is recommended.*

1. Introduction

Concrete stress-ribbon footbridges, having very simple structural behaviour, are highly sensitive to dynamic loads because of their low bending rigidity, mass, natural frequencies and damping. The vibrations of footbridges cause the feeling of discomfort to pedestrians, in the case of major amplitudes they may result in damages of the footbridge pavement. Such vibrations may be caused by pedestrians, by wind or vandalism, and for this reason the stress-ribbon footbridges were subjected to the research of these loads.

2. Characteristic of footbridges

In the period of the stress-ribbon footbridges application were built in several variants. The original simply supported stress-ribbon suspended from one support to another was soon supplemented by the longer ones, supported with one or more intermediate rocking supports. Subsequently the stress-ribbon was strengthened by a rope stretched between the ends of the principal span. Finally, a system was designed in which the stress-ribbon was supported by an arch of ordinary bending rigidity. The dynamic behaviour of these systems is, of course, different.

3. Ball damper

The principle of the function, the effectiveness and the design method of the ball vibration absorber, consisting of a heavy sphere rolling in a spherical dish, have been given elsewhere e.g. in Pirner, (1994), Pirner & Fischer, (2000).

For the experimental investigation of the absorber behaviour a special stand had to be arranged. The dish of the 760 mm dia (depth 256 mm, $R = 410$ mm) was fastened to a steel table resting on 9 steel balls of $\varnothing 60$ mm enabling the excitation of its movement by one,

^{*} Prof. Ing. dr.h.c. Miroš Pirner, DrSc., Ing. Shota Urushadze, CSc.: Institute of Theoretical and Applied Mechanics Academy of Sciences of the Czech Republic; Prosecká 76, 190 00 Praha 9.
Tel.: +420.286882121, Fax.: +420.286884634; E-mail: pirner@itam.cas.cz, urushadze@itam.cas.cz

possibly also by two perpendicular forces; till now only the unidirectional excitation was tested, the movement of the table was restrained by lateral stoppers. The full steel sphere of the radius $r = 300$ mm and mass 840 kg rested freely inside the dish, its natural frequency of small vibrations being (Pirner & Fischer, 2000).

4. Liquid damper

The motion of liquids in containers has been studied in the past few decades (see references in Pirner & Urushadze (2004)). This article represents a continuation of Pirner & Urushadze, (2004); it examines the influence of liquid viscosity, the direction of horizontal motion which is not parallel with the sides of the orthogonal tank; further it examines the influence of a perforated partition on damper effectiveness. The authors studied also the possibility of damping the movements of a structure the frequency of which was higher than the basic frequency of the translation motion of the liquid. The damper effectiveness was extended for the case of random excitation.

5. Conclusions

The authors assessed also the effectiveness of all types of mechanical dampers. They have found that a liquid damper is more advantageous than a pendulum and a spherical (ball) damper because it can be tuned easily by the addition or subtraction of the liquid; in case of adequate support and tuning of rotation motion of the tank as stated in Pirner & Urushadze, (2004) the damper damps both horizontal and rotation motion.

6. Acknowledgements

The authors acknowledges the co-operation of Messrs M. Černý, O. Vála and L. Krbec. The supports of grants GA CR 103/05/2066 and MOSTDYN 1F45D/013/120 are gratefully acknowledged. Identification code of research project of the Institute of Theoretical and Applied mechanics is AVOZ 20710524.

7. References

- Pirner, M. (1994) Dissipation of kinetic energy of large-span bridges, *Acta technica CSAV*, vol. 39, pp. 645-655.
- Pirner M. & Fischer, O. (2000) One prototype of the ball absorber and its effect on the tower. In: *Proc. 19th meeting of the IASS/WG 4 (Masts and towers) Krakow 13-16 Sept. 1999* (R. Ciesielski et al. Eds), Krakow Univ. of Technology, pp. 187-196.
- Pirner, M. & Urushadze, S. (2004) Liquid damper for suppressing horizontal and vertical motions of footbridges, *Acta Technica, CSAV* 49, 295-328.

ESTIMATION OF DISCRETIZATION ERROR IN TIME AND SPACE DOMAIN OF NUMERICAL HEAT CONDUCTION

M. Pohanka*

Summary: *The numerical approach requires some simplification of continuous physical systems. The simplification is used for the object, its boundary conditions, and the time domain. The approach that uses stress energy in mechanics can analogically be applied to the finite difference method of the unsteady heat conduction with temperature dependent material properties where the boundary conditions are assumed to be constant within one time step. Estimation of discretization error of the boundary conditions in the time domain, and of mesh discretization error in both the space and time domain is described in the paper. Some numerical tests are presented and method for discretization optimization is proposed.*

1. Introduction

In this paper, attention is focused on the estimation of errors of the computed results to increase the precision of the computed results. For complex geometries, there are no exact analytical solutions and thus numerical methods must be used. The numerical methods simplify the reality – e.g. the temperature profile is piecewise linearized. This simplification leads to a computational error which increases for highly transient problems. A method for an adaptively generated mesh of the computational model on the basis of the estimated error is suggested. During computation, time dependent boundary conditions are also simplified. An automatic time-step refinement for unsteady problems is also important to achieve the desired accuracy.

2. Discretization Error Estimation

The numerical approach requires some simplification of continuous physical systems. The simplification is used for the object, its boundary conditions, and the time domain. Unsteady one-dimensional (1D) heat conduction in Cartesian coordinates is used for analysis. The time domain is discretized into time steps and the object domain is discretized into a number of control volumes.

Boundary Conditions

We are working with unsteady boundary conditions, but the boundary conditions are assumed to be constant within one time step. Therefore, the time dependent profile of boundary conditions must be replaced by a discontinuous profile consisting of a number of small

* Ing. Michal Pohanka: Heat Transfer and Fluid Flow Laboratory; Brno University of Technology; Faculty of Mechanical Engineering; Technická 2896/2; 616 69 Brno; Czech Republic; Phone +420 54114 3283; Fax +420 54114 2224; E-mail: pohanka@fme.vutbr.cz

constant pieces. We can estimate the error of simplified boundary conditions as a sum of partial errors.

Mesh Discretization Error

For rapid changes in the heat flux boundary conditions and near the heterogeneous material, a fine mesh is required. This is because the smooth temperature profile has been piecewise linearized. We investigate the mesh discretization error by comparing the heat energy stored within the control volume. The heat energy of the control volume can be expressed as an enthalpy.

Time Discretization Error

Working only with the unconditionally stable fully implicit scheme, a method for estimating the error caused by time discretization is derived. The trick to estimate the error caused by time discretization is based on comparing the error of the temperature for the time step and the double time step.

3. Optimization of Discretization

Knowing the methods for discretization error estimation, we can use them for mesh and time step optimization. Methods for setting the optimal mesh and time steps are described.

4. Results – Verification of Discretization Error Estimation

Boundary Conditions and Time Discretization Error

It is obvious that the estimated errors well cover the error caused by the time discretization for a half time step. The only place where the error is bigger than the estimated one is where the error is very low. However, in most cases the important value is the maximum error that is correctly determined. The estimation algorithm has also been verified for time dependent boundary conditions.

Mesh Discretization Error

Two one-dimensional models were used to verify the method for estimation of the error caused by the space discretization. However, the method can also be used for multi-dimensional models. One model was assumed to be made of stainless steel and other was a composite. The temperature profiles were computed using a very fine mesh (20000 nodes) and a tested rough one with 20 nodes. The real errors were lower than the estimated maximum values except for very small errors in heterogeneous material a long time step of 1000 s. Also the magnitude of the real errors is comparable with estimated maximum values.

5. Conclusion

The self-adaptive design of computational models and knowledge of accuracy of computed results using a numerical method are necessary. This technology makes it possible for engineers and scientists to construct more realistic mathematical models of physical processes.

The computational experiments have shown that the suggested method can be used for estimation of error caused by time discretization. The only places where the equation should not be used are those where the error is very small in comparison with the maximum one. It should be used for adaptive meshing to keep the accuracy of the computational model at a reasonable level.

NON-LINEAR ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE FRAME STRUCTURES AND ASSIGNMENT ITS RESPONSE TO SEISMIC LOAD

K. Pohl*

Summary: *The objective of this paper describe a non-linear analysis of reinforced concrete frame structures and assignment its response to seismic load. We observe the change of natural frequency in dependence of stress of the structure and creation of plastic joints to final force effect of seismic load. The benefit is also about an assignment of ductility of the structure and influence of ductility to seismic response.*

1. Úvod

Idealizace výpočetních modelů stavebních konstrukcí, jako je předpoklad lineárního chování stavebních materiálů, může vést k velmi nepřesnému stanovení jejich odezvy. Tato nepřesnost se projeví zejména u konstrukcí, kde použitý materiál vykazuje výrazné nelinearity (železobetonové konstrukce) a kde se zatížení blíží nebo dosahuje mezních stavů napjatosti konstrukce. Seizmické zatížení je při posuzování stavebních konstrukcí často uvažováno jako zatížení mimořádné, s pravděpodobností výskytu v řádu několika desítek let. Při tomto mimořádném zatížení se připouští takový vznik a vývoj plastických kloubů v konstrukci, který nepovede k jejímu kolapsu a tím ohrožení lidských životů a velkých materiálních škod. Jedná se tedy o zatížení, kde by předpoklad lineárního chování materiálů vedl k nedostatečnému popisu napjatosti a přetvoření konstrukce.

2. Vliv napjatosti konstrukce na její dynamické vlastnosti

Pro zvýšení přesnosti výpočtu je nutno použít nelineární materiálovou analýzu stavebních konstrukcí, která dává lepší představu o odezvě konstrukce na zatížení překračující předpoklad lineárního chování materiálu. Materiálová nelineární analýza umožňuje sledovat vývoj napjatosti a přetvoření konstrukce za předpokladu plastického přetváření.

Stav napjatosti konstrukce má zásadní vliv na její tuhost. Postupným přitěžováním konstrukce dochází k jejímu „změkčování“, které se může výrazně projevit změnou dynamických vlastností konstrukčního systému. Mezi tyto dynamické vlastnosti konstrukce řadíme zejména frekvence a tvary vlastního kmitání. U běžných lineárních úloh se

* Ing. Karel Pohl: Stavební fakulta ČVUT v Praze, Katedra stavební mechaniky; Thákurova 7; 16000 Praha 6; tel.: +420224354498, e-mail: karel.pohl@fsv.cvut.cz

předpokládá, že přetížení a tedy změna napjatosti konstrukce neovlivní tyto dynamické vlastnosti. Tímto se zanedbávají schopnosti konstrukce, které mohou mít u dynamického zatížení podstatný význam.

Výrazně dynamické zatížení, kterým seizmické zatížení je, se z důvodu komplikovanosti úlohy často řeší jako statická úloha metodou rozvoje do tvarů vlastního kmitání, kde se přihlíží k disipačním schopnostem konstrukce zavedením součinitele duktility. Velikost seizmických sil se v takovémto případě stanovuje pomocí spektra odezvy, které vyjadřuje pohyb při zemětřesení v daném místě na povrchu. Seizmické síly jsou zde vyjádřeny jako funkce frekvence vlastního kmitání. Dále je zde přihlíženo k počtu tvarů vlastního kmitání uvažovaných ve výpočtu, pro dosažení požadované přesnosti výpočtu.

Zavedením nelineárního výpočtu pro stanovení frekvence a tvarů vlastního kmitání, respektující skutečný stav napjatosti v konstrukci při seizmickém zatížení, můžeme zjistit podstatnou změnu dynamických vlastností. „Změkčováním“ konstrukce dochází ke snižování hodnoty frekvence vlastního kmitání a postupným vytvářením plastických kloubů i ke změně tvarů vlastního kmitání. Touto změnou dynamických vlastností můžeme rozumět zvyšování odolnosti konstrukce proti nárůstu seizmického zatížení.

Detailní nelineární analýzou zjistíme u konstrukcí podstatný nárůst posunutí oproti lineárnímu výpočtu a přerozdělení vnitřních sil, v závislosti na velikosti zatížení. Hodnoty posunutí mohou dosahovat výrazného nárůstu, ale pro posuzování konstrukcí na účinky mimořádných zatížení není tento mezní stav rozhodující. Rozhodující pro bezpečné přenesení účinku seizmického zatížení je rozdělení napjatosti v konstrukci. Zde se snížení frekvence vlastního kmitání a tím redukce přístupujících seizmických sil může projevit jako velmi příznivý faktor ovlivňující odolnost konstrukce.

3. Závěr

Výpočet odezvy konstrukce na seizmické zatížení se jeví pro projekční navrhování poměrně komplikovaný. Zejména tehdy, pokud je nutno uvážit vyšší počet tvarů vlastního kmitání. Zjednodušení, která zavádí norma Eurocode 8, kdy výrazně dynamická úloha se převádí na úlohu statickou zavedením součinitele duktility q jsou výrazným zjednodušením této problematiky, která poskytuje výsledky na straně bezpečné. Nepřesností je zde dosahováno u výpočtu posunutí konstrukce, které jsou citlivé na nelineární chování materiálu, dále se může výrazněji projevit změna vlastní frekvenci vlivem napjatosti konstrukce. Tato změna bude u většiny stavebních konstrukcí opět na straně bezpečné.

4. Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory výzkumného záměru: VZ 04 CEZ MSM 6840770005 Udržitelná výstavba

5. Literatura

Humar, J.I. (2002) *Dynamics of Structures*, Balkema.

Jirasek, M. & Bazant Z.P. (2001) *Inelastic Analysis of Structures*, J. Wiley & Sons.

UTILIZATION OF MULTIBODY MODELLING FOR DESIGN OF CHARACTERISTICS OF AIR PRESSURE CONTROLLED HYDRAULIC SHOCK ABSORBERS IN THE SOR INTERCITY BUS

P. Polach*, M. Hajžman*

Summary: *In order to improve dynamic properties of all vehicles that use the axles air suspension, BRANO a.s., the Czech producer of shock absorbers, started to develop air pressure controlled hydraulic telescopic shock absorbers of axles air suspension. The SOR C 12 intercity bus is the reference vehicle, for which research and development of controlled shock absorbers is done and on which the shock absorbers are verified. Force-velocity characteristics of controlled shock absorbers were designed on the basis of results of computer simulations with the bus multibody models created in the *alaska* simulation toolbox.*

1. Introduction

Generally, dynamic properties play a decisive role in the overall quality of any road vehicle. Optimum dynamic properties of the vehicle meant for the passenger transport can be usually achieved, in dependence on its structural design, by the proper choice of axles suspensions elements, which must be a certain compromise of the requirements for the bodywork and chassis components life, its driving stability and driving comfort of a driver and passengers.

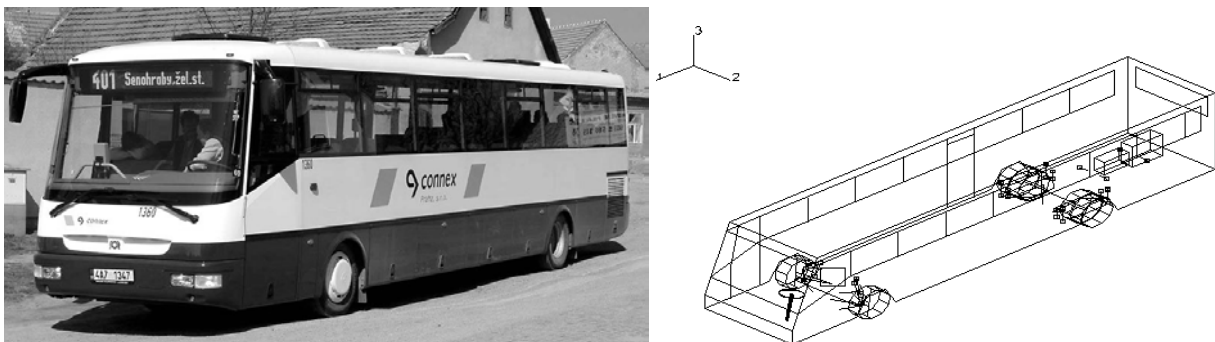


Fig.1 The SOR C 12 intercity bus – real vehicle and multibody model visualization.

In order to improve dynamic properties of buses, trucks, trailers and semitrailers, in 2003 BRANO a.s., the producer of shock absorbers for those types of vehicles, started to develop hydraulic telescopic shock absorbers of the air suspension of the axles controlled by air pressure. The SOR C 12 intercity bus, which is produced by SOR Libchavy spol. s r.o., is the reference vehicle, for which the research and development of hydraulic shock absorbers of

* Dr. Ing. Pavel Polach, Ing. Michal Hajžman: ŠKODA VÝZKUM s.r.o.; Tylova 1/57; 316 00 Plzeň; tel.: +420.378 182 246, fax: +420.378 182 217; e-mail: {pavel.polach,michal.hajzman}@skoda.cz

the axles air suspension controlled by air pressure is done and on which the shock absorbers are verified.

2. Motivation for the development of shock absorbers controlled by air pressure

The hydraulic telescopic shock absorber of the axles air suspension controlled by air pressure is capable of changing its damping force in dependence on the air pressure in air springs. The air pressure in springs rises with the increasing vehicle loading, the shock absorber damping force increases, too. When the vehicle loading decreases the pressure in springs drops, which causes decrease in damping forces in the shock absorbers. Thus the vehicle keeps the constant driving stability and comfort during various operational situations. This property of the controlled shock absorber can be made use of at all the vehicles using axles air suspension.

3. Approach to the problem solution

The force-velocity characteristics of the controlled shock absorbers of the axles air suspension of the SOR C 12 intercity bus were designed on the basis of the results of the computer simulations performed in the **alaska** simulation toolbox (Maißer et al., 1998) with the created multibody models of the empty, the fully loaded and three variants of partly loaded vehicle (Polach & Hajžman, 2005).

The values of the damping forces in the selected points of the force-velocity characteristics of the non-controlled shock absorbers were the parameters of the optimization problem. Running over the modified standardized artificial obstacle was the selected simulation for the force-velocity characteristics of the controlled shock absorbers tuning. The time histories of the relative deflections of the axles air springs were the compared quantities. The correlation coefficient between the dynamic responses of the vehicle under the reference loading (71.5 % of the maximum loading; the same loading as during the experimental measurements with the real vehicle) and the vehicle under other loadings was used as a suitable criterion of similarity.

4. Conclusions

Verification of the suitability of the designed force-velocity characteristics of the controlled shock absorbers of the axles air suspension of the SOR C 12 intercity bus will also be evaluated according to other approaches mentioned e.g. in Valášek et al. (1998). These approaches are on the one hand keeping acceleration of the sprung mass within reasonable limits from the point of view of a driver and passengers and on the other hand maintaining ride safety and road-friendliness (i.e. minimization the amplitudes of the tire-road contact forces).

5. References

- Maißer, P. et al. (1998) *alaska, User Manual, Version 2.3*. Institute of Mechatronics, Chemnitz.
- Polach, P. & Hajžman, M. (2005) Approaches to the creation of the intercity SOR bus multibody models, in: *Proc. 21st conference with international participation Computational Mechanics 2005* (J. Vimmr ed.), FAS UWB, Hrad Nečtiny, II, pp. 477-484. (in Czech)
- Valášek, M., Kortüm, W., Šika, Z., Magdolen, L. & Vaculín, O. (1998) Development of semi-active road-friendly truck suspensions. *Control Engineering Practise*, 6, 6, pp. 735-744.

OPTIMIZATION PROCEDURE FOR SAILPLANE WING SECTIONS

L. Popelka¹, M. Matějka²

Summary: *The article describes procedure of sailplane airfoil optimization with use of available numerical and experimental methods. Comments are given on calculation of boundary layer transition, integral parameters, measurement of maximum lift coefficient, visualization and flow control.*

1. Introduction

Initial stage of sailplane design, as every aircraft, forms pronounced need of agile and reliable analysis methods implemented in optimization process. Although wind-tunnel measurement can offer all required parameters, cost effective numerical methods are of paramount importance. Criteria established for club and training class, *Popelka (2004)*, divides the demands on airfoil into three regimes and defines their importance. Resolved into manner of coefficients, we search for minimum c_D at 24 given c_L (circling and glide), maximum c_L at 3 angles of attack (landing), and $c_{L_{max}}$ itself. Furthermore we are interested in docile stall characteristics. All requirements are summed up into target function F , which we wish to maximize.

2. Parameters acquired by numerical modelling

Xfoil code, *Drela & Youngren (2001)*, is considered as sort of standard tool; we should prove correct capture of differences between investigated $/_i$ and reference $/_{ref}$ airfoil, merely than absolute values. If we define $f = \frac{c_{Di}}{c_{Dref}}$, we are interested in $f_{exp}/f_{num} = 1$. Accuracy with common $n = 9$ is acceptable for given purpose. Location of transition process completion is computed correctly as well. Although augmented level of outer flow turbulence has been objective of numerous studies, data concerning effect on laminar wing sections are scarce. Findings of *Johnson (1984)* have been used for n -factor adjustment in transition criteria.

3. Parameters acquired by wind-tunnel measurement

Maximum lift coefficient and behaviour in the stalled regime remains to be obtained from experimental investigation in all three regimes. With few reasonable assumptions we can reduce test programme into one regime only. Static pressure measurement has been carried out on reference

¹ Ing. Lukáš Popelka: Institute of Thermomechanics AS CR; Dolejšková 5, 182 00 Prague 8; tel. +420 266 053 394, e-mail: popelka@it.cas.cz

² Ing. Milan Matějka: Department of Fluid Dynamics and Thermodynamics, FME, CTU in Prague; Technická 4, 166 07, Prague 6; tel. +420 224 352 661, e-mail: milan.matejka@fs.cvut.cz

Wortmann FX66-17AII-182 and two new PW series airfoils, in 2D 1200x400mm CTU FME wind tunnel. It has been shown, that new designs offer at least same $c_{L_{max}}$ as FX66/S02 family. Extent of laminar boundary layer and separation bubbles can be traced from flow visualization, as has been performed in 750x550mm CTU FME wind tunnel. PW212-163 and 311-161 can be considered superior to FX66-17AII-182 in this respect. Though flight conditions were not achieved, created methodology and models are fully transferrable into closed-circuit wind tunnel 865x485mm IT AS, with Reynolds numbers reaching at least $1,5 \cdot 10^6$.

4. Results

Target functions have been obtained for wings of club class and training sailplanes conceptual studies. Best published airfoil has been always set to $F = 100\%$ and comparison with other well-known and widely used wing section has been carried out. Presented values emphasize the

Airfoil	F
PW212-163	104,3%
NACA 63A-615	100%
E603	99,7%
FX73-170	95,4%
FX S 02-196	94,5%

Table 1: Target functions for wing of conceptual study L of a training sailplane

importance of appropriate airfoil selection and possibility of considerable gains to be achieved. Passive flow control of boundary layer transition has been successfully applied as proved by visualization and pressure distribution measurement. Described methodology has shown its eligibility in experimental projects which are now under way of preparation, concerning mainly implementation of synthetic jet actuator into flapped sailplane airfoil.

5. Summary

Presented article has shown details concerning the procedure of wing section design with use of experimental and numerical methods. The methodology can be easily extended to other classes of sailplanes and further to other categories in sport aviation. Beneficial role in the feasibility studies in associated projects of the department has been mentioned.

6. Acknowledgment

Grant support of GA AS CR No. A2076403 is gratefully acknowledged.

7. Literature

- Drela, M., Youngren, H.: *Xfoil 6.9 User Guide*. MIT, 2001, 33 s., <http://raphael.mit.edu/xfoil/>
- Johnson, R.H.: *A Flight Test Evaluation of the Grob G-102 Club IIIB*. In. Soaring Magazine, 1984, No. 1, reprint <http://www.ssa.org/Magazines/Johnson.asp>
- Popelka L, Müller, M., Matějka, M.: *Airfoils in the Range of Low Reynolds Numbers*. In. Colloquium Fluid Dynamics. Prague: Institute of Thermomechanics AS CR, 2004, p. 141-144

LONGITUDINAL DYNAMICS OF RACE CARS

P. Porteš*

Summary: *The article focuses on optimisation of gear ratios of race cars. Whereas gear ratios of production cars are a trade-off between various user requirements and manufacturer's business plan, race car gear ratios are based on a specific assignment to cover given distance (usually one race lap) in a minimum time. In this article, we will describe a procedure of lap time calculation based on data measured and logged during the race or training.*

1. Introduction

Contemporary motor sport is characterized by a tough competition. As such, it often relies upon scientific knowledge and modern technologies that are available not only for F1 teams, but also for racing teams of lower levels. Today, race cars are equipped with systems of collection of data during car operation, i.e. racing dataloggers. Besides datalogger information, motor sport teams use various simulation programs for calculation of driving dynamics.

Lap times of individual drivers differ only slightly. It happens that times of three or five racers differ by less than a hundredth of second. Every slight improvement is therefore very valuable. Lap times can be possibly reduced by optimum gearing. Assessment of gear ratios is usually done on the basis of information from racing dataloggers. A higher level of optimisation of gear ratios is represented by Lap Time Simulation Software that can calculate the best possible lap time for a given car and circuit (see Cambiaghi et al., 1996; Candelpergher et al., 2000; Thomas et al., 1996).

This article describes a simplified assessment of gear ratio selection based on straight track segments times only. This approach makes calculations relatively fast and requires only a limited number of input data.

2. Calculation procedure

In order to identify the impact of gear ratios on final lap time, it is necessary to pick up appropriate segments of the track. Afterwards, car movements in all these segments should be mathematically simulated so that the time needed to cover an adequate distance could be determined. Taking all these into consideration we need to know the following parameters for a given track segment: initial position, speed and a gear used in the moment when car starts to

* Ing. Petr Porteš, Ph.D.: Institute of Transport Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Brno University of Technology; Technická 2896/2; 616 69 Brno; Phone: +420.541 142 269; Fax: +420.541 143 354; e-mail: portes@fme.vutbr.cz

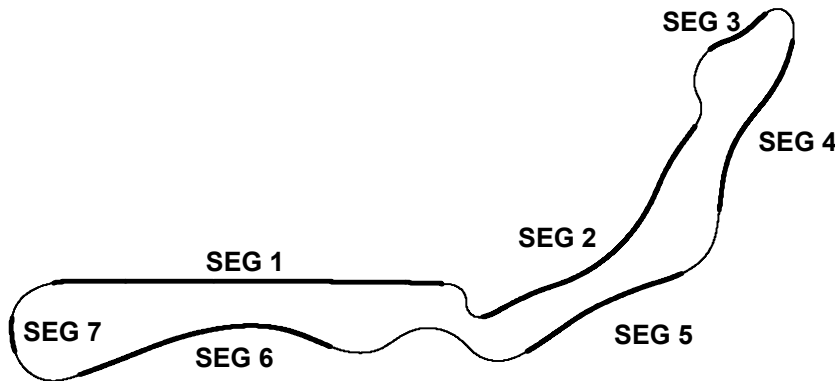


Figure 1 Course map of the Autodrome in Most with marked segments (SEG 1 - SEG 7)

accelerate at the end of a turn, and parameters of slowing down (braking) to speed that is adequate to the beginning of a turn: position, velocity and gear used at the end of segment.

3. Conclusion

Calculations based on procedure described in

this article prove that appropriate arrangement of gear ratios can reduce lap times about tenth of second. And this can have a substantial impact on standing in qualification or even race.

Simulation of only straight segments of racing track significantly reduces a number of input data (parameters of both car and track) needed for calculation. At the same time, the calculation is relatively fast, as it concentrates only on segments that are most affected by selection of gear ratios.

Our experience indicates that the overall calculation could be much more accurate, if we had precise track gradient data. Just one gradient value for the whole segment (straight section) is not enough. Also, it seems that the program based on the method described above could be used more efficiently, if we had a procedure for automatic adjusting of car parameters to behaviour recorded during car operation. For that reason, we are going to aim our efforts particularly to these problems.

4. Acknowledgments

The article has been supported by the Ministry of Education, Sports and Youth of the Czech Republic within the research plan MSM 0021630518 titled "Simulační modelování mechatronických soustav" (Simulation Modelling of Mechatronic Systems)

5. Literature

- Cambiaghi D., Gadola M., Manzo L. & Vetturi D. (1996) A tool for lap time simulation. *SAE paper n. 962529. II. Motorsports Engineering Conference and Exposition, Dearborn (USA), December 1996.*
- Candelpergher, A., Vadila, M. & Vetturi, D. (2000) Developments of a Method for Lap Time Simulation. *SAE paper n. 2000-01-3562.*
- Thomas, D.W., Segal, D.J., Milliken, D.L. & Michalowicz, J. (1996) Analysis and Correlation using Lap Time Simulation-Dodge Stratus for the North American Touring Car Championship. *SAE paper n. 962528.*

'LIFE-TIME PREDICTION OF SLENDER STRUCTURES SUBJECTED TO TURBULENT WIND

S. Pospíšil¹, J. Lahodný, V. Janata², U. Urushadze¹

Summary: *The paper describes the prediction of theoretical life-time of antennas made from glas-reinforced laminate and its comparison with long time measurements on the real structures. Three slender TV tower structures subjected to the turbulent wind were analysed. The wind load has been described by relatively simple formulas. It agreed very well with measurement velocities in the near vicinity of the structure. A modified fatigue analysis has been proposed by authors and the time life prediction of antennas was stated for the industrial partner.*

1. Úvod

Konstrukce nebo jejich součásti vyrobené z vyztuženého sklolaminátu, jako například anténní nástavce na televizních a rozhlasových věžích, jsou vystaveny únavovému zatížení od větru. Protože jsou v užívání mnohdy více než 30 let, je nezbytné určit zbytkovou životnost, aby bylo možné předejít případné havárii včasnou výměnou či stanovit náklady na další provoz. V roce 2005, byla na třech TV věžích v České republice, jejichž nástavce byly průzkumem posouzeny jako ohrožené, uskutečněna dlouhodobá měření s cílem určit zbytkovou životnost.

2. Teoretické stanovení počtu cyklů

Nelze-li z provozních, klimatických a dalších důvodů provádět tenzometrická měření dlouhodobě je třeba relativně spolehlivé experimentální postupy nahradit přibližným výpočtem. V takovém případě vycházíme ze znalosti větru, tvaru terénu dynamických vlastností konstrukce a základů pravděpodobnostního počtu.

Nazvěme P_1 hodnotou pravděpodobnosti vyjadřující, že střední hodnota rychlosti větru bude v určitém intervalu. Tato pravděpodobnost vychází ze znalosti distribuční funkce, která nejlépe odpovídá histogramům sestaveným na podkladech dlouhodobých měření. Interval rychlosti větru je rozdělen do určitého počtu podintervalů z čehož lze vyčíslit střední rychlost větru s hodinovou integrační dobou a s Weibullovým rozdělením. P_2 je pravděpodobnost výskytu amplitud flukтуаční složky napětí při určité střední rychlosti větru, která se stanoví na základě předpokladu normálního rozdělení kolem střední hodnoty napětí. Směr větru je do výpočtu

¹ Ing. Stanislav Pospíšil, Ph.D., Ing. Shota Urushadze CSc., Institute of Theoretical and Applied Mechanics, Prosecká 76, 190 00 Prague 9, tel. +420 283 88 08 54, e-mail pospasil@itam.cas.cz

² Ing. Jiří Lahodný, Ing. V. Janata, CSc, EXCON a.s., Sokolovská 187, 193 00 Prague 9, tel. +420 244 015 111, e-mail lahodny@excon.cz

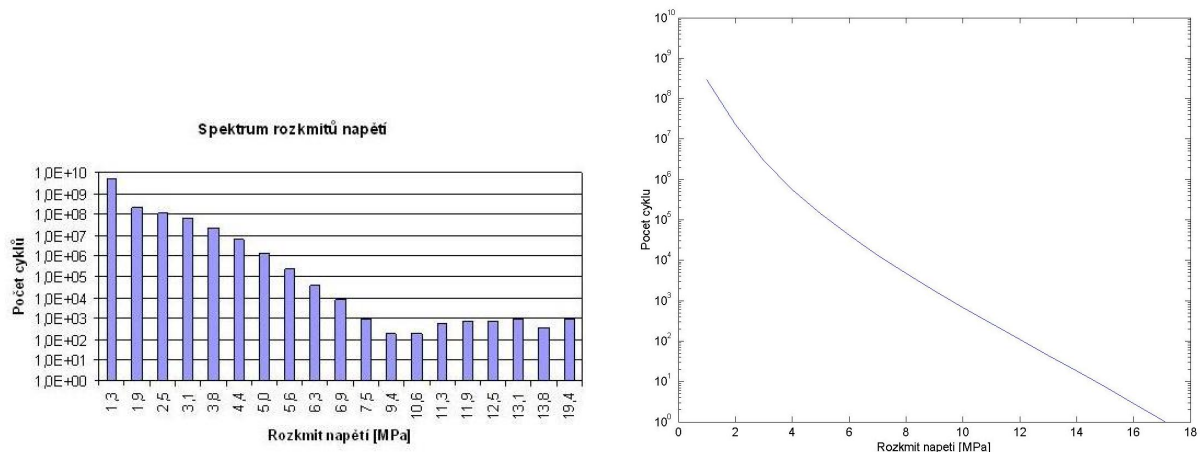
zahrnut pravděpodobností P_3 , kterou stanovíme jako podíl mezi plochou odpovídající intervalu pro jednotlivý směr včetně tolerovaného odklonu od normály a plochou pod celou křivkou (histogramem). Vliv kmitání konstrukce v některém z vlastních tvarů lze stanovit pravděpodobností P_4 , spočtenou ze spekter odezvy.

Počet cyklů napětí o amplitudě flukтуаční složky napětí $\sigma_{ampl,fl,i}$ lze pak vyjádřit vzorcem:

$$n_i = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot d_t \cdot (P_{4,f_1} \cdot f_1 + P_{4,f_2} \cdot f_2 + P_{4,f_3} \cdot f_3 + P_{4,f_4} \cdot f_4) \quad (1)$$

3. Hodnocení únavy

Hodnocení únavy je možné založit na učebnicových údajích o vlastnostech materiálu a ve studii jsou využity vlastnosti získaných z experimentů na starším dílci laminátového nástavce. Únavová charakteristika je dána tzv. Woehlerovou křivkou, znázorňující limitní hodnoty napětí v materiálu pro určitý počet zatěžovacích cyklů. Pro potřeby praktické analýzy se nejčastěji vychází z teorie lineárního poškození, které je v matematické formě reprezentováno Palmgren-Minerovým zákonem. Před vyhodnocením poškození podle Palmgrenova kritéria je třeba provést rozčlenění cyklů podle amplitud. Autoři zvolili metodiku charakterizace záznamu podle extrémů vnitřních sil v místě měření jako funkce času a konverze časového záznamu do posloupnosti jednotlivých cyklů metodou Rain-Flow a rozdělení cyklů do intervalů napětí.



Obrázek 1: Spektra napětí získaná z tenzometrů umístěných na stěně laminátu (vlevo) a počet cyklů získaný teoretickou rozvahou (vpravo).

4. Závěr

Počet cyklů stanovený na základě půlročního měření extrapolovaný na dobu života laminátových anténových nástavců velmi dobře koresponduje se počtem cyklů určeným podle navržené, relativně jednoduché metody. Tato shoda ukazuje, že pro některé případy, kdy je nutné rozhodnout o osudu konstrukce, opravě, či výměně, postačí znalosti terénu, hodinové střední rychlosti větru a vlastností konstrukce, ke spolehlivému vyhodnocení únavy konstrukce.

5. Poděkování

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory GAČR 103/05/2396 and GA AV ČR A2071401, výzkumného záměru AV 0Z 2071913 a Českých Radiokomunikací a.s.

FAST ITERATIVE SOLVERS FOR THE EFFICIENT PROBABILISTIC RELIABILITY ASSESSMENT OF SPECIAL MECHANICAL SYSTEMS BY THE SBRA METHOD

P. Praks¹ , J. Brožovský²

Summary: *In the paper, we will describe our experiences with the full probabilistic reliability assessment of a concrete beam by the finite element method using simulation techniques. Special iterative solvers will be used for the efficient solution of repeated linear elasticity models arising from the reliability assessment. Moreover, the effect of mesh refinement is studied. The results of the assessment are presented and discussed*

1. Probabilistic reliability assessment of structures

Let the resistance of the structure is expressed by the variable R and load effect by variable S . Let the safety of the structure is expressed using the safety function Z in the following way: $Z = R - S$. The situations where $Z < 0$ represents a failure in the structure, whereas situations $Z > 0$ are safe, see for instance [1]. Of course, both variables R and S are random by nature and Z can be rewritten as $Z = g(X_1, X_2, \dots, X_n)$. Here symbols X_1, X_2, \dots, X_n denotes random variables (loadings, material characteristics...) and the symbol g denotes the performance function of the structure. Than probability of the failure of the structure can be formulated by the form $P_f = P(Z < 0)$. The aim of the probabilistic reliability assessment leads to the reliability check expressed by $P_f < P_d$, where the symbol P_f denotes the calculated probability of failure and the symbol P_d denotes the target design probability P_d given in (expert) codes, see for instance [1].

2. Model description

This example was derived from the Calfem home page, see "CALFEM/Pre user interface tutorial", where it is possible to find the finite element model and its solution via Calfem toolbox, too. In this paper, we extend the original deterministic model by the case where all loads are assumed to be random variables. Moreover, the probabilistic reliability assessment of the structure will be estimated by simulation approach using direct Monte Carlo method and Importance

¹ Ing. Pavel Praks, Department of Mathematics and Descriptive Geometry, Department of Applied Mathematics, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, VŠB-Technical University Ostrava, Czech Republic, e-mail: pavel.praks@vsb.cz

² Ing. Jiří Brožovský PhD., Department of Structural Mechanics, Faculty of Civil Engineering VŠB-Technical University Ostrava, Czech Republic e-mail: jiri.brozovsky@vsb.cz

Sampling method. Consider the concrete frame subjected to a uniformly distributed loads F_1, F_2, \dots, F_6 as shown in Fig. 1. The model has the following deterministic parameters: Young's modulus $E = 10.5$ GPa, Poisson's ratio $\nu = 0.15$ and thickness $t = 0.20$ m. All loads are assumed to be normal random variables. In order to study the effect of mesh refinement, we assumed two various finite element meshes, denoted as Geometry5 and Geometry7.

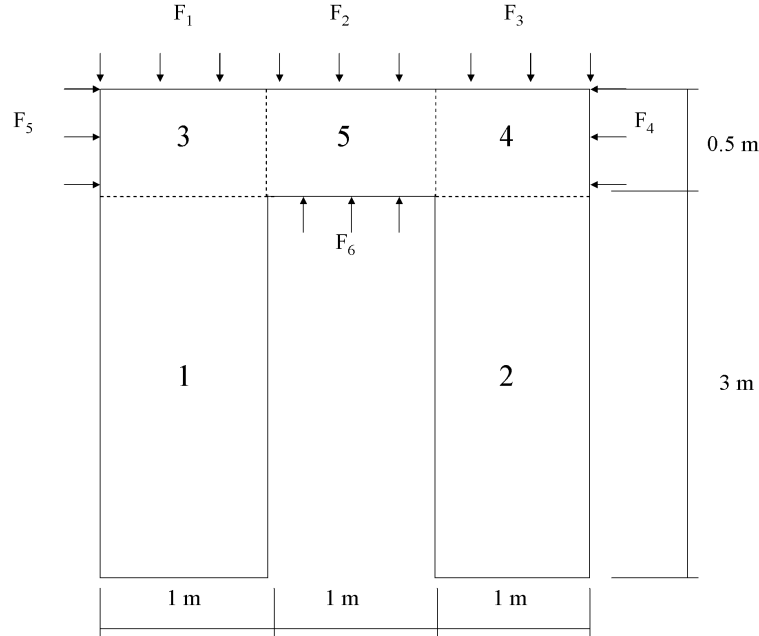


Figure 1: The model problem for the probabilistic reliability assessment. The geometry of the frame contains 5 subdomains denoted by symbols 1, 2, ..., 5.

In our model, the safety function $Z = R - S$ was expressed in the following way. The R denoted concrete tensile strength described by normal random variable with parameters $R = 1 \pm 0.1$ MPa. The S denoted the maximum value of the main principal stress of an element of the structure. For evaluating of deterministic values of S we used modified deterministic Calfem finite element model. The computation of probability of failure was powered by the SBRA method, see for instance [1].

3. Acknowledgment

The research of P. Praks has been supported by the the grant GAČR 103/04/1451 and by the program "Information Society" of the Academy of Sciences of the Czech Republic, project No. T401940412. P. Praks would also like to thank to Dr. Kent Persson from Division of Structural Mechanics, Lund University, Lund, Sweden, for sending free of charge license of the Matlab toolbox CALFEM.

4. References

- [1] Marek P., Brozzetti J., Guštar M., Tikalsky P. (eds.): Probabilistic Assessment of Structures using Monte Carlo Simulation. Basics, Exercises, Software (Second edition). Published by ITAM - Academy of Sciences of the Czech Republic, 2003, ISBN: 80-86246-19-1. P. Praks and P. Konečný are authors of the Chapter 23: *Direct Monte Carlo Method vs. improved methods considering applications in designers every day work.*

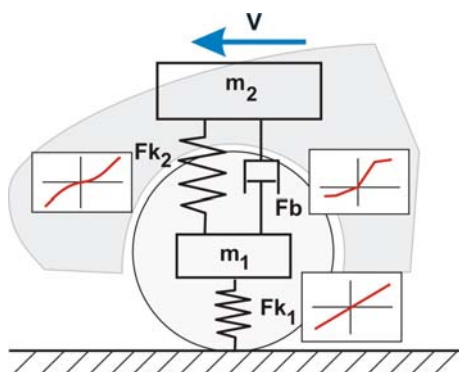
SIMULATION MODEL OF CAR WHEEL SUSPENSION

F. Pražák*, I. Mazůrek*

Summary: *This article concerns the modern attitude to diagnostics of car suspension with the use of mathematical simulation. To obtain the accurate results of the mathematical model, this computer model provides the real data input such as shocks absorber or tyre characteristics. The following concern is how to obtain specific parameters that influences dynamic behavior of car suspension. In the end of this article the various programs suitable for mathematical modeling are compared.*

Při vývoji podvozků automobilů či ladění podvozků sportovních vozů se konstruktéři čím dál častěji upínají k matematickým simulačním modelům. Výsledky z počítačových simulací dávají konstruktérovy lepší pohled na sledovanou mechanickou soustavu, tedy na automobil jako celek nebo jeho dílčí mechanické podskupiny.

Na Ústavu konstruování VUT v Brně se zabýváme diagnostikou závěsu kola, kde jsme se zaměřili na chování závěsu při snížené funkčnosti tlumiče odpružení. K lepšímu pohledu na tuto problematiku jsme použili matematického modelování, kde dostačující modelová situace je tzv. čtvrtinového modelu automobilu. Jedná se o soustavu s dvěma stupni volnosti popsany obrázkem 1 [1].



Obrázek 1: Čtvrtinový model automobilu

Výsledky ze simulace matematického modelu by měly plně korespondovat s mechanickou soustavou, ale vzhledem k jistým nelinearitám v systému, tření či materiálové pružnosti, jsme nuceni vytvářet jistá zjednodušení. Právě tato zjednodušení se projeví v rozdílnosti namodelovaných a experimentálně zjištěných výsledků. I přes tato zjednodušení je nutné do modelu vkládat veličiny a charakteristiky odpovídající reálným hodnotám.

* Ing. František Pražák, Doc. Ing. Ivan Mazůrek, CSc.: Vysoké učení technické v Brně, Ústav konstruování, Technická 2896/2, 616 69, Brno; tel.: +420 54114 3232, fax: +420 54114 3231; e-mail: fany00@centrum.cz

Hmotnost příslušící odpružené a neodpružené hmotě se získává výpočtem z experimentálně zjištěných hodnot momentu setrvačnosti a hmotnostního rozložení komponentů (karosérie, závěs kola). Dalším komponent ovlivňující dynamické naladění závěsu kola je vozidlová pružina. Naměřené charakteristiky bývají zpravidla lineárního charakteru a do modelu ji lze tak popsat pomocí rovnice. Problematickým prvkem je tlumič odpružení. Charakteristika tlumiče je závislá jak na rychlosti pohybu tlumiče, tak na jeho zdvihu. Navíc má hysterezi tvar, tedy tlumič při roztahovací (stlačovací) fázi a při dané rychlosti má dvě hodnoty síly. Takovouto charakteristiku je obtížné vložit do modelu. Jedním z řešení je vytvoření podmodelu tlumiče odpružení [2], který se skládá z vlastní tlumicí charakteristiky, charakteristiky smykového tření, vnitřní pružnosti, pružnosti uchycení tlumiče, hmotnosti pístnice a hmotnosti vedení pístu. Výhodou tohoto přístupu je možnost namodelování nejrůznějších závad tlumiče. Posledním komponentem ovlivňujícím chování závěsu je pneumatika. Charakteristika radiální tuhosti pneumatiky se zjišťuje staticky [3], tedy sledováním přítláčné síly pneumatiky k vozovce v závislosti na její stlačení. Takto zjištěná charakteristika může být nedostačující. Jistý vliv na výslednou charakteristiku budou mít tangenciální síly vznikající mezi pneumatikou a vozovkou při jejím stlačování. Tyto tangenciální síly jsou závislé i na rychlosti stlačování [4].

K verifikaci výsledů matematických simulací byl vyroben Experimentální přívěsný vozík [5], jenž je fyzický model čtvrtinového modelu automobilu. Na vozíku je možné nastavit veškeré parametry ovlivňující dynamické chování závěsu (odpruženou a neodpruženou hmotu, tuhost vozidlové pružiny). Při testech s Experimentálním vozíkem a při matematickém simulování se odzkoušely tři typy testů užívané pro bezdemontážní diagnostiku tlumičů (impulsní dokmitový, rezonanční adhezní a přejezdový test).

K samotné simulaci matematického modelu patří jak volba programového prostředí, tak i výběr vhodné matematické metody. Počítačový trh nabízí celou řadu počítačových programů. Při našem výzkumu byly odzkoušeny programy MathCad, Working Model 2D, Adams a MathLab.

Literatura

- [1] Cambiaghi D., Gadola M., Manzo L., Vetturi D., Racecar aktive suspension: Hints on a quarter car model, Università di Brescia, Dipartimento di Ingegneria Meccanica, <http://bsing.ing.unibs.it/~gadola/papers/iftomm95/iftomm1.htm>, 1995
- [2] Mazůrek, I., Dočkal, A., Pražák, F.: Diagnostic model of a shock absorber. In: Engineering Mechanics, 2005, vol. 12, no. A1, p. 71-76. ISSN 1210-2717.
- [3] DIXON J.C.: The Shock Absorber Handbook, Society of Automotive Engineers, 1999, ISBN 0-7680-0050-5
- [4] TAILOR R.K., BASHFORD L.L., SCHROCK M.D.: Methods for measuring vertical tire stiffness, Transaction of the Asie 43, Amer Soc Agricultural Engineers, 2000, ISSN 0001-2351
- [5] PRAŽÁK F.: Analýza kmitočtových vlastností nápravy, grant fondu vědy FSI, BD 135 3030, 2005

STRESS FIELD ANALYSIS NEAR THE SEMI-INFINITE CRACK TIP TERMINATING PERPENDICULAR TO THE INTERFACE BETWEEN TWO ORTHOTROPIC MATERIALS

T. Profant*, M. Kotoul**, O. Ševeček***

Summary: *The study of the stress and displacement field near the semi-infinite crack tip terminating perpendicular to the interface between two orthotropic materials is considered in this paper. Using an anisotropic complex method, the present analysis gives singularity exponents δ and $-\delta$ as the solution of an eigenvalue problem and as the root of some nonlinear equation. This leads to a closed-form expression for stresses and displacements. The matrix of the eigenvalue problem depends on the number of layers at the singular point, their relative elastic properties and the boundary conditions such as free surface or bonded interface close to the crack tip. While the δ is associated to the singular solution of the semi-infinite crack problem, the $-\delta$ is associated to the auxiliary solution. The auxiliary solution features stronger singularity and can be used to determination of the generalized intensity factor by the ψ -integral.*

Nejstarším a v inženýrských problémech používanějším formalismem popisu rovinné deformace anizotropních prostředí je formalismus Lechnického (1950, 1957). Lechnického formalismus je v podstatě zobecněním Muschelišviliho teorie (1953) komplexních potenciálů rovinné isotropní pružnosti a vychází z předpokladu, že napětí závisí pouze na souřadnicích x_1 a x_2 . Z tohoto důvodu, ve vztazích vycházející z Lechnického teorie vystupují prvky redukované matice poddajnosti. Naopak je tomu u Strohova formalismu, který vychází z prací Eshelby, Read & Shockley (1953). Strohův formalismus vychází z předpokladu, že posuvy u_1 , u_2 a u_3 závisí na souřadnicích x_1 a x_2 a tudíž místo matice prvků matice poddajnosti, vystupují ve vztazích vycházející ze Strohova formalismu prvky matice tuhosti. Výhodou Strohova formalismu je jeho matematická elegancie a potenciál v řešení dvourozměrných anizotropních elastických problémů.

V případě obecné rovinné anizotropní pružnosti je nutné uvažovat všechny složky tenzoru napětí a deformace. Každý anizotropní materiál je charakterizován třemi komplexními čísly μ_i , kde $i = 1, 2, 3$, a jejich komplexně sdruženými protějšky. Čísla μ_i jsou vlastní čísla matice 3×3 , jejíž prvky závisí na elastických konstantách materiálu. K zjednodušení dochází v případě, když matice tuhosti příp. poddajnosti vykazuje roviny symetrie, jak je tomu např. u ortotrop-

* Ing. Tomáš Profant, Ph.D., Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, FSI VUT v Brně, Technická 2896/2, 616 69 Brno, tel.: +420 5 4114 2891, e-mail: profant@fme.vutbr.cz

** Prof. RNDr. Michal Kotoul, DrSc., Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, FSI VUT v Brně, Technická 2896/2, 616 69 Brno, tel.: +420 5 4114 2889, e-mail: kotoul@fme.vutbr.cz

*** Ing. Oldřich Ševeček, Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, FSI VUT v Brně, Technická 2896/2, 616 69 Brno, tel.: +420 5 4114 2871, e-mail: sevecek@seznam.cz

ních materiálů. V takovém případě se počet charakteristických čísel materiálu sníží na dvě a nenulové složky tenzoru napětí a deformace se sníží pouze na

$$\{\sigma_i\} = [\sigma_{11}, \sigma_{22}, \sigma_{12}]^T, \{\varepsilon_i\} = [\varepsilon_{11}, \varepsilon_{22}, \varepsilon_{12}]^T. \quad (1)$$

Singulární pole napětí a posuvů v okolí vrcholu trhliny je výhodné vyjádřit jako funkce polárních souřadnic r a θ

$$u_i = hr^\delta g_i(\theta), \sigma_i = hr^{\delta-1} F_i(\theta), \quad (2)$$

kde exponent singularity δ je řešením problému vlastních čísel matice A_{ij} ($i, j = 1, 2$), jejíž prvky závisí na okrajových podmínkách v okolí vrcholu trhliny a zobecněný koeficient intenzity napětí h závisí na vnějším zatížení a geometrii tělesa. Kromě jiného, je znalost singulární části pole napětí a posuvů nutná při lomově mechanických výpočtech pomocí MKP, vzhledem k nemožnosti správného pozouzení koncentrace napětí v blízkém okolí čela trhliny. Naopak, analytické řešení nabízí jen omezené možnosti v popisu vlivů geometrie a zatížení tělesa. Jako optimální možnost získání přesných hodnot napětí a deformací před čelem trhliny se jeví využití kombinace obou metod.

Singulární popis pole napětí a posuvů se získá pomocí anizotropních komplexních potenciálů zobecněné rovinné pružnosti. Problém vlastních čísel matice A_{ij} , kde A_{ij} $i, j = 1, 2$, vede na řešení nelineární rovnice, jejíž nejmenší kladný kořen je exponent singularity δ . Zobecněný součinitel intenzity napětí h se může určit např. pomocí tzv. ψ -integrálu, kdy se využívá jeho nezávislosti na integrační cestě. Avšak k vyjádření hodnoty ψ -integrálu je nutná znalost tzv. pomocného řešení charakterizované exponentem singularity $-\delta$. Podobně jako exponent singularity δ , je také exponent singularity pomocného řešení $-\delta$ kořenem výše zmíněné nelineární rovnice, viz. Babuska, I. & Miler, A. (1984).

Poděkování

Příspěvek byl podpořen grantovými projekty GAČR 101/05/P290, GAČR 101/05/0320 a GAČR 106/05/H008.

Literatura

- Babuska, I., & Miller, A., (1984) The post-processing approach in the FEM, Part2: The calculation of stress intensity factors, *Int. Num. Meth. Engng.*, Vol. 20, p.1111–1129.
- Desmorat, R., & Leckie, F. A., (1998) Singularities in bi-materials: parametric study of an isotropic/anisotropic joint, *European Journal of Mechanics A/Solids*, Vol. 17, p. 33–52.
- Eshelby, J. D., Read, W. T. & Shockley, W. (1953) Anisotropic elasticity with applications to dislocation theory, *Acta Metall.*, 1, 251–259.
- Lechnickij, S. G., (1950) Teória uprugosti anisotropnovo těla, Gostechizdat, Moskva.
- Lekhnitskij, S. G., (1957) Anizotropnyje plastinki, Gostechizdat, Moskva.
- Muschelišvili, N. I., (1953) Někotoryje osnovnyje zadači matematičeskoj teorii uprugosti, Gostechizdat, Moskva.

SIMULATION OF FREEZING OF ROCK DURING TUNNELING

P.P. Procházka^{*}, M.J. Válek^{*}, A.E. Yiakoumi^{*}

Summary: *Eigenstresses and eigenstrains act out a very important role in many branches of applied mechanics. The eigenparameters may represent plastic strains, or relaxation stresses (or also prestresses, change of temperature, etc.), and may also serve as free parameters for improving numerical models to get the computed quantities that should be as close as possible to the real state. Special variational formulation can be stated dealing with the minimum variance of differences between measured and computed values. When using a very useful treatment, transformation field analysis (TFA), having recently been proposed by Dvorak & Procházka, the problem leads to a linear system of algebraic equations.*

V současnosti je k dispozici řada numerických postupů pro výpočty podzemních konstrukcí. Jeden z problémů, který je třeba řešit před započítáním výpočtu, je určit materiálové vlastnosti podzemního kontinua. Numerické metody jsou tedy s největší pravděpodobností zatíženy chybou, která plyne z nepřesných vstupních dat, hlavně dat platných pro popis materiálových vlastností. Z toho důvodu je nejvhodnější získat tyto vlastnosti z měření „in situ“. Z měření na stavbě je pak hledán konstitutivní zákon, podle kterého se řídí vývoj materiálu s časem a se zatížením. Problém je v tom, že měření na stavbě jsou velmi nákladná a je nutné je doladit během výstavby. Nemluvíme ovšem o jednoduchých laboratorních zkouškách, které dávají pouze jednoduchý přehled o možném chování materiálu.

Přirozeným mezikrokem je využití výše uvedených dat a sestavit experimentální model z fyzikálně ekvivalentních materiálů, který nabízí hlubší informace o chování horniny v místech, které nás zajímají. Takové experimenty mohou být prováděny ve standech, což jsou pevně konstruované boxy s kluzkými stěnami a minimálně přední stěnou prosklenou. Pokusy ve standech umožňují pozorovat pohyby, lokální praskliny, kolapsy a podobné jevy v hornině. Navíc je možné vzorky zkoumaných konstrukcí dobře instrumentovat a měřit posuvy a přetvoření pomocí tenzometrů. Numerický model vychází z techniky Analýzy transformačního pole (Dvorak & Procházka, 1996, 1999), která umožňuje popis nelineárního chování horniny, jako je plasticita, creep, poškození, atd. Numerickým modelem jsou okrajové prvky, které zahrnují také vliv vlastních parametrů (vlastních deformací, vlastních pnutí). Vlastními parametry jsou změna teploty a jednak popisují Misesovu plasticitu. Jelikož, jak je dobře známo, metoda okrajových prvků má problémy s nelineárním rozdělením

^{*} Prof. Ing. RNDr. Petr Pavel Procházka, DrSc., Ing. Martin Jan Válek, Ph.D., Ing. Alexia Elena Yiakoumi:
ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra stavební mechaniky, Thákurova 7, 166 29 Praha 6; tel.: +420 2 2435 4480, fax: +420 2431 0775; e-mail: petr@fsv.cvut.cz

materiálových vlastností v tělese, je vhodné zavést nový prostor, na kterém je úloha řečena. Proveďte se transformace do tohoto prostoru pomocí polarizačního tenzoru a ukáže se, že pak je i metoda okrajových prvků velmi vhodná na řešení např. plastického přetváření v tělese. To plyne z faktu, že veškeré vlivy nelineárního operátoru popisujícího plasticitu jsou převedeny na pravou stranu diferenciální konstituční rovnice a na levé zůstává pouze matice popisující lineárně pružné chování horniny. Za těchto okolností je snadné použití okrajových prvků, neboť pro lineární pružnost jsou dobře známa integrální jádra a jejich vyčíslení není nesnadné. Navíc jsou dnes k dispozici rozsáhlé studie o optimálním stupni numerické integrace těchto jader.

Procedura byla užita na zvýšení stability tunelové čelby. Byl připraven experimentální model z fyzikálně ekvivalentních materiálů podle základních měření na stavbě. Tento měřítkový model odpovídal numerickému tak, že měřítko bylo 1 : 100. Stejný model byl připraven pro numerické studie.

Protože se pro jednoduchost předpokládá dlouhý tunel, který je již zcela stabilizován, uvažuje se síť dvojrozměrných vnitřních buněk a celá úloha se řeší jako dvourozměrná. Plasticitní zákon se řídí Mohr-Coulombovou hypotézou s využitím výhod Analýzy transformačního pole.

V numerických experimentech se předpokládá využití Eshelbyho sil na kontaktu mezi horninou a tunelovou obezdívkou. Tyto síly se zavádí z důvodu otevírání tunelu do napjaté horniny. Navíc lze pomocí těchto sil simulovat i některé dědičné jevy, jako je creep horniny. Poslední případ nebyl ve formulacích uvažován. Jelikož se uvažovaly nevratné děje v okolní hornině, bylo nutné přistoupit k přírůstkové metodě řešení plasticity. Tato metoda je realizována tak, že celkové (známé z předchozího lineárního výpočtu) hodnoty Eshelbyho sil jsou rozděleny na deset dílů a pro každou hodnotu přírůstku (desetiny zmíněné síly) se provede nelineární výpočet – přiblížení k realitě. Poznamenejme, že Eshelbyho síly jsou užity i pro výpočet plošných integrálů, které vedou na nepříjemný rozklad s aditivním členem (konvektovaný člen). Eshelbyho síly snadno takové problémy překonají.

V předložené studii byl navržen postup výstavby tunelů pomocí zmrazování. Tento postup se vyplatí v případě náročných podmínek, kdy okolní hornina není ve stavu sama přenést zatížení z důvodů silného zvlhčení, tekoucích písků apod. Vycházelo se z metody okrajových prvků, která po určité úpravě algoritmu se jeví jako velmi vhodná a perspektivní pro podobné aplikace. Navíc, Analýza transformačního pole se uplatnila jednak v oblasti zavedení teploty do výpočtu a jednak při zahrnutí plastifikace materiálu do výpočtu. Tato metoda může hodně urychlit nelineární výpočty založené na iteračních procesech.

Ukazuje se též, že je možné navrhnout zmrazování horniny optimálním způsobem. Optimalizaci je možné uskutečnit pomocí Analýzy transformačního pole tak, že volnými parametry zůstanou vlastní deformace (přesněji teplota). Jakostní funkcionál je definován tak, aby únosnost horniny byla co největší.

Poděkování

Tento příspěvek byl finančně podporován GAČR, projekt číslo 103/06/1124: Stabilita podzemních staveb v mimořádných podmínkách. První autor byl podporován též projektem CIDEAS.

DEVELOPMENT OF STRESSES IN FIBER REINFORCED STRUCTURES

P.P. Procházka*, **M.J. Válek***, **Š. Pešková***

Summary: *Fiber reinforced concrete (FRC) is studied in this paper, particularly the interfacial fiber-concrete matrix zones is observed. The maximum nominal size of the used aggregate is up to 25 mm. There are two basic processes, the dry-mix, and the wet-mix. The basic difference is that in the wet-mix process, all components of the mix, including water, are blended, and then conveyed. Wet-mix aggregate is preferred in this report.*

V tomto článku je studován vláknem vyztužený beton (FRC), a to zejména je sledováno materiálové chování mezifázové oblasti v betonové matici na kontaktu s vlákny. Pro přípravu vzorků se používá maximální nominální velikost do kameniva 25 mm. Používají se zde dva základní postupy pro míchání kompozitu, a to suchá metoda a mokrá metoda. Základní rozdíl je takový, že mokrá proces zahrnuje všechny složky směsy včetně vody. V tomto článku byla dána přednost mokrému procesu.

Výběr vláknů vyztužených betonů (FRC) pro praxi by mělo být založeno na znalostech a zkušenostech projektanta a pečlivé studii doporučeného a dosažitelného materiálu. Úspěch použití FRC spočívá v náležitém plánování a řízení výroby těchto kompozitů.

Při posuzování kompozitních materiálů hrají rozhodující roli zóny, které jsou buď uměle nebo většinou přirozeně vytvářeny mezi vlákny a maticí. Tyto vrstvy označujeme jako mezifázové nebo přechodové. Proto výzkum v této oblasti by měl být veden mnohem detailnějším způsobem než obvykle. V této studii se využívá kombinace experimentálních modelů, kde se zkoumají chemické a mechanické vlastnosti a numerických metod. Mechanické chování a chemické vlastnosti jsou zahrnuty v mezifázové zóně mezi vlákny a maticí. Tyto vlastnosti jsou rozhodující hlavně pro sledování rozpojovacích procesů.

Mechanické vlastnosti kontaktů jsou testovány na přístroji MTS Alliance RT/30. Jedná se o elektromechanický přístroj pro tlakové, tahové, a ohybové zkoušky materiálu.

* Prof.Ing.RNDr. Petr Procházka, DrSc., Ing. Martin Jan Válek, Ph.D., Ing. Šárka Pešková: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra stavební mechaniky, Thákurova 7, 166 29 Praha 6; tel.: +420 2 2435 4480, fax: +420 2431 0775; e-mail: petr@fsv.cvut.cz

Další testovací metoda je Ramanova spektroskopie zjišťování napětového pole a chemických vlastností je použita k získání celkového pohledu na vlastnosti mezifázové vrstvy kompozitu. V literatuře se uvádí, že mikrostruktura cementu pro matrici v blízkosti přechodové, mezivrstvé zóny je značně odlišná co do objemu od cementu dále od přechodové vrstvy.

V souvislosti s rozpojováním vláken a matrice v různých kompozitních strukturách je často vhodné řešit pullout problém (problém vytahování vlákna z matrice). V článku je formulován problém vytahování (pullout) tak, že se využije přirozeného triku, a to spojí se body na povrchu matrice s příslušnými body ve vláknech pružinami. Ty jsou v případě neporušeného spojení velmi tuhé, takže nepřipouští skok v posuvech. Uvolňování tuhostí pružin je řízeno kontaktními zákony. Připomeňme, že uvažujeme vlákna tužší než matrici. V opačném případě dochází k poškození uvnitř matrice, k tzv. crazeům. V každém případě je nutné uvažovat v okolí kontaktu poměrně hustou síť buňek u okrajových prvků nebo vnitřních buňek u okrajových prvků.

Normálové a smykové poškození na kontaktu (rozpojování a pokluz) může být způsobeno z různých fyzikálních důvodů. Jedním poměrně jednoznačně zřejmým je porušení kontaktu v normálovém směru překročením tahové pevnosti. V standardních matematických formulacích se předpokládá, že tahová pevnost je nulová. Při matematické formulaci budeme také předpokládat, že tato restrikce platí. V technických aplikacích je však bližší skutečností fakt, že tahové napětí (povrchová síla) je menší než některá hodnota tahové pevnosti různá od nuly. V tom případě je však postup závislý na vývoji zatížení a je třeba hodnotu vytahovací síly postupně zvyšovat a v každém inkrementu řešit nelineární úlohu. Ve směru osy vlákna, tj. v tečném směru, se většinou uvažuje zobecněný Mohr-Coulombův zákon. U klasických kompozitů se předpokládá, že mezi vlákny a matricí není žádná přilnavost vyjma té, která plyne z rozdílu koeficientů roztažnosti mezi vlákny a matricí (většinou klasické kompozity jsou vyráběny za vysokých teplot a ochlazením na pokojovou teplotu dochází k svírání vláken matricí, u betonových kompozitů se jedná o přilnavost, neboť koeficienty roztažnosti ocelových vláken a betonové matrice jsou stejné. V našem případě se zabýváme přímými vlákny, neuvažujeme vlákna typu Dramix, která se částečně opírají o betonovou matrici. Přilnavost je tedy způsobena příčnými silami, které se určují ze srovnávací analýzy, kde volné parametry jsou vlastní deformace.

Předpokládáme pravidelnou periodickou strukturu vláken v matrici, kde však původní čtvercovou jednotkovou buňku nahrazujeme pro jednoduchost výpočtu válcem. Uvažujeme tedy válcový tvar vlákna a okolní matrice má též válcový tvar.

Problém vytahování je numericky řešen jako kontaktní problém formulovaný ve tvaru penalizační metody. Výchozí mechanické vlastnosti kontaktu a matrice jsou převzaty z laboratorních měření, ale příčná síla je doladěna z porovnání výsledků měření posuvů, způsobených vytahovací silou, a z velikostí příčných deformací. Tento postup vede na podmínku, vyjádřenou lineární algebraickou rovnicí. To je však umožněno pouze za předpokladu, že se použije přírůstková metoda plasticity.

Předložený postup patří mezi sdružené problémy, kdy se data v numerickém výpočtu doladují výsledky z experimentů.

Tento příspěvek byl finančně podporován GA AVČR, projekt číslo IAA2119402: Stavby napětí a deformace v konstrukcích a konstrukčních prvcích užitím sdruženého modelování. První autor byl podporován též projektem CIDEAS.

HARDWARE IMPLEMENTATION OF ACTIVE MAGNETIC BEARING CONTROL

J. Pulchart*, M. Turek⁺

Summary: *The previous research of control methods to control fast nonlinear systems was verified by simulation of control of an active magnetic bearing (AMB). A hardware implementation of control of the AMB is developed to verify the simulation results. Requirements to the implementation are modularity, easy assembling and availability of development tools for used microcontrollers. The hardware implementation of AMB is used to improve the model of AMB for future simulation testing of intelligent control methods.*

1. Úvod

Aktivní magnetické ložisko (AML) je rychlý, nestabilní a nelineární systém a proto jeho řízení představuje složitý úkol. Nelinearita soustavy způsobuje obtížné řízení pomocí klasických PID regulátorů odvozených pro lineární systémy. Pro zlepšení kvality regulace je možné využít speciálních robustních metod řízení založených na algoritmech umělé inteligence. Několik těchto metod bylo již simulačně ověřeno v předcházejících pracích (Březina, T., Turek, M., Pulchart, J., 2005; Pulchart, J., Březina, T., Turek, M., 2005). Pro další výzkum je však potřebné tyto algoritmy ověřit na reálném AML a zpřesnit použitý model AML k dalšímu simulačnímu ověřování robustních metod řízení.

Tento článek řeší jeden z možných způsobů hardwarové implementace řízení AML a popisuje rozdíly mezi modelovou simulací a reálným chováním AML. Zabývá se použitým reálným modelem AML, snímači polohy rotoru, akčním a řídicím členem systému řízení. Jejich možným funkčním způsobem propojení s důrazem na jednoduchou implementaci, cenu použitých součástí a snadným vývojem softwaru pro použitý řídicí členu.

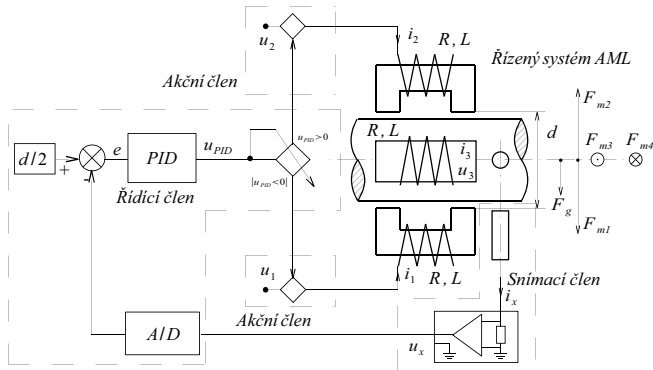
2. Reálný model řízení AML – regulační schéma

Pro prvotní oživení reálného řízení AML (obr.2) je použito základní regulační schéma skládající se z několika bloků a celkové principiální regulační schéma je znázorněno na obr.1.

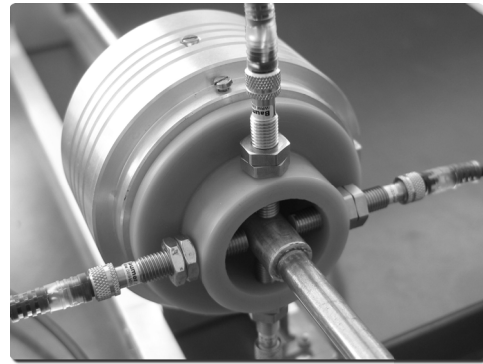
1. *regulovaného systému* – aktivní magnetické ložisko,
2. *snímacího členu* – indukční snímače polohy a přizpůsobovacího obvodu výstupního signálu ze snímače,
3. *akčního členu* – tranzistorové MOSFET spínače elektromagnetů AML,
4. *řídicího členu* – regulátor založený na vhodném mikrokontroléru.

* Jaroslav Pulchart, Ing., VUT v Brně, FSI ÚAI, Technická 2, 616 69 Brno, ypulch00@stud.fme.vutbr.cz

+ Milan Turek, Ing., VUT v Brně, FSI ÚAI, Technická 2, 616 69 Brno, yturek00@stud.fme.vutbr.cz



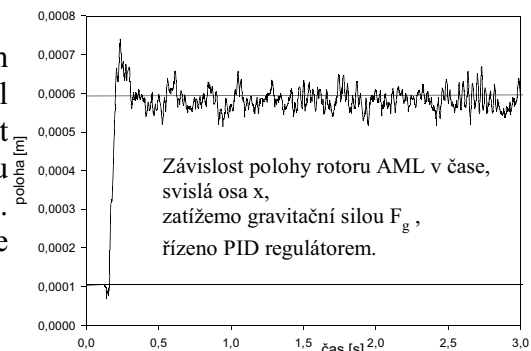
Obr. 1: regulační schéma řízení AML.



Obr. 2: Reálný model AML.

3. Regulátor

Řídicí člen je implementován mikrokontrolérem od firmy Atmel ATmega64. Tento obvod byl vybrán pro svoji snadnou dostupnost, dostupnost vývojových nástrojů (GCC) a snadnou výrobou programovacích a ladících obvodů (JTAG, ISP). Na obr.3 lze vidět výsledný průběh regulace (v ose x) s vhodně nastaveným PID regulátorem.



Obr. 3: Regulace AML.

4. Závěr

Navržené zapojení všech členů regulačního obvodu je schopné úspěšného řízení AML (ověřeno na implementaci řízení pomocí PID regulátoru). Jednotlivé členy lze snadno a levně sestavit (kromě samotných senzorů polohy) a je možné dále upravovat či nahrazovat podle zvyšujících se požadavků na regulaci. Cenově nejnáročnější jsou snímače polohy rotoru AML na jejichž vlastnostech nejvíce závisí úspěšnost a kvalita regulace. Pro paměťově a výpočetně nenáročné algoritmy je možné nadále využívat řídicí člen reprezentovaný mikrokontrolérem Atmel ATmega64. Pro náročnější algoritmy je jej však potřeba nahradit rychlejším mikrokontrolérem či DSP procesorem.

5. Poděkování

Tato práce je podporována českým ministerstvem školství pod projektem MSM 0021630518 "Simulační modelování mechatronických systémů".

6. Literatura

- Březina, T., Turek, M., Pulchart, J. (2005) *The Active Magnetic Bearing Control with Automatic Parallel Compensation*, Engineering MECHANICS, Vol. 12, No. 3, p. 149–155.
- Pulchart, J., Březina, T., Turek, M. (2005), *Nonlinear predictive controller with local approximator for active magnetic bearing*, Engineering MECHANICS, Vol. 12, No. A1, p. 11-17.
- Turek, M. Březina, T. Pulchart, J., (2006), *SELFLEARNING CONTROLLER OF ACTIVE MAGNETIC BEARING*, IM2006, schváleno k publikaci.

1D MODEL OF THE HUMAN VOCAL AND NASAL TRACT

V. Radolf*, T. Vampola**, J. Horáček*

Summary: *The paper deals with use of the transfer matrix method to determine acoustic characteristics of the human vocal tract connected with the nasal tract. The system models the influence of velopharyngeal insufficiency on production of Czech vowel /a/. The advantage of this method is significant shortening of the computing time compared to computations with 3D FE method. The model of the acoustical spaces is created by cylindrical elements. The calculation is carried out for periodic "L-F" signal applied at the position of glottis. Time dependent acoustic pressure and air flow volume velocity at the position of the lips and nose are computed. The resulting frequency response functions of the tract are compared with computations realized by 3D FE model.*

1. Úvod

Cílem výzkumu je poskytnout foniatričké praxi jednoduchý, rychlý a dostatečně spolehlivý nástroj s audio-výstupem, s jehož pomocí by bylo možné předem usuzovat na změnu hlasu člověka při změně geometrie jeho vokálního traktu. Praktickým příkladem může být profesionální zpěvák, který se obává doporučeného lékařského zákroku, např. vyjmutí mandlí. Aplikace vypracované metody směřují v tomto příspěvku do oblasti modelování velofaryngeální nedostatečnosti. Akustická odezva systému je počítána pro buzení modelu v místě hlasivek tzv. L-F pulsy (Fant et al., 1985) odvozenými pro objemovou rychlost vzduchu proudícího mezihlasivkovou štěrbinou.

2. Jednodimensionální model

Pro 1D model byla použita metoda přenosových matic (MPM) ve spojení s cylindrickými elementy. Metoda vychází z vlnové rovnice válcového zvukovodu se třením pro rychlostní potenciál popsany rovnicí (Merhaut, 1971):

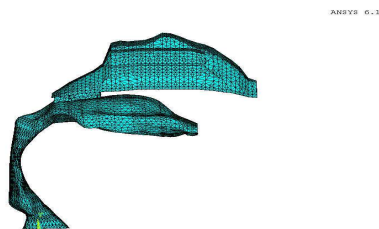
$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} - \frac{1}{c_0^2} \cdot \left(\frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} + \frac{r_s}{\rho} \cdot \frac{\partial \phi}{\partial t} \right) = 0. \quad (1)$$

3. Porovnání výsledků s 3D MKP modelem

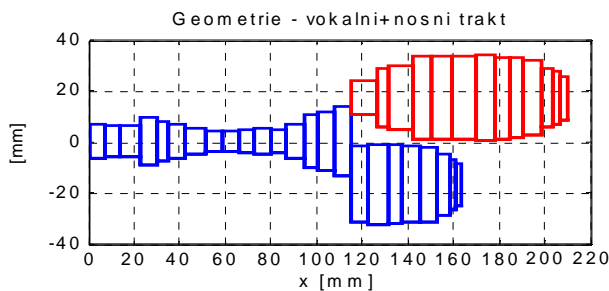
Výsledky získané pomocí 1D modelu traktu byly porovnány s výpočtem pomocí 3D MKP modelu (Vampola et al., 2005). Oba modely jsou na Obr.1 a 2. Uvažována byla velikost propojení nasální a ústní dutiny daná plochou $S = 134 \text{ mm}^2$. Geometrie vokálního traktu odpovídá fonaci české samohlásky /a/.

* Ing. Vojtěch Radolf, Ing. Jaromír Horáček, DrSc.: Ústav termomechaniky, Akademie věd ČR; Dolejškova 5; 182 00 Praha 8; tel.: +420.266 053 783, +420.286 890 383; e-mail: radolf@it.cas.cz, jaromirh@it.cas.cz

** Dr.Ing. Tomáš Vampola: Ústav Mechaniky, Fakulta Strojní, ČVUT v Praze; Karlovo náměstí 13; 121 35 Praha 2; tel.: +420.224 357 244; e-mail: tomas.vampola@fs.cvut.cz

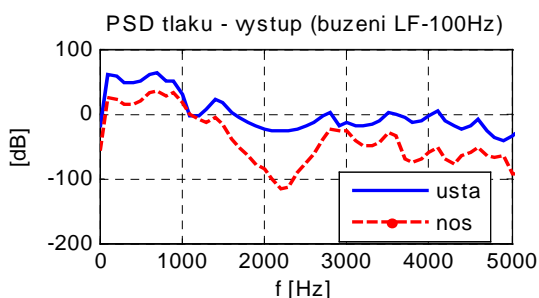


Obr.1 - 3D model vokálního a nosního traktu pro výpočet MKP

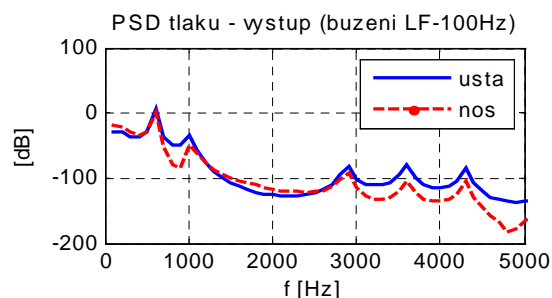


Obr.2 – 1D model vokálního a nosního traktu pro výpočet MPM

Obálky spektrální výkonové hustoty akustického tlaku na výstupu traktu při buzení L-F pulsy jsou na Obr.3 a 4. Je zda patrná shoda vlastních frekvencí až do 3,5 kHz kromě frekvence 1400 Hz.



Obr.3 – Spektrální výkonová hustota akustického tlaku na výstupu, 3D MKP



Obr.4 – Spektrální výkonová hustota akustického tlaku na výstupu, 1D MPM

4. Závěr

Byl proveden výpočet akustických charakteristik mužského vokálního traktu ve spojení s nosním traktem jednodimensionální metodou přenosových matic. Model byl sestaven pro samohlásku /a/ pomocí válečkových elementů. Při výpočtu byly uvažovány frekvenčně závislé viskózní ztráty a vyzařovací impedance pro šíření od úst do okolního prostředí. Vypočtená odezva na širokopásmové buzení a spektrum výstupního signálu bylo porovnáno s výsledky získanými 3D MKP modelem. První, druhý, čtvrtý a pátý rezonanční vrchol vypočtený 3D MKP modelem odpovídají prvním čtyřem rezonančním vrcholům vypočteným 1D modelem. 1D model však nepostihne třetí rezonanční vrchol a všechny nad 3,5 kHz, kdy dochází k příčným tvarům kmitu.

5. Poděkování

Příspěvek byl zpracován díky podpoře grantového projektu GA ČR 106/04/1025 „Modelování vibroakustických systémů se zaměřením na vokální trakt člověka“.

6. Literatura

- Merhaut, J. (1971) Teoretické základy elektroakustiky, Academia, Praha
 Vampola, T., Horáček, J., Veselý, J., Vokřál, J. (2005) Modelling of influence of velopharyngeal insufficiency on phonation of vowel /A/, in: PROCEEDINGS Models and analysis of vocal emissions for biomedical applications, (C. Mafredi ed.), FIRENZE UNIVERSITY PRESS, pp.43-46

INVERSE ANALYSIS OF LOADING OF THE WALKING UNDERCARRIAGE FRAME OF GIANT MACHINE ZP 10000

Z. Ramík*, D. Lehký, S. Vejvoda*, D. Novák ****

Summary: *The paper deals with inverse analysis of loading the frame of walking undercarriage of the giant machine for the development of brown coal on the open mine Bilina. Artificial neural network has been trained using virtually simulated random loading and displacements based on the undercarriage frame model. Elastic model containing shell and 3D elements was developed using FEM program SYSTUS. Measured data by certified IAM Laboratory was used.*

1. Zakladač a identifikace zatížení roštu kráčejiho podvozku

Rošt kráčejiho podvozku zakladače ZP 10000 patří k nejvíce namáhaným částem velkostroje pracujícího na dole Bílina. Rošt kráčejiho podvozku je ve střední části ocelové konstrukce. Podkladem k posouzení zbytkové životnosti zakladače ZP 10000 byl komplex měření realizovaný akreditovanou zkušební laboratoří ÚAM Brno.



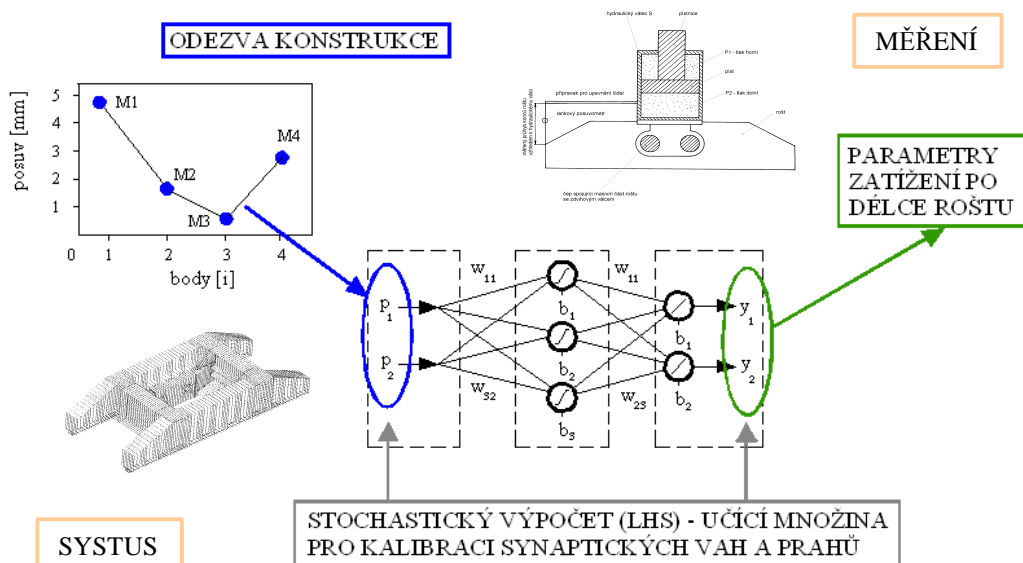
Obr. 1 Celkový pohled na zakladač ZP 10 000

Identifikace skutečného zatížení roštu hlavního podvozku byla provedena využitím inverzní analýzy umělými neuronovými sítěmi. Neuronové sítě byly trénovány na základě analýzy vazeb mezi měřenými veličinami a vypočtenými posuvy od jednotkových zatížení modelu podpěry roštu podvozku. Podpěry roštu podvozku byly řešeny na MKP modelu zahrnujícím skořepinové a 3D elementy programem SYSTUS.

Schema metody identifikace skutečného zatížení roštu podvozku je zobrazeno na obr.2. Měření posuvů, analýza vstupních dat, model podpěry roštu podvozku MKP programu SYSTUS a metoda inverzní analýzy použitím software FReET a DLNNET jsou blíže popsány v nezkrácené verzi článku.

* Ing. Zdeněk Ramík, Prof. Ing. Stanislav Vejvoda, CSc.: Ústav aplikované mechaniky Brno, s.r.o.; Veveří 95; 611 00 Brno; tel.: +420541212429, fax: +420541211189; e-mail: ramikz@uam.cz, uam@uam.cz

** Ing. David Lehký, Prof. Ing. Drahomír Novák, DrSc.: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební; Veveří 95; 602 00 Brno; tel.: +420541147361, fax: +420541147360; e-mail: lehky.d@fce.vutbr.cz



Obr. 2 Schema identifikace skutečného zatížení roštu kráčejičho podvozku inverzní analýzou umělými neuronovými sítěmi

2. Závěr

FEM výpočtový model podvozku zakladače byl použit spolu se statistickou simulací Monte Carlo a umělými neuronovými sítěmi pro identifikaci rozložení zatížení na podvozek zakladače. Vytvořené nástroje byly verifikovány na experimentálně vytvořených datech zahrnující mezní možné varianty zatížení podvozku. Verifikace potvrdila účinnost inverzní analýzy pomocí umělých neuronových sítí. Byly tak vytvořeny nástroje s jejichž pomocí je možné na základě skutečně změřených posuvů určit rozložení zatížení (včetně parametrů variability). To bude předmětem dalších prací, tak aby bylo v konečné fázi možno kvantifikovat spolehlivost konstrukce podvozku zakladače.

3. Poděkování

Práce vznikla v souvislosti s projektem FT-TA2/008, realizovaným za finanční podpory z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva průmyslu a obchodu a projektu GAČR 103/04/2092.

4. Literatura

- Floryán J., Vejvoda S., Valenta M., Liška K. (2005) Stanovení zbytkové životnosti ZP 10000 na základě provozního měření. Etapa 3.3 c), d), e), f). Revize měřicího systému. Vyhodnocení měřených dat. *Závěrečná zpráva o měření. Zpráva ÚAM Brno*, arch.č. 3725/05.
- Novák, D. & Lehký, D. (2005) Inverse FEM analysis I: Stochastic training of neural network. *Inženýrská mechanika 2005*, Svratka, Česká republika.
- Ramík, Z. (2005) Verifikované postupy stanovení technického života dynamicky zatěžovaných konstrukcí. Etapa 5a. Metodika pro nalezení vztahu mezi napětím (poměrné deformace) v místě upevněného čidla a měřenými daty.

SHAPE SENSITIVITY ANALYSIS FOR FLOW OPTIMIZATION IN CLOSED CHANNELS

E. Rohan, R. Cimrman ¹

Summary: *The paper deals with the shape sensitivity analysis of the steady viscous incompressible fluid flow in a curved closed channel. The objective function which is analyzed is aimed at reducing nonuniformity of the outlet stream in the control domain Ω_C . Although the sensitivity formulae for this situation were issued in [Mohammadi and Pironneau 2001] using the boundary integral technique, we use the material derivative technique in the domain approach, see e.g. [Haslinger and Neittaanmaki 1988, Haug et al. 1986]; this leads to more accurate sensitivities in comparison with the boundary integral technique.*

The fluid problem is defined in an open bounded domain $\Omega \subset \mathbb{R}^3$ which is decomposed in two parts: Ω_C is the *control domain* (where the objective function is evaluated) and Ω_D is the *design domain*, both separated by interface $\Gamma_C \subset \partial\Omega_C$, where in general $\partial\Omega \cap \partial\Omega_C \neq \emptyset$, see Fig. 1. The shape of Ω_D is modified exclusively through the *design boundary*, $\Gamma_D \subset \partial\Omega_D \setminus (\Gamma_{in-out} \cup \Gamma_C)$ where $\Gamma_{in-out} \subset \partial\Omega$ is the union of the “inlet-outlet” boundary of the channel; in general Γ_{in-out} consists of two disjoint parts, $\Gamma_{in-out} = \Gamma_{in} \cup \Gamma_{out}$.

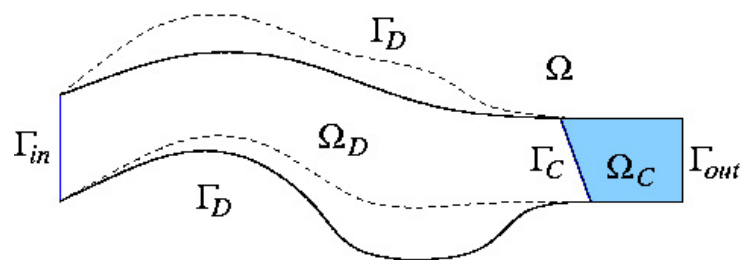


Figure 1: The decomposition of domain Ω , control domain Ω_C at the outlet sector of the channel.

In the full paper we present sensitivity analysis for steady incompressible flow problems. The shape sensitivity formulae are derived using the domain approach based on the material derivative, so that computation of gradients of velocities on boundaries is avoided. This allows for using lower order finite element approximation for achieving standard accuracy in the design

¹ Doc. Dr. Ing. Eduard Rohan, Ing. Robert Cimrman, PhD., Department of Mechanics, Faculty of Applied Sciences, University of West Bohemia in Plzeň, Univerzitní22, 306 14 Plzeň, tel. +420 377 63 23 20, e-mail rohan@kme.zcu.cz

gradients with respect to usual comparison with the finite difference calculations. We implemented the sensitivity procedures within our in-house code, however the testing was performed and is presented for the Stokes problem only; to overcome this temporary restriction we need to improve further our algebraic solver for the Navier-Stokes system.

We suggest to use the Free-Form Deformation (FFD) technique for manipulating the design boundary and the mesh deformation at the same time (examples to be presented at the conference). This approach enables to obtain in an easy way the *design velocity fields* employed in evaluating the sensitivity formulae of the domain method. As another advantage, such treatment is independent of the geometrical description of the “original” (initial) body, i.e. the surface of the channel in our case. Moreover, we have developed further the FFD approach in the sense of decomposing the design space (in 3D) into so-called sub-boxes which make possible to localize the design changes with a reduced number of design variables. On the other hand, it requires some more care regarding the continuity and smoothness constraints imposed on the design variables. Therefore, further research will be focused in this respect, which may bring this tool in industrial application (an engine exhaust piping).

Acknowledgment

This research was supported by the project “Materiály a komponenty pro ochranu životního prostředí”, MSMT 1M06031.

References

- [Haslinger and Neittaanmaki 1988] Haslinger, J., Neittaanmaki, P. (1988) *Finite Element Approximation for Optimal Shape Design*. J. Wiley, Chichester.
- [Haug et al. 1986] Haug, E.J, Choi, K.K., Komkov, V. (1986) *Design Sensitivity Analysis of Structural Systems*, vol. 177, Math. in Sci. and Engrg., Academic Press.
- [Hoschek and Lasser 1989] Hoschek, J., Lasser, D. (1989) *Grundlagen der geometrischen Datenverarbeitung*. Teubner Verlag, Stuttgart.
- [Mohammadi and Pironneau 2001] Mohammadi, B., Pironneau, O. (2001) *Applied Shape Optimization for Fluids*, Oxford Science Publications, Oxford.
- [Rohan and Whiteman 2000] Rohan, E., Whiteman, J.R. (2000) Shape optimization of elastoplastic structures and continua. *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.*, 187:261–288.
- [Rohan 2003] Rohan, E. (2003) Sensitivity strategies in modelling heterogeneous media undergoing finite deformation. *Math. and Computers in Simul.*, 61:261–270.
- [Rohan and Miara 2006] Rohan, E., Miara, B. (2006) Homogenization and shape sensitivity of microstructures for design of piezoelectric bio-materials. (accepted for publication in *Mechanics of Advanced Materials and Structures*).
- [Samareh 2000] Samareh, J. A. (2000). Multidisciplinary Aerodynamic-Structural Shape Optimization Using Deformation (MASSOUD), AIAA-2000-4911. (8th AIAA/NASA/USAF/ISSMO Symposium on Multidisciplinary Analysis and Optimization, September 6-8, 2000/Long Beach, CA.)

VISCOELASTICITY AND GROWTH THEORY

J. Rosenberg^{*}, L. Hynčik^{*}

Summary: *The paper shows how to explore the mathematical model of growth and remodeling for description of both visco-elastic behavior of continua and simulation of muscle contraction. The mentioned algorithm accommodates a lot of material parameters and functions (deformation energy, remodeling force) that are necessary to choose in order to the results to be in correspondence to the experimental data. However, this model is able to be considered more physically based than other, purely phenomenological models. The goal of the paper is not to find real parameters but to show the possibilities and qualitative match with known results.*

1. Úvod

Tento příspěvek je věnován jednak rozšíření aplikace pasivního růstu na popis viskoelastického chování materiálů obecně a dále na popis chování svalového vlákna. Tato aplikace vychází z myšlenky, že svalová akce není nic jiného, než remodelace probíhající na základě jistého aktivačního procesu v relativně krátkém čase oproti remodelaci tkání v průběhu vývoje. V příspěvku je stručně nastíněna základní teorie růstu která je pak aplikována na viskoelastické 1D kontinuum a posléze na svalové vlákno Hillova typu.

2. Teorie růstu a remodelace

Východiskem je počáteční konfigurace B_0 , jež „roste“, tj. mění svůj objem či materiálové parametry. Tento růst je vyjádřen růstovým tenzorem \mathbf{P} , jenž zobrazuje počáteční konfiguraci do konfigurace relaxované B_r s nulovým vnitřním napětím. Do reálné konfigurace B_t , v níž již může existovat vnitřní napětí vyvolané růstem a vnějším zatížením, ji pak zobrazuje deformační tenzor \mathbf{F}_r .

$$\text{Div } \boldsymbol{\tau} + \mathbf{b} = \mathbf{0} \text{ na } B_0, \quad \mathbf{B} + \mathbf{C} = \mathbf{0} \text{ na } B_0, \quad \hat{\boldsymbol{\tau}} \mathbf{n} = \boldsymbol{\tau} \mathbf{n} \text{ na } \partial B_0$$

$\boldsymbol{\tau}$ je Cauchyho tenzor napjatosti, \mathbf{b} je objemová síla, \mathbf{B} vnitřní remodelační zobecněná síla a \mathbf{C} vnější nemodelační zobecněná síla, $\hat{\boldsymbol{\tau}} \mathbf{n}$ je předepsané napětí na hranici oblasti, \mathbf{n} je vektor vnější normály.

^{*} Prof. Ing. Josef Rosenberg, DrSc., Ing. Luděk Hynčik, Ph.D.: Katedra mechaniky, Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň; tel.: +420 377 632 325, fax: +420 377 632 302; e-mail: rosen@kme.zcu.cz, hyncik3@ntc.zcu.cz

3. Viskoelastické 1D kontinuum

Uvažujme 1D kontinuum o počáteční délce l_0 . Jeho aktuální délka necht' je l . Relaxovaná – tedy po realizovaném růstu – délka je označena l_r . Pro relaxaci volíme $l = konst.$ Pro relaxovanou délku platí vztah

$$\dot{l}_r = l_r \frac{\frac{k}{2}l^2 - \left(C + \frac{k}{2}\right)l_r^2}{g l_r^2 + h l^2} \quad \text{a} \quad \tau = k \left(\frac{l}{l_r} - 1\right) + h \left(\frac{l}{l_r}\right)^\bullet.$$

Jednoduchou analýzou lze zjistit fyzikální význam konstant. Pro creep zvolíme $\tau = konst.$ Pro rychlost růstu získáme vztah

$$g \dot{l}_r = \left[\frac{l}{l_r} \tau - \frac{1}{2} k \left(\frac{l}{l_r} - 1\right)^2 - C \right] l_r \quad \text{a} \quad \tau = k \left(\frac{l}{l_r} - 1\right) + h \left(\frac{l}{l_r}\right)^\bullet.$$

4. Model svalového vlákna

Klasický Hillův model svalového vlákna je založen na myšlence propojení pružných a viskozních elementů aktivním elementem jenž odpovídá jevům, ke kterým dochází mezi aktinem a myosinem ve svalových buňkách. Tyto jevy jsou řízeny vnějšími vlivy ať už to je deformace okolní tkáň, vnější elektrický signál či nervový signál. Tomuto modelu přirozeně odpovídá v předchozím uvedený 1D model pasivního růstu, jenž popisuje viskoelastické chování, doplněný o aktivní kontrolu pomocí tzv. vnějšího nemodelačního účinku. Pro **izometrickou kontrakci** ($l = konst.$) platí vztah

$$\dot{l}_r = l_r \frac{\frac{k}{2}l^2 + \left(C(t) - \frac{k}{2}\right)l_r^2}{g l_r^2 + h l^2} \quad \text{a} \quad \tau = k \left(\frac{l}{l_r} - 1\right) - k \frac{l \dot{l}_r}{l_r^2}.$$

Pro **izotonicou kontrakci** ($\tau = konst.$) platí soustava rovnic

$$\dot{l}_r = \frac{l_r}{g} \left[\frac{1}{2k} (\tau + k)^2 - \left(C(t) + \frac{k}{2}\right) - \frac{\tau^2}{2k} e^{-\frac{2k}{h}t} \right] \quad \text{a} \quad l = \frac{l_r}{k} \left(\tau + k - \tau e^{-\frac{k}{h}t} \right).$$

5. Závěr

V příspěvku bylo ukázáno, že lze využít matematický model růstu a remodelace jak pro popis viskoelastického chování kontinua tak i pro simulaci svalové kontrakce. Významná je role vnějšího remodelačního účinku. Uvedený algoritmus obsahuje samozřejmě řadu materiálových parametrů i volitelných funkcí, které je třeba volit tak, aby výsledek odpovídal experimentálním datům. Přesto lze jej považovat za model více fyzikálně podložený než jiné, čistě fenomenologické modely. Příspěvek se nekladl za cíl nalézt reálné parametry, nýbrž se snažil ukázat možnosti a kvalitativní shodu se známými výsledky.

6. Poděkování

Práce vznikla za finanční podpory Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy v rámci projektu MŠMT 4977751303.

EXPERIMENTAL SYSTEM FOR THE SMALL AIRCRAFT PROPELLER TESTING

D. Rozehnal*

Summary: *This paper describes the testing stand and the method of measurement of aerodynamic characteristics of the propellers. The discussed method allows to get aerodynamic characteristics for static as well as for dynamic regions and is extremely quick and cheap. The results of testing are presented.*

1. Úvod

Informace o aerodynamických charakteristikách leteckých vrtulí jsou nedílnou součástí jakéhokoliv návrhu nově vyvíjeného nebo modifikovaného vrtulového letounu. Znalost těchto aerodynamických charakteristik vrtulí nachází praktické uplatnění při stále častějším využívání bezpilotních prostředků nejen ve vojenském, ale i civilním sektoru použití. Pohonné vrtule s průměrem kolem 500mm, které tyto prostředky používají, patří svým průměrem do letecko modelářských aplikací. Vážným problémem při výběru a používání těchto vrtulí je právě absence jejich aerodynamických charakteristik.

2. Zkušební zařízení - měřicí stand

Zkušební zařízení pro měření aerodynamických charakteristik vrtulí je umístěné v cirkulačním aerodynamickém tunelu s otevřeným měřicím prostorem, viz. obr. 1. Měřicí stanoviště je plně automatizované a umožňuje měřit jak statické, tak i dynamické aerodynamické charakteristiky vrtulí. Vrtule byla uchycena na pohonnou jednotku do měřicího standu a ten byl umístěný do měřicího prostoru aerodynamického tunelu obr. 1. Po nastavení příslušných otáček vrtule je plynule zvyšována rychlost proudu v aerod. tunelu tak, až je na vrtuli dosaženo režimu nulového tahu, resp. kdy se vrtule dostane do režimu brždění. Hlavní výhodou tohoto způsobu vyhodnocování jsou časové a energetické úspory při měření.

Parametry měřicího standu motoru s vrtulí

Výkon elektromotoru -plynule regulovaný	P_{out} do 2,1kW při 7000ot/min
Průměr měřených vrtulí	do 20" tj. 0,5m
Rozsah měření tahu vrtule	do 250 N
Rozsah měření točivého momentu	do 12,0 N•m

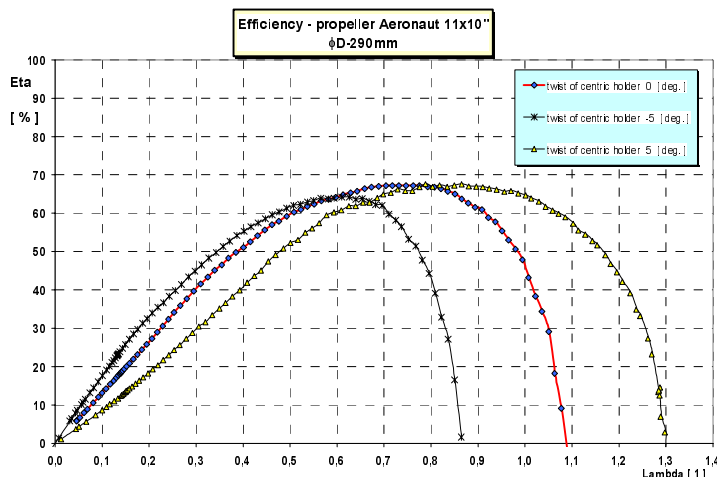
* Dalibor Rozehnal, Engineer, Ph.D.: University of Defence Brno, Department of Aircraft and Rocket Techniques, Kounicova 65, 612 00 Brno, Czech Republic, E-mail: dalibor.rozehnal@unob.cz, tel.+420-973 44 5161



Obr. 1 Stend s vrtulí v měřicím prostoru AT, ukázka měřených vrtulí

3. Výsledky měření

Rozsah maximálních účinností byla ve všech třech proměřovaných variantách středového unášeče v rozsahu od 65% do 68%. Vhodné použití nalezne tato vrtule na letounech, kde je prioritním požadavkem tichý chod - nízké otáčky vrtule při požadované letové rychlosti, dlouhý dolet, resp.. dostatečná vytrvalost letu.



Diag. 1 Účinnost vrtule Aeronaut 11"x10"

správné naladění celé pohonné jednotky je nezbytné podrobněji specifikovat dominantní požadavky kladené na bezpilotní prostředek a to nejen z pohledu letových výkonů, ale i způsobu startu.

5. Literatura

- [1] Alexandrov V.L.: Letecké vrtule. SNTL, Praha 1954.
- [2] Rozehnal D.: Měření aerod. charakteristik dřevěných leteckých vrtulí. BOMI. Interní zpráva VA, Brno 2002:
- [3] Selig M.S., Donovan J.F., Fraser D.B.: Airfoils at low speeds. Stokely H.A, Virginia Beach 1989.
- [4] Švéda J., Salga J., Hoření B.: Návrhové výpočty aerodynamických charakteristik vrtulí V 509, V 518 a jejich modifikací. Zpráva VAAZ/636, Brno 1981.

4. Závěr

Nově vybudované zkušební zařízení na měření a zkoušení aerodynamických charakteristik vrtulí, rozšiřuje významně vědeckou výzkumnou kapacitu školy. Své využití nachází nejen při měření a testování samostatných vrtulí, ale i celých kompletů malých vrtulových pohonných jednotek včetně jejich zainstalování do letounu.

Dosažené parametry testovaných vrtulí, viz diag. 1, odpovídají teoretickým předpokladům. Pro

EVALUATION OF GEOMETRICAL PROPERTIES OF AGGREGATE PARTICLES

D. Rypl¹

Summary: *The present paper deals with the evaluation of geometrical properties of aggregate particles. Initially, a smooth representation of the aggregate particle shape is recovered from its digital voxel based representation using the expansion into spherical harmonic functions. Then the geometrical properties, including volume, surface area, moments of inertia, and curvature, are evaluated using numerical integration of appropriate analytical terms. The advantage of this approach consists in the fact that it unifies the approach for the evaluation of geometrical properties and that it allows to evaluate important properties such as the curvature or surface area, which cannot be reliably assessed from the digital representation.*

1. Introduction

Many concrete properties are dependent on the shape and consequently also on the geometrical properties of aggregate particles. However, the accurate evaluation of these geometrical properties is not straightforward due to rather difficult mathematical characterization of aggregate particles of random shape. The realistic description of random particles is therefore a necessary prerequisite for proper evaluation of geometrical properties of aggregate particles and for their incorporation into computational models representing concrete as a multiscale random composite material with realistically described aggregates.

2. Representation of aggregate particle

Modern tomographic scanning devices offer a powerful nondestructive technique for the digital description of opaque solid objects. However, the resulting voxel based representation of the object is not always appropriate for further processing. Huge amount of data related to digital images of high resolution makes dealing with this representation quite cumbersome and its step-wise character complicates its integration into computational models. In the present work, the digital representation (see Figure 1) is first used to derive a smooth representation (see Figure 2) of the aggregate particle using the expansion into spherical harmonic functions [Garboczi 2002]. Although this representation is not universal (it implies that the aggregate particle is of star-like

¹ Doc. Dr. Ing. Daniel Rypl, Department of Mechanics, Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University in Prague, Thákurova 7, 166 29, Prague 6, Czech Republic, tel. +420 224 354 369, e-mail drypl@fsv.cvut.cz

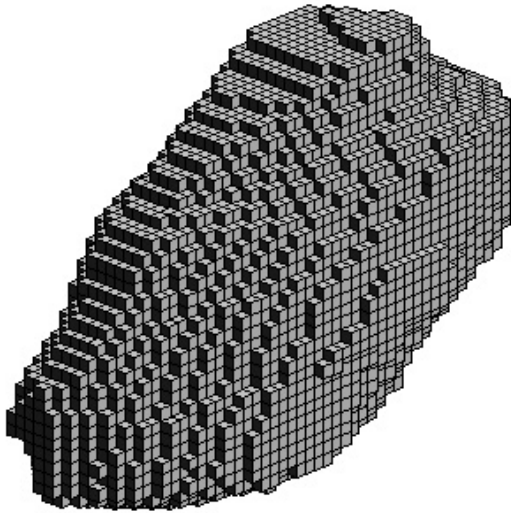


Figure 1: Digital representation of the aggregate particle.

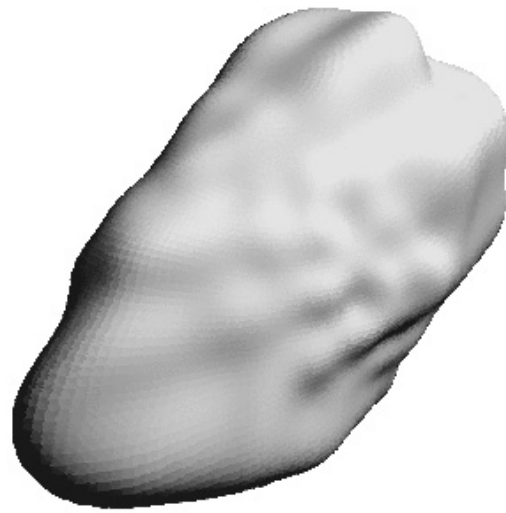


Figure 2: Representation of the aggregate particle by the spherical harmonic expansion.

shape with no internal voids) it is suitable for almost all aggregates used in structural concrete. The significant advantage of this approach is that the resolution of the smooth representation can be flexibly controlled (within the resolution of the original digital representation) by the number of terms in the expansion and that it allows to describe aggregate particles by relatively low number of parameters. This makes this technique attractive for computational models handling large number of aggregate particles. Moreover, the smooth representation enables also a simple evaluation of many geometrical properties of aggregate particles, such as volume, surface area, moments of inertia, and curvature, which can be obtained by numerical integration of appropriate analytical terms.

3. Conclusions

The description of geometrical shapes using the spherical harmonic expansion offers a flexible and powerful tool for the representation of aggregate particles. Contrary to the digital voxel based representation, it is much less memory demanding and enables a simple and reliable evaluation of many geometrical properties. These properties can be used for the classification of aggregate particles according to their morphological aspects and eventually for building an aggregate database.

4. Acknowledgment

This work was supported by the Grant Agency of Czech Republic project No. 103/05/2315.

5. References

[Garboczi 2002] Garboczi, E.J. 2002: Three-dimensional mathematical analysis of particle shape using X-ray tomography and spherical harmonics: Application to aggregate used in concrete. *Cement and Concrete Research*, vol. 32, 1621–1638.

VALIDATION AND OPTIMIZATION OF ISO CONTAINER FOR DYNAMIC LOAD AT TRANSPORT

I. Sedlák*, H. Konečná*

Summary: *The contribution addresses static and dynamic calculation of vessel container in ISO frame of ICC type. The container must be designed in such a way to withstand the effects of inertial forces appearing at its transport. The results of the optimization and design modifications were verified by practical tests.*

1. Popis problému

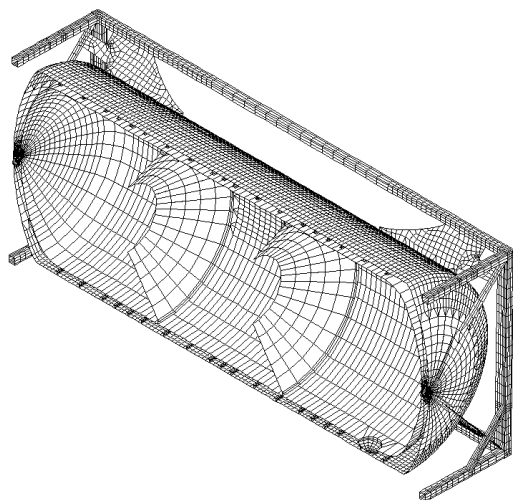
Posuzovaný ISO kontejner ICC-20-E-10 představuje dvouplášťovou přepravní vakuově izolovanou nádobu umístěnou v rámové konstrukci, určenou k transportu zkapalněných kryogenních plynů. Výrobce původně navržený kontejner nevyhověl při ověřovacích zkouškách. Cílem řešení bylo odhalit kritická místa konstrukce a navrhnout potřebné konstrukční úpravy, resp. nalézt možné úspory její hmotnosti. S ohledem na charakter řešené úlohy bylo nutné provést pevnostní, tuhostní a stabilitní kontrolu konstrukce. Předpokládaná kritická místa konstrukce byla především v oblastech uložení nádob. Při modelování zatížení se vycházelo z požadavků předepsaných v ADR a v ISO 1496-3.

2. Výpočtový MKP model ISO kontejneru

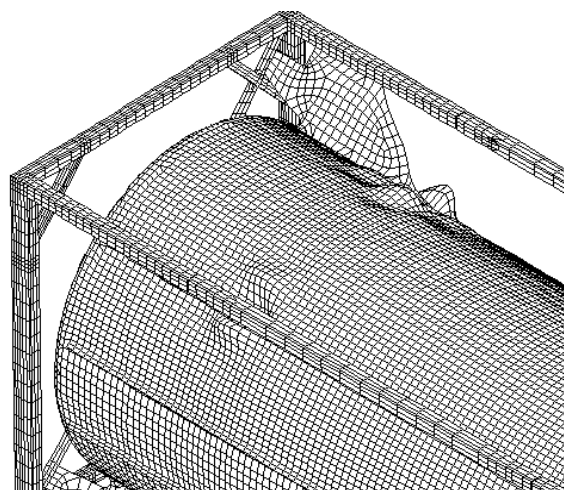
Na základě poskytnuté výkresové dokumentace byl vytvořen kompletní MKP model ISO kontejneru. Pro modelování jednotlivých částí konstrukce byly použity prvky skořepinové, objemové a kontaktní. Model byl vytvořen v souladu s požadavky zadání tak, aby umožnil věrohodné posouzení jednotlivých zatížení vycházejících z ADR a ISO 1496-3. Pro vlastní řešení bylo použito nelineárního modulu programu COSMOS/M a Newton-Raphsonova metoda. Pro vyhodnocování napětí ve skořepinových prvcích byla využita Trescova pevnostní teorie. Finální model byl tvořen 59 837 prvky a z toho bylo 800 prvků kontaktních. Řešená úloha vedla na řešení soustavy 34 3752 rovnic. Vlastní výpočet s ohledem na poměrně velký počet zatěžovacích stavů, limitovaný čas a potřebu testování možných konstrukčních úprav byl poměrně náročný. Výpočtový model kontejneru je na obr.1. Na obr. 2 je řešení stabilitní úlohy pro $a_x = 2g$.

* Ing. Ivan Sedlák, Ph.D.: Univerzita obrany v Brně, Fakulta vojenských technologií, Katedra strojírenství, Kounicova 65, 612 00 Brno; tel.: +420 973 443 583; E-Mail: ivan.sedlak@unob.cz

* Ing. Hana Konečná, Ph.D.: Univerzita obrany v Brně, Fakulta vojenských technologií, Katedra strojírenství, Kounicova 65, 612 00 Brno; tel.: +420 973 443 583; E-Mail: hana.konecna2@unob.cz



Obr. 1 Výpočtový model



Obr. 2 Stabilita – deformace

3. Zatěžovací stavy vycházejících z ADR a ISO 1496-3

Z principu konstrukce ISO kontejneru nebylo nutné modelovat teplotní zatížení. Kontejner musí odolat statickému zatížení ekvivalentnímu dynamickému účinku setrvačných sil za současného působení tlaku, zkouškám stohováním, zdvínáním a vykazovat dostatečnou vnější a vnitřní podélnou i příčnou odolnost. Pro výpočtové potřeby se podařilo získat akcelerogram reálné zkoušky a pomocí něho bylo provedeno srovnání napětí získaného statickým výpočtem s napětím vzniklým modelováním dynamické zkoušky. Pro zatížení pouze $a_x = g$ vyšla maximální intenzita napětí σ_{int} pro celou konstrukci větší o 29% a např. pro plášť vnější nádrže o 34%. Pro posouzení ovšem bylo podstatné zjistit, jak se budou lišit napětí statického a dynamického řešení při maximálním provozním zatížení kontejneru. Maximální hodnota intenzity napětí pro celou konstrukci vyšla oběma postupy téměř shodně, ale např. pro plášť vnější nádrže dával dynamický výpočet hodnotu o 23% vyšší. Se skutečností, že při vlastní dynamické zkoušce nastanou u některých komponent konstrukce napěťové špičky vyšší než podle ADR a ISO 1496-3, je třeba při posuzování počítat. Na základě výsledků výpočtu byla realizovány potřebné konstrukční úpravy.

4. Závěr

Výpočtem pomocí MKP se podařilo úspěšně optimalizovat konstrukci kontejneru, který je v současné době schválen a zhruba jeden rok v provozu. Vlastní úloha byla řešena ve spolupráci s firmou KPSAG, která byla zadavatelem úkolu a provedla pevnostní, stabilitní a únavové posouzení řešené konstrukce. Při řešení dané úlohy se jednoznačně ukázalo, že nelze vystačit pouze se statickým řešením daného problému.

5. Poděkování

Příspěvek byl podpořen výzkumným záměrem MO0FVT0000404 Výzkum a vývoj moderních materiálů a technologií pro aplikace ve vojenské technice.

CONTRIBUTION TO THE SIMULATIONS OF FLOW DURING DRIVER'S CABIN VENTILATION

M. Schuster *

Summary: *This paper deals with industrial application of CFD numerical method to the prediction of flow situation in a cabin model. Several versions of air-exhauster and air-return grille location were calculated to obtain flow distribution in the cabin. The results of simulations were confronted with the values of standards. The paper brings a short discussion about boundary condition type setting in order to obtain more accurate results.*

1. Úvod

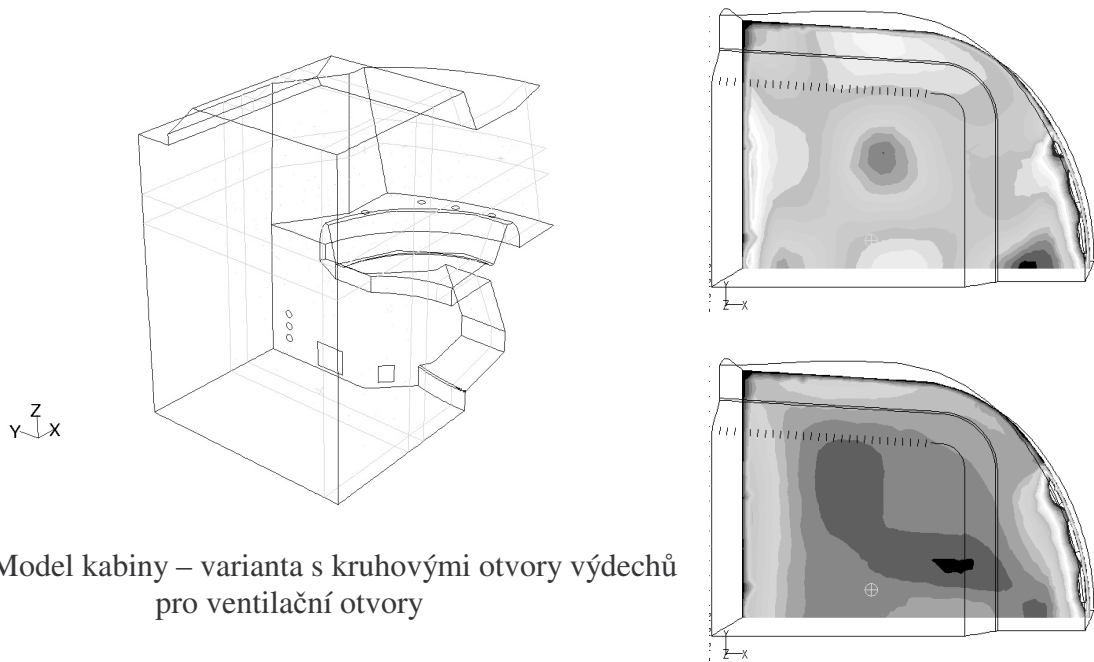
Příspěvek je zaměřen na řešení proudění vzduchu v prostoru modelu kabiny strojvůdce. Parametry proudění a ventilace v několika variantách provedení vnitřního prostoru kabiny byly počítány pomocí CFD program FLUENT. Výpočty pro ověření variant uspořádání ventilačních otvorů byly provedeny v modelu kabiny tvarově a rozměrově vycházející z tvaru kabiny prototypu elektrické lokomotivy ŠKODA.

2. Výpočty ventilace kabiny

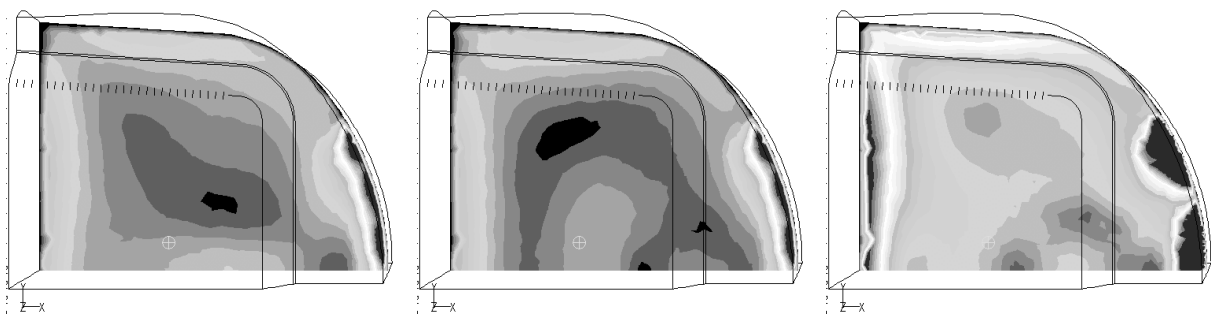
Cílem úkolu pro numerické simulace prezentované v příspěvku bylo zjistit rozložení tlakových a rychlostních polí v modelu kabiny pro větší množství různých kombinací ve velikosti, tvaru a umístění ventilačních otvorů na povrchu řídicího pultu kabiny. Vypočítané hodnoty rychlostí vzduchu v navržených variantách modelu byly porovnávány s hodnotami uvedenými v normách (např. UIC 651) – pro kontrolní oblast vymezující polohu hlavy strojvůdce v kabině (obr. 1) je hodnota rychlosti v intervalu 0,1 – 0,3 m/s a nesmí převýšit 0,5 m/s.

Používaný sestavený výpočtový model (ve formě datového souboru s údaji o výpočtové oblasti, o síti, o parametrech okrajových podmínek a iteračního procesu) umožňoval velkou variabilitu ve volbě velikosti a polohy ploch ventilačních otvorů pouhou záměnou typu okrajové podmínky na vybrané ploše, v případě modelu poloviny kabiny byla podmínka „symmetry“ v rovině symetrie a podle návrhu ventilačního okruhu na vstupu do výpočtové oblasti byla v plochách výdechových otvorů podmínka („mass-flow inlet“ nebo „velocity inlet“) s hodnotou dodávaného množství vzduchu z vybrané klima-jednotky.

* Dr. Ing. Milan Schuster: ŠKODA VÝZKUM s.r.o., VMS – Mechanika tekutin; Tylova 1/57; 316 00 Plzeň;
tel.: +420.378 182 209, fax: +420.378 182 217; e-mail: milan.schuster@skoda.cz



Obr. 1 Model kabiny – varianta s kruhovými otvory výdechů pro ventilační otvory



Obr. 2 Ilustrativní výsledky rozložení hodnot rychlosti proudění v horizontální rovině kabiny

Numerické simulace umožnily propočítat rozložení rychlostí ve velkém počtu variant uspořádání ventilačních otvorů a tím rychle reagovat na konkrétní požadavky konstruktérů při výběru optimálního řešení vyhovující předepsaným normám.

3. Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci řešení úkolů Výzkumného centra kolejových vozidel, které je podporováno MŠMT ČR (projekt č. 1M0519).

4. Literatura

- Schuster, M. (2005a) Proudění v interiéru kolejových vozidel, in: *sborník konference "55 let Fak. stroj. VŠB"*, (editor L. Hružík), VŠB – TU, Ostrava, str. 161 - 166
- Schuster, M. (2005b) Ventilace kabiny strojvůdce, in: *Proc. 21st Conf. with Int. participation Computational mechanics* (editor J. Vimmr), ZČU, Plzeň, str. 535 – 542

ANALYSIS OF VIBRATION POWER GENERATOR

V. Singule^{*}, Z. Hadaš^{**}, Č. Ondrůšek^{***}

Summary: *The paper deals with possibility of feeding wireless sensors using energy harvesting methods. The vibration generator generally consists of a resonance mechanism and an energy transducer. Individual principles and designs of vibration generators are suitable for other nature of ambient vibration and required output power. This paper briefly explains the principles of different vibration generators for harvesting electrical energy from ambient vibration. Further, power analysis of a generic vibration generator is created and design principles of vibration generator are compared for different nature of ambient vibration.*

1. Úvod

Článek se zabývá možností využití všudypřítomné okolní energie k napájení bezdrátových senzorů. Okolní energie je zajímavý zdroj energie pro bezdrátové senzory, kde není možné s nějakého důvodu využít napájení baterii, rozsah pracovní teploty, životnost atd. Nejznámějším a nejvyužívanějším zdrojem okolní energie je solární energie, ale lze využít i dalších zdrojů okolní energie (rozdílu teplot, proudění různých medií, pasivního lidského chování, mechanických vibrací atd.) k získávání energie pro různé autonomní systémy a senzory. Pokud se v okolí napájeného zařízení vyskytuje nějaká forma dostatečné okolní energie, je velmi zajímavé ji využít k napájení a tak se vyhnout ne vždy vhodnému použití baterií. Tento způsob napájení je vhodný pro napájení bezdrátových senzorů umístěných v nepřístupných místech strojních soustav a nebo přímo do vnořených a nepřístupných struktur, např. konstrukce strojních soustav, stavby atd.

Velmi zajímavý zdroj okolní energie jsou mechanické vibrace, které se vyskytují u většiny strojních soustav. Pro generování elektrické energie lze použít několik fyzikálních principů přeměny mechanické energie na elektrickou energii. Naším cílem je analyzovat množství generované elektrické energie pomocí vibračního generátoru, který je buzen okolními vibracemi. Tato analýza je použita při návrhu konstrukce vibračního generátoru.

* Doc. Ing. Vladislav Singule, CSc., Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2, 616 69 Brno, tel.:541142189, e-mail: singule@fme.vutbr.cz

** Ing. Zdeněk Hadaš, Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2, 616 69 Brno, tel.: 541142804, mail: yhadas00@stud.fme.vutbr.cz

*** Doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc., Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky, Fakulta elektroniky a komunikačních technologií, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2, 616 69 Brno, tel.: 541142463, e-mail: ondrusek@feec.vutbr.cz

2. Princip vibračního generátoru

Obecně se vibrační generátor skládá z rezonančního mechanismu a převodníku mechanické energie na elektrickou energii. Resonanční mechanismu je svou konstrukcí naladěn na okolní vibrace a při buzení vibracemi poskytuje kinetickou energii, která je díky převodníku energie založeného na vhodném fyzikálním principu transformována na elektrickou energii. Jako převodníku mechanické energie na elektrickou energii (Roudny et al., 2003) se může využít několika základních fyzikálních principů převodu energie:

- Elektromagnetická přeměna,
- Elektrostatická přeměna,
- Piezoelektrický materiál,
- Magnetostrikční materiál.

Každý s těchto fyzikálních principů je vhodný pro jiný charakter vibrací a generovaný výkon. Pro vibrace vyskytující se u běžných strojních soustav je nejvhodnější použít elektromagnetický princip popřípadě piezoelektrický materiál.

3. Analýza generovaného výkonu

Generovaný elektrický výkon (Williems et al., 1996) závisí na vlastnostech vibrací, úhlové frekvenci ω a zrychlení vibrací A_v , a dále na konstrukci vibračního generátoru, kmitající hmotnosti m , celkovém poměrném útlumu ζ_o a elektrickém poměrném útlumu ζ_{el} , který je dán konstrukcí převodníku energie. Maximální výkon (1) je generován při buzení rezonanční frekvencí vibrací. Poměr elektrického a mechanického poměrného útlumu ovlivňuje také generovaný výkon a výkon je maximální, pokud tyto tlumící složky jsou si rovny.

$$P_{el} = \frac{m\zeta_{el}A_v^2}{4\omega\zeta_o^2} \quad (1)$$

4. Závěr

Vibrační generátor je vhodný a nevyčerpatelný zdroj elektrické, pokud je umístěn v prostředí zatíženém dostatečnými vibracemi. Tento generátor musí být vhodně a optimálně navržen a svými parametry naladěn přesně na charakter budících vibrací a poté je schopen dodávat elektrickou energii vždy, když je buzen těmito vibracemi.

5. Poděkování

Tato práce byla provedena za podpory projektu MSM 0021630518 "Simulační modelování mechatronických soustav".

6. Literatura

- Roundy, S., Rabaey, J. M., Wright, P. K. (2003) *Energy Scavenging for Wireless Sensor Networks: With Special Focus on Vibrations*, Kluwer Academic Publishers, Boston MA.
- Williams, C. B., Yates, R. B (1996) Analysis of a micro-electric generator for microsystems, *Sensors and Actuators*. A52(1), pp. 8-11.

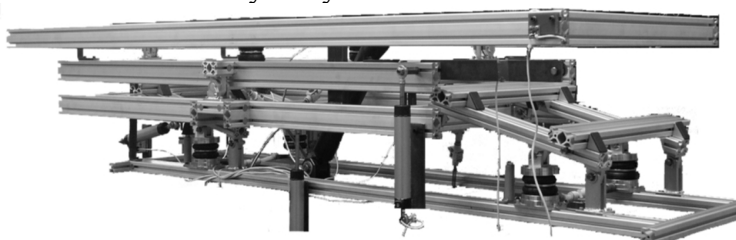
THE DEPENDENCE OF THE VIBROISOLATION EFFECT OF THE SYSTEM WITH THREE DEGREES OF FREEDOM ON THE DESCRIPTION APPLIED DAMPERS

M. Sivčák, J. Šklíba *

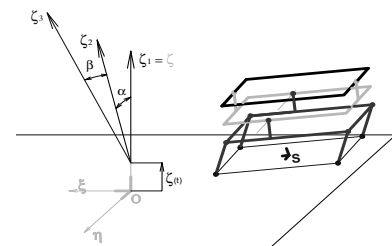
Summary: *In the numerical simulations of vibroisolation system it's necessarily, as establish sharpness of characteristic damper in begin (its standard practice in the stability solution of the equilibrium state), but also establish a sufficient compensation of the characteristic in higher velocities, so that the dumper's effect was minimal distortion.*

1. Úvod

V literatuře [1] je odvozen dynamický systém sanitního lehátka (obr. 1). Systém pohybových rovnic (1) je řešen pomocí matematického softwaru Maple 8 (význam a odvození jednotlivých matic je podrobně popsán v [2]). Pro první simulace byl použit linearizovaný model (pracující v okolí rovnovážné polohy s linearizovanými charakteristikami aplikovaných tlumičů a pružin). Abychom zjistili, jakým způsobem bude dynamický systém reagovat na změny různých parametrů (umístění a tuhost pružin, umístění tlumičů, poloha a hmotnost pacienta, ...) musíme nejprve posoudit, jak spolehlivě linearizovaný model popisuje skutečnost. V tomto příspěvku se budeme nadále věnovat náhradě funkce popisující závislost velikosti tlumící síly na rychlosti tlumiče.



obr.1



obr.2

$$A\ddot{\vec{q}} + \sum_n B_{0n}\dot{\vec{q}}^n + B_1(t) + (C_0 + C_1(t))\vec{q} = \vec{E}_0 + \vec{E}_1(t) \quad (1)$$

2. Náhrada charakteristiky tlumiče

Statická rychlostní charakteristika skutečného tlumiče použitého v systému byla změřena v Hydrodynamické laboratoři Technické univerzity v Liberci a postupně nahrazována dvěma na sebe navazujícími polynomy 3 a 4 stupně ($n = 1..4$, obr.3), lineární 3x lomenou funkcí ($n = 0..1$) a lineární 1x lomenou funkcí ($n = 1$).

* Ing. Michal Sivčák, Prof., RNDr. Jan Šklíba CSc.; Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Strojní; Hálkova 6, Liberec 1, 461 17; tel. +420.485 354 148; e-mail:michal.sivcak@tul.cz

Nahrazení dvěma na sebe navazujícími polynomy

Pro $v > 0$ byl použit polynom 4 stupně ve tvaru (2)

$$F_1 = -1070.9v^4 + 15219v^3 - 19526v^2 + 10475v \quad (2)$$

a pro $v < 0$ polynom 3 stupně podle (3)

$$F_2 = 22177v^3 + 24723v^2 + 10276v \quad (3)$$

3x lomená lineární funkce

Parametry tlumiče jsou dány podle obr. 5 veličinami $v_a, v_b, v_c, v_d, F_a, F_b, F_c$ a F_d . Tlumicí síla je poté dána vztahem (4)

$$FT = b_1 \cdot v_T + b_2 \quad (4)$$

1x lomená lineární funkce

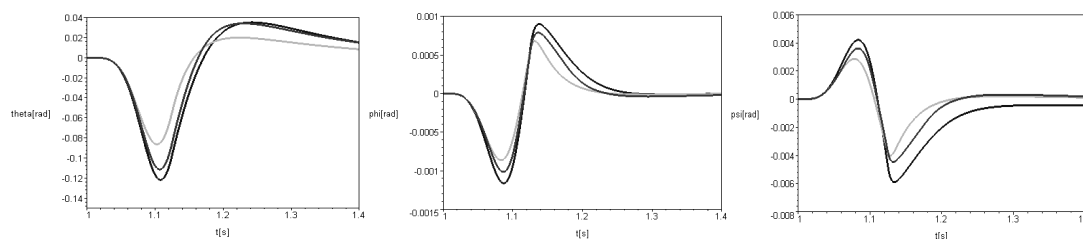
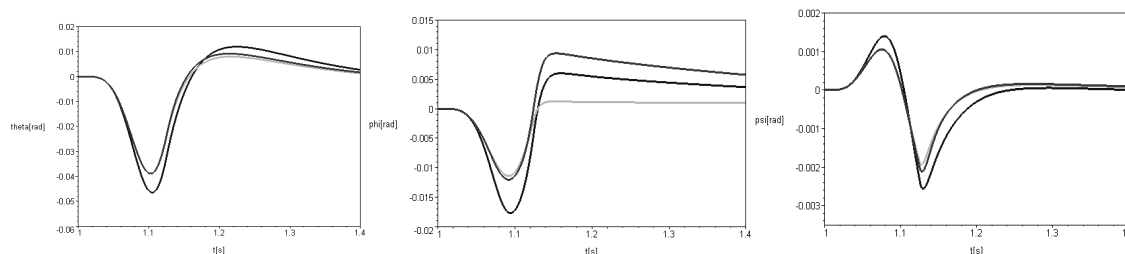
Tato náhrada je pouze modifikací předchozí 3x lomené lineární funkce, kde v celém intervalu kladných i záporných rychlostí tlumiče je tlumení konstantní (viz. vztah (6)). Do rovnice (4) je za hodnoty b_1 a b_2 dosazeno ze vztahu (6).

3. Výsledky

---- - náhrada pomocí dvou polynomů

----- - 3x lomená lineární funkce

----- - 1x lomená lineární funkce

Buzení skokem ve směru $\xi(t)$ (vertikální translace)Buzení skokem ve směru $\beta(t)$ (rotace kolem příčné osy vozu)**4. Závěr**

Na základě výsledků numerické simulace nelze doporučit náhradu statické rychlostní charakteristiky tlumiče 1x lomenou lineární funkcí. Shoda náhrady 3x lomené lineární funkce s polynomiální náhradou je uspokojivá.

5. Poděkování

Výzkum je podporován z projektu MSMT 4674788501 “Optimalizace vlastností strojů v interakci s pracovními procesy a člověkem“.

6. Literatura

- [1] Šklíba J., Prokop J., Sivčák M. (2006) Vibroisolation system of ambulance couch with three degrees of freedom, *Engineering Mechanics*
- [2] Šklíba J., Prokop J., Sivčák M. (2005), Základní kinematický a dynamický rozbor pružně uloženého sanitního lehátka, *Dílčí zpráva VZ 1453/2005-01*

ON APPLICATIONS OF GENERALIZED FUNCTIONS TO CALCULATIONS OF BEAM DESIGN ELEMENTS

J. Sobotka*

Summary: *The paper deals with the mathematical representation of discontinuities in loading and geometry of beams under the bending. A system of ordinary differential equations (SODE) that makes the classical model of the beam bending does not hold at points of a discontinuity of functions the shear force, the bending moment, the slope, and the deflection for their derivatives are not defined at points of jump discontinuities. To solve this problem we use the generalized functions (distributions) and we generalize the SODE of the beam bending so as to hold at loading and geometry discontinuity points. Further we show essential formulae for looking for solutions to the generalized SODE using the direct integration without employing the Laplace transform.*

1. Introduction

The beams with discontinuities in loading or geometry are usually calculated in such a way that they are at first divided into finite elements without the discontinuities. Then continuous solutions with integration constants are determined for every such element apart. Finally the integration constants are determined from boundary and continuity conditions.

When we use the Dirac distribution and the Heaviside's unit step function the generalized beam bending model with discontinuities in loading and geometry can be derived and solved like one differential problem without continuity conditions. Such approach is presented in this paper.

2. The Scope of the Validity of the Beam Bending Classical Mathematical Model

A system of ordinary differential equations (SODE) describing the plane bending of a slender beam according to the Bernoulli-Navier hypothesis is valid if classical derivatives of functions the shear force $T(x)$, the bending moment $M(x)$, the slope $\varphi(x)$, and the deflection $v(x)$ exist. If any of the functions $T(x)$, $M(x)$, $\varphi(x)$, $v(x)$ has a jump discontinuity, which is common in the calculating experience, then it has not the derivative and the SODE does not hold at this point of the discontinuity.

If we replace the space of real functions by the space of distributions then the derivative of the generalized function with jump discontinuities is defined as the distributional derivative.

* Ing. Jiri Sobotka, CEZ,a.s., The Power Plant Dukovany; 675 50 Dukovany; tel. +420.561105234; e-mail: Jiri.Sobotka@cez.cz

3. The Generalized SODE of the Beam Bending for the Finite Number of Discontinuities in Loading and Geometry

$$\frac{d}{dx} T(x) = -\left(q_n(x) + \left(\sum_{i=1}^{n1} F_i \delta(x - x1_i) \right) \right) \tag{1}$$

$$\frac{d}{dx} M(x) = T(x) + q_m(x) + \left(\sum_{i=1}^{n2} M_i \delta(x - x2_i) \right) \tag{2}$$

$$\frac{d}{dx} \phi(x) = \frac{M(x)}{EJ(x)} + \left(\sum_{i=1}^{n3} \Phi_i \delta(x - x3_i) \right) \tag{3}$$

$$\frac{d}{dx} v(x) = \phi(x) + \left(\sum_{i=1}^{n4} \Delta_i \delta(x - x4_i) \right) \tag{4}$$

4. The Solution Procedure of the Generalized SODE of the Beam Bending with the Dirac Distributions

In order to find the general solution of the generalized SODE (1) to (4) we use the direct integration of the right sides by means of the following formulae

$$\int \text{Dirac}(x - a) dx = \text{Heavisid}\epsilon(x - a) \tag{5}$$

$$\int f(x) \text{Heavisid}\epsilon(x - a) dx = \left(\int f(x) dx - \int f(x) dx \Big|_{x=a} \right) \text{Heavisid}\epsilon(x - a) \tag{6}$$

5. Conclusions

The derived generalized SODE of the classical beam bending model shows that all the point discontinuities like a concentrated force, a concentrated moment, an internal hinge or internal slide can be expressed by means of the Dirac distribution. The jump discontinuities of an equivalent distributed force or equivalent distributed moment or flexural stiffness can be expressed by means of the Heaviside's unit step function.

The generalized SODE (1) to (4) for a certain beam is solved using the formulae (5) and (6) for the direct integration. The integration constants are determined from the boundary conditions. Other unknown quantities like for example the magnitude of a reaction in an internal support point or relative slope of cross sections in an internal hinge can be calculated from the deformation conditions.

The differential problem with the generalized SODE can also be expressed and solved by means of the symbolic programming. Such technique is very effective.

The contribution of this paper is in the exact and simple derivation of the complete generalized SODE of the classical beam bending model on the basis of the distributional derivative definition. The form used for the generalized SODE of the first order has certain advantages as compared with one ordinary differential equation of the fourth order. This form does not contain derivatives of the Dirac distribution and shows the sequence in which the equations (1) to (4) should be integrated.

USING THE RESIDUE THEOREM FOR COMPUTING OF DYNAMIC SYSTEM RESPONSE AT IMPULSE EXCITATION

P. Souček, A. Bubák*

Summary: *The time response of the linear dynamic system after the end of its force excitation can be investigated applying the Residue theorem without using the time-shifted Heaviside function. In the case of undamped dynamic system, there exists the simple relationship between the frequency spectrum of the forcing impulse and the amplitude of the free harmonic vibrations after the impulse stops. This method is available especially for the managing of vibration-less start or stop of movable systems. They can be even completely avoided if zero values of the frequency spectra of acceleration time function are placed to the natural frequencies of a driven system.*

Konečný impuls, vybuzující dynamický systém, je součinem $f(t) = \varphi(t) \cdot I(t)$, kde $\varphi(t)$ je tzv. vytvořující funkce, definovaná na celém intervalu $t \in \langle 0, \infty \rangle$ a $I(t)$ je jednotkový obdélníkový impuls o délce T_0 . L. obraz impulsu je $F(s) = L\{f(t)\} = \sum_i R_{p_i} \frac{1 - e^{-(s-p_i)T_0}}{s - p_i}$, kde

R_{p_i} jsou rezidua L.obrazu vytvořující funkce $\varphi(t)$ v jeho singulárních bodech p_i . Obecný impuls je tedy součtem dílčích exponenciálních impulsů (i s komplexními exponenty), vzniklých součinem příslušných vytvořujících funkcí a impulsu $I(t)$, takže

$$f(t) = L^{-1}\{F(s)\} = I(t) \sum R_{p_i} e^{p_i t}$$

a pro odezvu dynamického systému na obecný tvar impulsu lze použít superpozici.

Přenosovou funkci lineárního dynamického systému lze rozložit na parciální zlomky

$$D(s) = \frac{P_m(s)}{P_n(s)} = \sum_{k=1}^n \frac{C_k}{s - d_k}, \quad m < n, \quad \text{kde } d_k \text{ jsou póly jmenovatele } P_n(s). \text{ L.obraz odezvy systému na impuls } f(t) \text{ je } L\{y(t)\} = D(s)F(s) = \sum_{k=1}^n \frac{C_k}{s - d_k} \sum_i R_{p_i} \frac{1 - e^{-(s-p_i)T_0}}{s - p_i}.$$

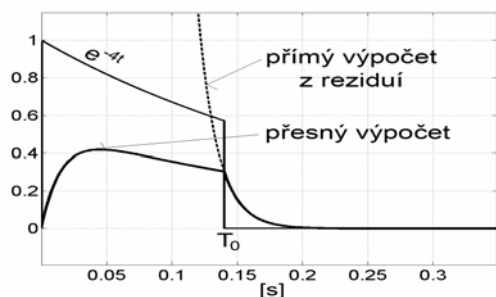
Pro určení odezvy po zániku impulsu (tedy v intervalu $t \in (T_0, \infty)$) není třeba aplikovat větu o posunutí a stačí pouhý výpočet reziduí podle vztahu $y(t) = L^{-1}\{D(s)F(s)\} = \sum_{k=1}^n \text{res}_{d_k} [D(s)F(s)e^{s t}]$. Relevantní jsou pouze rezidua příslušející pólům d_k dynamického systému, protože rezidua příslušející pólům p_i L.obrazu impulsu jsou nulová. Odezva je $y(t) = \sum_{k=1}^n C_k F(d_k) e^{d_k t}$ (1)

* Ing. Antonín Bubák, PhD, Doc. Ing. Pavel Souček, DrSc.: Výzkumné centrum pro strojírenskou výrobní techniku a technologii, fakulta strojní, ČVUT v Praze; Horská 3; 128 03 Praha 2; tel.: +420.221 990 900, fax: +420.221 990 999; e-mail: a.bubak@volny.cz, p.soucek@rcmt.cvut.cz

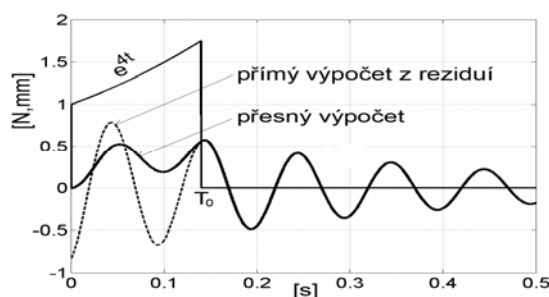
Netlumený mechanický systém hmota - pružina s vlastním kmitočtem Ω má póly $d_{1,2} = \pm j\Omega$. Zásadní okolností je, že v (1) vzniknou dva sčítance, obsahující čísla $F(\pm j\Omega)$, což jsou hodnoty Fourierova obrazu (frekvenčního spektra) $F(j\omega)$ funkce $f(t)$ na kmitočtech $\pm \Omega$, takže lze použít pravidel pro počítání s frekvenčními spektry. Pro netlumené kmitání hmoty m po zániku silového impulzu byl odvozen vztah

$$y(t) = \frac{|F(j\Omega)|}{m\Omega} \sin(\Omega t + \alpha), \text{ kde } \alpha = \arg(F(j\omega)) \text{ na kmitočtu } \Omega.$$

Výše popsaná metoda byla rozšířena na **výpočet kmitání vícehmotových systémů** – viz [1].

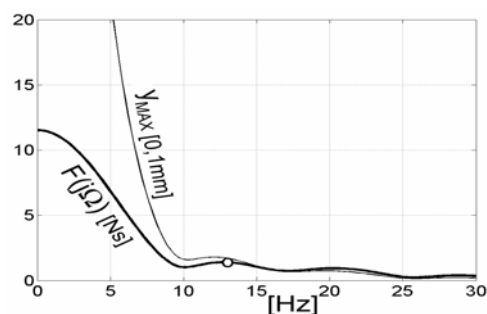
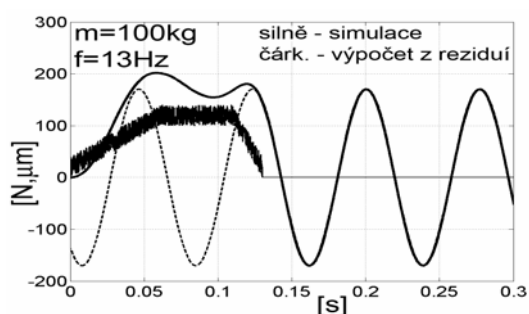


Systém 1. řádu



Tlumený systém 2. řádu

Obr.1. Příklady odezev systémů na exponenciální impulzy s reálnými exponenty



Obr.2. Buzení netlumeného systému 2. řádu (hmota – pružina) lichoběžníkovým šumem (vpravo: spektrum šumu – silná čára, amplituda kmitů – slabá čára)

Příklad: Dvojhmotový netlumený systém (motor – pružný převod p – setrvačnick) je urychlen na konečnou rychlost impulzem momentu motoru M_K . Amplituda kolísání rychlosti hnané hmoty $\Delta\omega_2$ po zániku momentu je přímo úměrná velikosti amplitudového spektra impulzu momentu na vlastním kmitočtu dvojhmotového systému Ω a platí

$$\Delta\omega_2 = -\frac{p|M_K(j\Omega)|}{J_C} \sin(\Omega t + \alpha) = -|A(j\Omega)| \sin(\Omega t + \alpha)$$

J_C ...celkový setrvačný moment systému redukováný na výstupní hřídel

$|A(j\Omega)|, \alpha$...amplituda a fáze frekv. spektra žádaného zrychlení hnané hmoty na kmitočtu Ω .

Literatura:

- [1] Souček, P., Bubák, A.: *Reduction of vibration in NC feed drives*. Konference Inženýrská mechanika 2005, Svratka 9.-12.5.2005
- [2] Kreyszig, E.: *Advanced Engineering Mathematics*, J.Wiley@Sons, New York 1994
- [3] Lavrentěv, M.A., Šabat, B.V.: *Metody teorie funkcí komplexní proměnné*. Nauka, Moskva 1973
- [4] Pírko, Veit, J.: *Laplaceova transformace*, SNTL, Praha 1979

EFFECT OF ULTRASOUND PULSATIONS ON SUSPENSION SEDIMENTATION

A. Suchánková^{*}, B. Kysela^{**}, Z. Chára^{**}, P. Dítl^{*}

Summary: *The paper presents results of a gravity settling of a model suspension. Experiments have been carried out for two configurations. The first experiment involved natural gravity settling; in the second case the ultrasound pulsations were introduced. Ultrasound field was provided by 20 kHz horn acting through a wall of settling vessel. Three kaolin suspensions of volume concentrations 3.8; 7.6; 11.4 % were used. It has been found that there is no significant influence of ultrasound pulsations on suspension settling. It can be stated that the ultrasound is not convenient neither for an application where acceleration of settling time is desired nor for extending off bottom suspension time.*

1. Úvod

Ultrazvuk je forma mechanického vlnění, které se šíří v každém prostředí. Účinky ultrazvuku při šíření ve sledovaném prostředí závisí na intenzitě (respektive amplitudě), frekvenci kmitů a na vlastnostech prostředí. Pasivní ultrazvuk (pod hodnotou kavitačního prahu) se užívá tam, kde kmitání dosahuje pouze takové intenzity, která nevyvolá žádné fyzikální nebo chemické změny a používá se pro měřicí a kontrolní techniku (diagnostický). Aktivní ultrazvuk pracuje s vyššími intenzitami nad 50 W.cm^{-2} . Tento ultrazvuk již může způsobit fyzikální nebo chemické změny v daném prostředí.

Využití aktivního ultrazvuku se dá rozdělit do tří skupin:

- a) mechanický efekt – čištění vrtání, svařování, mletí, rozprašování
- b) fyzikálně-chemický efekt – emulzifikace, homogenizace, filtrace, extrakce, difúze, krystalizace, urychlování rozpouštění
- c) chemický efekt – vliv na rychlost, průběh a výtěžek reakce, tvorba volných radikálů, urychlení oxidace, hydrogenace.

Rychlost ultrazvukových vln je závislá na pružných a fyzikálně chemických vlastnostech daného media. Při působení ultrazvuku v kapalině dochází k periodické změně lokálních hodnot teploty a tlaku, tvoří se a kolabují parní bubliny, neboli vzniká „akustická kavitace“. Kavítace se objeví, když amplituda budící akustické vlny dosáhne určité hodnoty, která se nazývá „kavitační práh“. Ultrazvuková energie je v kapalině kapaliny disipována na teplo. Se vzrůstající teplotou klesá viskozita suspenze a tím se také zvyšuje mezní usazovací rychlost.

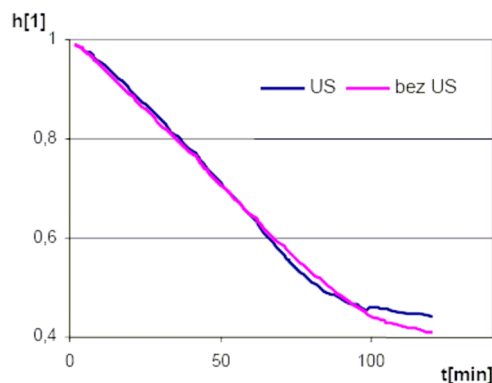
* Ing. Andrea Suchánková, Prof. Pavel Dítl, DrSc.: Fakulta strojní ČVUT; Technická 4, 166 07 Praha 6; tel.: + 420.224352715, e-mail: andrea.suchankova@fs.cvut.cz

** Ing. Bohuš Kysela, Ing. Zdeněk Chára, CSc.: Ústav pro hydrodynamiku AV ČR; Pod Paťankou 30/5, 166 12 Praha 6; tel.: + 420.233323748, fax: + 420.233324361; e-mail: chara@ih.cas.cz

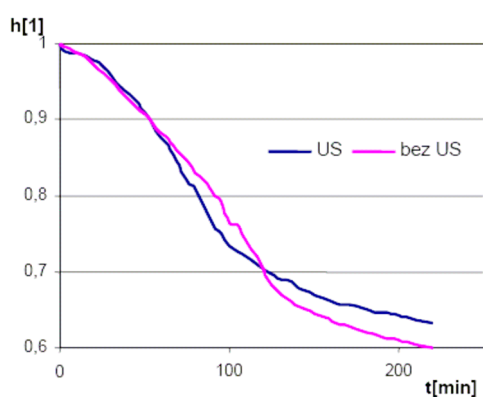
2. Experimentální část

Při měření byly použity dva odměrné válce o objemu 1 l. Jeden válec byl umístěn do válcové nádoby naplněné vodou, která sloužila jako penetrační lázeň a byla do ní umístěna ultrazvuková sonda o průměru 13 mm, tedy vně vlastního usazovacího válce. Druhý odměrný válec byl použit jako referenční.

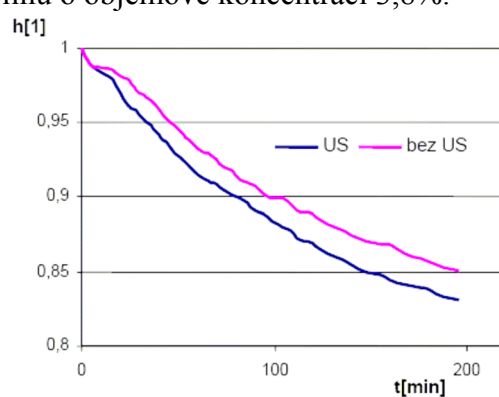
Ultrazvukový generátor o frekvenci $20 \text{ kHz} \pm 0.5 \text{ kHz}$. Jako modelová suspenze byla použita směs vody a kaolinu o středním průměru částic $4,2 \pm 2,6 \mu\text{m}$ a hustotě $\rho_c = 2643 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.



Obr.1 Vliv ultrazvuku na sedimentaci suspenze kaolinu o objemové koncentraci 3,8%.



Obr.2 Vliv ultrazvuku na sedimentaci kaolinu o objemové koncentraci 7,6%.



Obr.3 Vlivu ultrazvuku na sedimentaci suspenze kaolinu o objemové koncentraci 11,4%.

3. Závěry

- Na základě uvedených výsledků můžeme průběh usazování popsat takto:
 1. Počáteční fáze usazování kdy se rozhraní suspenze pohybuje pomalu je při použití ultrazvuku prodloužena.
 2. Druhá fáze, kdy se rozhraní pohybuje konstantní rychlostí, je ultrazvukem urychlena.
 3. Třetí fáze usazování, kdy se pohyb rozhraní začne zpomalovat a následně dochází ke slehávání usazeniny, dochází vlivem ultrazvuku ke zpomalení, a to i po vypnutí ultrazvukového zdroje. (z provozních důvodů nebylo této fáze při měření se suspenzí s objemovou koncentrací 11,4 % dosaženo)
- Ultrazvukové vlnění má také vliv na konečnou výšku kalu. Po zpracování ultrazvukem je vždy vyšší než při gravitačním usazování.
- Přímý vliv středního akustického tlaku na usazování se nepodařilo prokázat.

4. Poděkování

Práce publikována v tomto článku byla finančně podporována v rámci grantu č. IAA 200600601 GA AV ČR a výzkumného záměru č. AV0 Z206005510 AV ČR.

FATIGUE STRENGTH AND LIFE OF REAL STRUCTURES UNDER COMBINED RANDOM LOADING

J. Svoboda, M. Balda, V. Fröhlich *

Summary: *A rather often kind of combined stress is a case, when one of its components acts statically. The contribution deals with some results of research works, the goal of which has been to reveal an influence of the static component on a resulting fatigue life, and to find a way of its including into fatigue strength evaluations. A procedure for finding a critical stress for an estimating of a structure save life is presented. Unfortunately, the fatigue life calculation is more complicated and needs some experiments, which will yield additional information on a material behaviour under required stress combination and levels.*

1. Úvod

V konstruktérské praxi se poměrně často setkáváme s případy, kdy součást je v provozu vystavena kombinaci statického a dynamického namáhání. Příkladem mohou být např. lopatky turbinových kol, které jsou namáhány kombinací tahové odstředivé síly a dynamicky působící složkou ohybového momentu. V důsledku dynamické složky zatížení probíhá v materiálu součásti únavový proces porušování, který ohodnotíme řadou známých výpočetních metod, poskytujících informace potřebné pro zabezpečení její provozní spolehlivosti. Jak však do výpočtu únavové pevnosti případně životnosti zahrnout vliv přídatné statické složky namáhání, pokud je jiného charakteru, než výše zmíněná dynamicky působící složka? V příspěvku jsou uvedeny výsledky prací, které měly za cíl objasnit mechanismus, jakým se tato složka podílí na výsledné únavové životnosti a navrhnout postup, který by umožnil zahrnout její efekt do aplikovaného pevnostního výpočtu.

2. Rozbor problematiky

Z experimentálních prací prováděných na trubkových vzorcích vyrobených z materiálu ČSN 411523 o vnějším průměru 30 mm a vnitřním 26 mm s příčným otvorem průměru 3 mm byla získána řada zajímavých poznatků, které lze stručně shrnout do následujících bodů:

- Při kombinovaném zatěžování s jednou staticky a druhou dynamicky působící složkou neovlivňuje statická složka směr šíření dlouhých únavových trhlin. Rovněž o místě vzniku trhliny (v našem případě u příčného otvoru) rozhoduje pouze dynamická složka zatěžování.

* Ing. Jaroslav Svoboda, Prof. Ing. Miroslav Balda, DrSc., Feng., Ing. Vladislav Fröhlich,
Ústav termomechaniky AVČR, Centrum diagnostiky materiálů, Veveřská 11, 301 14
Plzeň, svoboda@cdm.it.cas.cz, balda@cdm.it.cas.cz, fröhlich@cdm.it.cas.cz

- Staticky působící složka tahového napětí σ_m však významně ovlivňuje napjatost na čele šířící se únavové trhliny při jejím rozevírání a svírání a tím i výslednou životnost.
- S úrovní staticky působící složky namáhání roste rychlost šíření u dlouhých trhlín rychleji než v případě mikrotrhlín v nukleární oblasti.
- Statické složky namáhání posouvají šikmou větev únavové křivky do oblasti nižších životností a snižují mezní hodnotu trvalé únavové pevnosti.
- Rychlost šíření únavových trhlín lze v daném případě zatížení vyjádřit rovněž Parisovým vztahem. Úroveň staticky působící složky namáhání ovlivňuje významně velikost konstanty C v tomto vztahu, a pouze málo exponent n . Regresní čáry jsou proto téměř rovnoběžné. Posouvají se však do oblasti vyšších rychlostí šíření.

3. Rozbor napjatosti a návrh metodiky výpočtu

Z Mohrovy kružnice pro čistý krut vyplývá, že hlavní normálová napětí σ_1 a σ_2 jsou od roviny maximálního smykového napětí u trubkových vzorků s příčným otvorem natočeny o úhel $\varphi = 45^\circ$ a působí ve směru a kolmo na směr šířící se únavové trhliny u otvoru. Pro velikost těchto normálových napětí platí, že

$$\sigma_1 = \tau_{amax} = -\sigma_2. \quad (1)$$

Přídavná statická složka tahového napětí σ_m působí ve směru osy vzorku a bude tedy kolmá na rovinu s maximální úrovní dynamicky působícího smykového napětí od krutu τ_{amax} . Z Mohrovy kružnice pro čistý tah je rovina maximálního smykového napětí od tahu natočena o 45° a nachází se ve směru šířící se únavové trhliny. Pro jeho velikost platí, že

$$\tau' = \sigma_m / 2. \quad (2)$$

O únavové pevnosti ve sledovaném místě na hraně otvoru bude rozhodovat dynamicky působící složka hlavního napětí $\pm \sigma_1 = \pm \tau_a$ (druhé hlavní napětí σ_2 bude na hraně otvoru nulové) a dále složka statického předpětí $\sigma_m \cos \varphi = 0,7071 \sigma_m$, která bude působit podobně jako složka hlavního napětí $\pm \sigma_1$ kolmo na rovinu šířící se únavové trhliny. Poněvadž obě tato normálová napětí působí v jedné rovině (tangenciální k hraně otvoru), lze pro daný způsob zatížení sestavit Smithův diagram, z něhož stanovíme mezní napětí $\sigma_{1mez} = \tau_{amez}$ pro kombinaci napětí $(\pm \sigma_1 ; 0,7071 \sigma_m)$. K tomuto meznímu napětí pak vypočítáme bezpečnost podle Serensena.

Složitější je problematika stanovení životnosti pro daný případ kombinovaného zatížení. Experimentálně byly stanoveny rovnice únavových křivek pro trubkové vzorky s příčným otvorem pro namáhání tah-tlak, čistý krut a regresní křivky životnosti při kombinovaném namáhání. Vzájemným porovnáním výsledků z aplikace těchto rovnic jsme se pokusili nalézt existenci jistých závislostí mezi sledovaným způsobem namáhání a výslednou životností. Bylo zjištěno, že bez zahrnutí odezvy materiálu do výpočtu namáhání nelze dosáhnout solidních odhadů životnosti. Proto je výhodné kombinovat výpočet životnosti s výsledky několika jednoduchých experimentů, které poskytnou alespoň částečné informace o odezvě materiálu na aplikovanou kombinaci zatěžování. Podrobnější informace jsou uvedeny na CD.

4. Poděkování

Práce byla podpořena Grantovou agenturou ČR grantovým projektem č. 101/05/0199 a výzkumným záměrem Ústavu termomechaniky AV ČR č. AV0Z 20760514.

THREE-DIMENSIONAL ANALYSIS OF RC BEAMS

L. Svoboda ¹, D. Rypl ²

Summary: *The authors are engaged in development of adaptive analysis of RC concrete frames using the microplane model. In this analysis some parts of frame are modelled by 3D finite elements. Therefore several concepts of three-dimensional analysis of a reinforced concrete beams were tested. Different finite elements and computational schemes were implemented into FEM code and results of numerical verification have been introduced in this work.*

1. Introduction

To get an appropriate three-dimensional model of RC beam the authors implemented into FEM code a linear 8-node solid element with rotational degrees of freedom. Its advantage against a common linear 8-node solid element is its six degrees of freedom per node. So it can be combined with both truss element (three DOFs per node) and beam element (six DOFs per node). Because the solution time of a commonly used nonlinear static analysis is rather large the authors employed also explicit dynamic relaxation analysis.

2. Numerical verification

All above mentioned elements and computational schemes was tested for a fixed-ended beam loaded with mid-span transverse point load. Influence of different brick elements is shown in Fig. 2. Influence of different computational schemes is shown in Fig. 3.

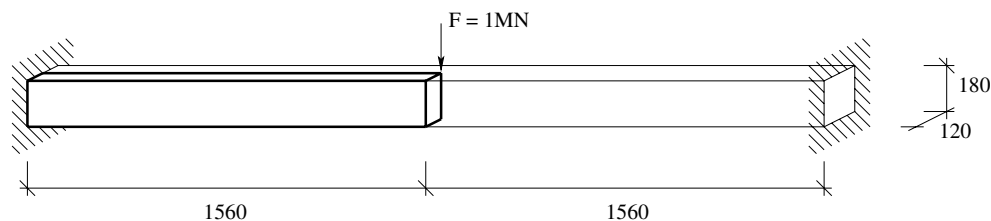


Figure 1: The geometry fixed-ended beam.

¹ Ing. Ladislav Svoboda, Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering, Department of Structural Mechanics, Thákurova 7, Prague 6, 166 29, ladislav.svoboda@fsv.cvut.cz

² Doc. Dr. Ing. Daniel Rypl, Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering, Department of Structural Mechanics, Thákurova 7, Praha 6, 166 29, drypl@fsv.cvut.cz

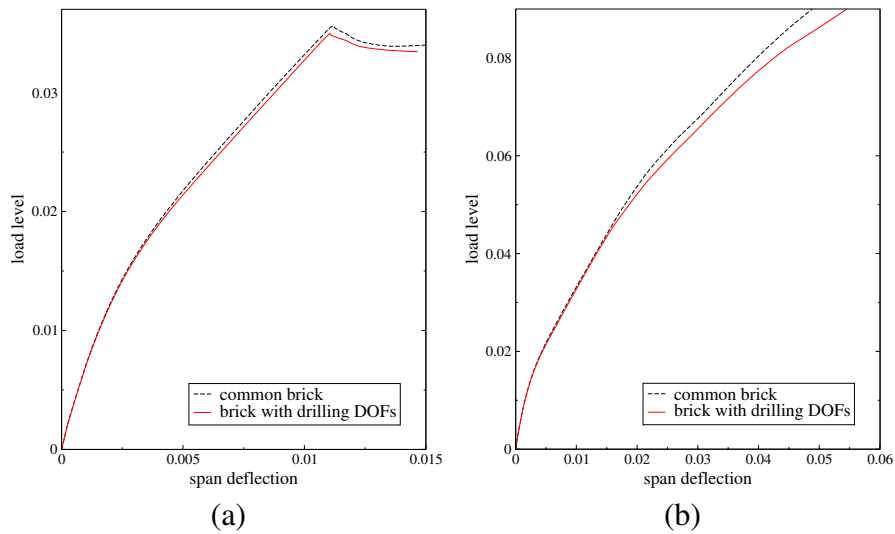


Figure 2: Load-deflection curves for different brick elements, (a) yield stress is 600MPa, (b) yield stress is infinite.

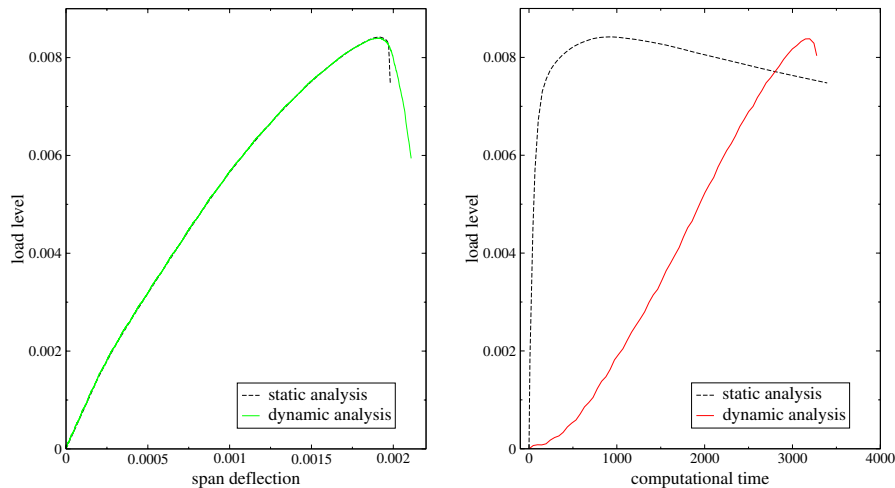


Figure 3: Load-deflection and load-time curves for different computational scheme^S.

3. Conclusion

It appeared that the best result was achieved using the bricks with drilling DOFs combined with beam elements especially in the part of load-deflection diagram after activation of stirrups. Further the nonlinear static analysis and the dynamic analysis with dynamic relaxation were compared. It seems the static analysis is suitable for FEM models with low number of 3D elements or for research of initial behaviour of beams. The dynamic relaxation analysis is not suitable for structures where quick change of stiffness can occur.

4. Acknowledgment

The support of the project MSM 6840770003, as well as the project HPC-EUROPA (RII3-CT-2003-506079) and the European Community - Research Infrastructure Action under the FP6 “Structuring the European Research Area” programme is gratefully acknowledged.

MODEL OF HYDRAULIC DAMPER WITH BOTH AIR AND OIL VAPOUR CAVES

R. Svoboda^{*}, J. Šklíba^{*}

Summary: *An improved model of hydraulic damper supporting evolution of both air and oil vapor caves in working areas of the damper is at present based on presumption that concentration of the free and dissolved air has stabilized and remains henceforth constant. The meaning of this specifications consists partly in realization of better agreement with experimental results, partly in more correct determination of zones of dangerous vibrations.*

1. Úvod

Hydraulické tlumiče stále představují jeden ze základních nástrojů pro tlumení vibrací v dynamických systémech. Správné stanovení jejich tlumících vlastností je proto nezbytnou podmínkou pro věrohodné modelování reálných dynamických soustav. Ve výpočetní praxi jsou tlumiče nahrazovány buď nepřímo a méně přesně rychlostními charakteristikami, nebo přímo matematickým modelem tlumiče jako dynamickým subsystémem. Matematický model je podrobnější a umožňuje navíc i samostatná řešení za účelem návrhu a vývoje nových tlumičů.

Vzhledem k zamýšlenému užití modelu tlumiče jako dynamického subsystému při výpočtech reálných dynamických soustav je nemyslitelné řešit dynamiku tlumiče v plné obecnosti užitím metody konečných prvků pro popis mechanických částí a obdobných metod (např. metody konečných objemů) pro popis proudových poměrů uvnitř tlumiče. Aby se zajistil přijatelný výpočtový čas jsou proto všechny mechanické části tlumiče modelovány pomocí metody soustředěných parametrů a tok oleje přes ventily a ostatní škrťací elementy je modelován na základě zákonů hydrauliky.

V dosavadních modelech tlumiče byl olej brán jako ideální stlačitelná kapalina, bez příměsi rozptýleného či rozpuštěného vzduchu. Vzduchový sloupec v akumulátoru byl striktně oddělen od kapaliny, a do ostatních částí tlumiče se vzduch v jakékoliv formě nedostal. Model tak umožňoval respektovat pouze stlačení vzduchu v akumulátoru a vývoj a zánik plynové kaverny v ostatních prostorách tlumiče v případě poklesu tlaku pod hranici tlaku nasycených par oleje.

Předpoklad o ideální pracovní kapalině bez příměsi vzduchu samozřejmě neodpovídá skutečnosti. Koncentrace vzduchu rozpuštěného resp. rozptýleného v pracovní kapalině se dynamicky mění (zejména při průtoku přes ventily) v průběhu celého pracovního cyklu, a tím

^{*} RNDr Rudolf Svoboda, CSc: TECHLAB s.r.o.; Sokolovská 207, 190 00 Praha 9; tel.-fax:+420. 283 890 581; e-mail: techlab@czn.cz; Prof. RNDr Jan Šklíba, CSc: Technická univerzita v Liberci, fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů; Hálkova 6, 461 17 Liberec; tel.: +420. 485 354 131; e-mail: jan.skliba@vslib.cz

se současně výrazně mění i fyzikální parametry oleje. Dynamický proces postupného rozpouštění a zpětného uvolňování vzduchu z oleje zatím nelze v plné šíři postihnout; v prezentovaném modelu jsme ho alespoň přibližně nahradili předpokladem konstantní úrovně koncentrace vzduchu v oleji ustálené po určité době provozu tlumiče.

2. Model tlumiče s konstantní koncentrací vzduchu v pracovní kapalině

Standardní model hydraulického tlumiče s ideální pracovní kapalinou neobsahující rozptýlený vzduch pracuje s tlaky soustředěnými do tří oblastí (oblasti nad pístem, oblasti pod pístem a akumulátoru). Model sestává ze soustavy pohybových rovnic ventilů, z rovnic popisujících rovnováhu objemových proudů v tlumiči, vývoj a zánik sloupců nasycených par oleje a ze soustavy algebraických rovnic popisujících závislost koeficientů průtoku ventily a kalibrovanými otvory tlumiče na odpovídajících Reynoldsových číslech.

V případě modelu tlumiče s pracovní kapalinou s konstantní hmotovou koncentrací vzduchu v oleji vycházíme z obdobných rovnic jako pro ideální kapalinu bez příměsí vzduchu. V prostorách tlumiče považujeme směs formálně rozdělenou na kapalinou a plynnou složku, objemové toky směsi přes ventily a ostatní škrťací prvky popisujeme shodně s původním modelem. V důsledku přítomnosti vzduchové složky však stejnému objemovému toku směsi odpovídají v závislosti na vstupním tlaku rozdílné hmotové toky. Při odvozování rovnic pro tlumič se směsí oleje a vzduchu jako pracovní kapalinou proto musíme podmínku rovnováhy objemových toků, která byla v původním modelu s ideální kapalinou ekvivalentní se zákonem zachování hmoty, nahradit podmínkou rovnováhy hmotnostních toků: součet všech hmotnostních toků mezi prostory tlumiče je roven nule.

3. Závěr

Předpoklad konstantní koncentrace volného vzduchu v oleji umožnil alespoň přibližně respektovat změny fyzikálních vlastností reálné pracovní kapaliny (oleje s příměsí volného vzduchu) v průběhu pracovního cyklu tlumiče. Výsledky numerických simulací se zpřesněným modelem dávají reálnější popis dynamiky tlumiče zejména při přechodech mezi fázemi stlačování a roztahování tlumiče v okolí horní a dolní úvratí pohybu. Model rovněž umožňuje přesnější určení případných problémových oblastí odezvy tlumiče s výrazným kmitáním přechodového či samobuzeného typu.

4. Poděkování

Tato práce vznikla za podpory výzkumného záměru MŠMT č. 4674788501 „Optimalizace vlastností strojů v interakci s pracovními procesy a člověkem“.

5. Literatura

- Šklíba, J. & Svoboda, R (2004) On the necessity of hydraulic damper model specification, in: *Proc. 8st Int.Conf. on Flow Induced Vibration*, Ecole Polytechnique, Paris
- Šklíba, J., Svoboda, R & Matějec, R. (2005) Specification of flow conditions in the mathematical model of hydraulic damper, in: *Proc. 7st Int.Conf. on Vibration Problems ICOVP-2005*, Isik University, Istanbul, Turkey

NUMERICAL MODELING OF QUARRY-MASONRY WITH APPLICATION TO THE CHARLES BRIDGE

J. Sýkora*, J. Vorel*, M. Šejnoha*

Summary: *This paper deals with numerical modeling of quarry masonry on mesostructural (mesoscopic) level and its applications. The outputs of numerical simulations are compared with the experimental results carried out in the Klokner Institute on the same structural specimen. From the material point of view, the quarry-stone blocks and mortar joints are viewed as quasi-brittle materials. This material feature manifests itself by the macro-cracks growth and softening behavior. Describing the initiation and propagation of cracks requires the definition of fracture energy. The homogenization techniques of thermomechanical parameters (thermal conductivity and moisture permeability) applied to a periodic unit cell (PUC) are addressed in the last section. The results of this work are employed in the thermomechanical analysis of the Charles Bridge in Prague.*

1. Úvod

Autoři této práce měli možnost se podílet na počítačové analýze Karlova mostu. Model mostu je uvažován jako dvouúrovňový [Šejnoha J. a kol., 2003]. *První úroveň*, označovaná jako mezostrukturální či mezoskopická, slouží k zjištění efektivních termomechanických vlastností zdiva pro materiálový bod na PUC (Periodic Unit Cell). Na mezoúrovni model respektuje kvazikřehké vlastnosti jak kamene, tak malty. Výsledkem mezostrukturálních počítačových simulací jsou zatěžovací dráhy, vyjadřující nelineární závislost efektivních (průměrných, makroskopických) napětí na efektivních (průměrných) deformacích. Z nich lze pak sestavit hranice porušení [Vorel, 2005]. Dalšími získanými efektivními materiálovými parametry jsou lomová energie nebo efektivní součinitel tepelné vodivosti. *Druhá úroveň* (makroskopická) využívá materiálových závislostí z mezoskopické úrovně. Zdivo je v makroskopickém modelu uvažováno v počátečním neporušeném stavu jako homogenní anizotropní prostředí s efektivními termomechanickými materiálovými parametry.

Příspěvek se zabývá nalezením vhodného počítačového modelu lomového zdiva pro mezoúroveň. V závislosti na míře přesnosti a zjednodušení lze využít přístupu na základě podrobného nebo zjednodušeného modelu [Lourenço a kol., 1998]. V podrobném modelu zdiva jsou kamenné bloky, stykové a ložné spáry reprezentovány spojitými konečnými prvky, zatímco přechodová zóna je reprezentována kontaktním prvkem. Podrobný model zahrnuje kvazikřehké chování bloků tak i spár. Naopak v zjednodušeném modelu je uvažováno kvazikřehké chování pouze u kamenných bloků, zatímco mechanické chování spáry a přechodové zóny je zahrnuto do kontaktního prvku. Analýza počítačového modelu nesmí

* Ing. Jan Sýkora, Ing. Jan Vorel, Doc. Ing. Michal Šejnoha, Ph.D.: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Thákurova 7, 166 29 Praha 6 – Dejvice, e-mail: xsykorp3@seznam.cz

opominout srovnání s dostatečným počtem laboratorních experimentů. Jsou to experimenty zděných vzorků a jejich komponent (kamenů, popř. cihel a malt), které jsou řízeny deformací. Tento typ řízení experimentů umožňuje získat sestupnou větev pracovního diagramu a tak plně porozumět mechanismu porušení. K dispozici jsme měli tlakovou zkoušku provedenou na opukovém zdivu v Kloknerově ústavu.

Použití mezoskopického modelu lomového zdiva pro určení efektivního součinitele tepelné vodivosti je zmíněno v poslední části. Při popisu se omezíme pouze na přenos tepla. Snahou je poskytnout řešení z vlastního programu, který byl pro tento účel vytvořen a jehož výsledky mohou být dále využity pro řešení sdruženého problému přenosu tepla a vlhkosti v komerčních programech [Vorel, 2005].

2. Poděkování

Tento příspěvek byl vypracován za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M6840770001, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS a vychází z teoretických výsledků získaných řešením grantů projektu GAČR 103/04/1321 a GAČR 106/03/H150.

3. Literatura

[Šejnoha J. a kol., 2005] J. Šejnoha, Z. Bittnar, M. Šejnoha, J. Zeman, J. Novák, Z. Janda (2005) *Výpočet stavů napětí a porušení Karlova mostu v Praze*, zpráva ČVUT Praha, 159 str.

[Šejnoha J. a kol., 2003] J. Šejnoha, V. Blažek, M. Šejnoha, J. Zeman (2003) *Počítačový model pro analýzu napětí a přetvoření Karlova mostu*, zpráva ČVUT Praha, 64 str.

[Lourenço a kol., 1998] P. Roca, J.L. González, E. Oñate a P.B. Lourenço (1998) *Structural analysis of historical constructions II - Experimental and numerical issues in the modelling of the mechanical behaviour of masonry* (Lourenço), in proceedings CIMNE, Barcelona, 35 pp.

[Giambanco a kol., 2001] G. Giambanco, S. Rizzo a R. Spallino (2001) *Numerical analysis of masonry structures via interface models*, Computer methods in applied mechanics and engineering 190 (2001), pp. 6493 - 6511

[Červenka V. a kol., 2003] V. Červenka, L. Jendele, J. Červenka (2003) *ATENA Program Documentation*, Praha, 129 str.

[Vorel, 2005] J. Vorel (2005) *Diplomová práce – Efektivní termomechanické vlastnosti zdiva*, Praha, 77 str.

[Sýkora, 2005] J. Sýkora (2005) *Diplomová práce – Počítačové modelování lomového zdiva*, Praha, 76 str.

[Sýkora a kol., 2005] J. Sýkora, J. Vorel, J. Šejnoha a M. Šejnoha (2005) *Effective Material Parameters for Transport Processes in Historical Masonry Structures*, proceedings Civil-Comp Press, Rome, pp. 459 - 460, full text CD ROM

POLLUTANT DIFFUSION IN THE IDEALIZED BUILD-UP AREA

H. Šeděnková*, Z. Jaňour*, B. Leitl**

Summary: *The essence of the problem consist in the way of pollutant diffusion in the urban build-up area. The measurement of the concentration field of the emission from the point (chimney) and line (street) source in the model of the idealized urban build-up area was done in the boundary layer wind tunnel. Dependence on the location of this source against model and also dependence on the geometric setting of the model (both density of buildings and location of street canyons) was found.*

1. Úvod

Šíření znečišťujících látek v městských aglomeracích je v současné době ožehavým problémem. Zdrojem znečištění může být jak automobilová doprava (v posledních deseti letech vzrostl počet registrovaných osobních automobilů v České republice o třetinu), tak průmyslová výroba a domácí vytápění.

Pro zlepšení stavu ovzduší je především nutno znát dosavadní úroveň znečištění v různých částech města (čtvrtě s různou hustotou a stylem zástavby) i v různých místech konkrétního uličního kaňonu (závětrná – návětrná strana, výška nad povrchem – komfort chodců a obyvatel v různých podlažích). Dále je dobré znát předem alespoň řádově hodnoty imisního zatížení u nově budovaných obytných staveb a komunikací. Jelikož měření přímo v terénu (in-situ) jsou velmi nákladná, dáváme přednost modelování.

2. Modelování

Existující matematické modely, které řeší přímo pohybové rovnice, jsou složité, náročné na výpočetní čas a také velmi závislé na okrajových podmínkách (konkrétní geometrické uspořádání domů ve městě). Modely založené na analytickém řešení pohybových rovnic jsou jednodušší a výpočetně méně náročné. Do vzorce (tj. analytického řešení) stačí zadat jen umístění zdroje a získáme polohu kouřové vlečky pocházející z tohoto zdroje a příslušné koncentrace pasivní příměsi. Bohužel, modely druhého typu jsou silně závislé na parametrech, které dané analytické řešení obsahuje. Dosud známe parametry, které dobře odpovídají volné rovinné krajině, ale pro městskou zástavbu uspokojivé parametry neznáme.

Odlišný postup nabízí metoda fyzikálního modelování. Tato metoda spočívá v analogii mezi prouděním v reálné atmosféře nad určitým terénem a prouděním ve vhodném

* Mgr. Hana Šeděnková, doc. RNDr. Zbyněk Jaňour, DrSc.: Ústav termomechaniky AV ČR, Dolejškova 5, Praha 8, 182 00, email: hased@seznam.cz

** Dr. Bernd Leitl, Universität Hamburg, Meteorologisches Institut, Hamburg

aerodynamickém tunelu nad zmenšeným modelem zkoumané oblasti. Při experimentu musíme dodržet tzv. podmínky dynamické podobnosti:

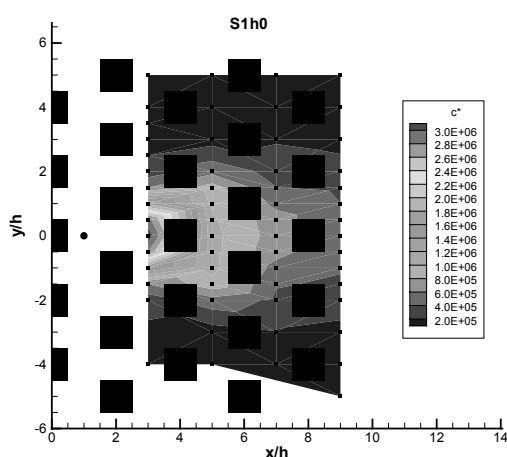
1. Geometrická podobnost modelu se skutečností (= stejné okrajové podmínky)
2. Geometrická podobnost polí proudnic na modelu a ve skutečnosti

Výsledky získané měření lze dosadit do rovnic v bezrozměrném tvaru, které popisují mezní vrstvu atmosféry. Po přepočtu na správné měřítko můžeme hodnoty interpretovat i v reálu.

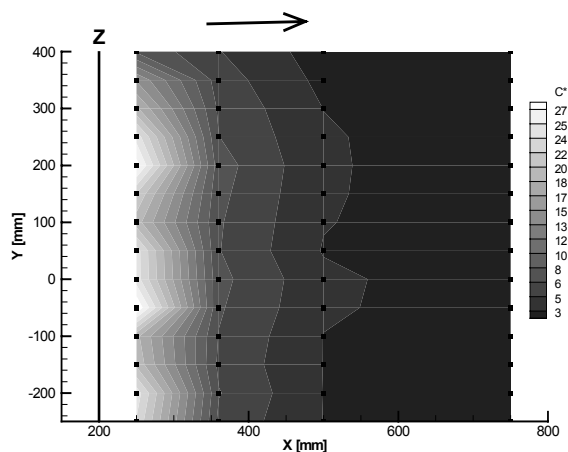
3. Experiment

Na zjednodušeném modelu městské zástavby jsme proměřili kouřovou vlečku od bodového zdroje (simulující např. komín, viz obr.1) a od liniového zdroje znečištění (simulující silnici s automobilovou dopravou, viz obr. 2). Experiment probíhal zčásti v nízkorychlostním aerodynamickém tunelu Ústavu termomechaniky v Novém Kníně a zčásti v nízkorychlostním aerodynamickém tunelu Blasius University Hamburk v Německu. Vzorkovacím plynem (plyn simulující znečištění) byl etan, jehož koncentrace ve vzduchu byly zjišťovány pomocí plamenového ionizačního detektoru.

Závislost koncentračního pole byla nalezena jak na umístění zdroje vůči stavbám (poloha zdroje v uličním kaňonu, na střeše budovy, atd.), tak na hustotě zástavy a jejím geometrickém uspořádání.



Obr.1 Koncentrační pole od bodového zdroje v úrovni podložky



Obr.2 Koncentrační pole od liniového zdroje v úrovni podložky

4. Poděkování

Tato práce vznikla za podpory GA ČR (205/04/0311), MPO – FORMADE a výzkumného záměru AVOZ20760514.

5. Literatura

Jaňour Z. (2001): Modelování mezní vrstvy atmosféry, Karolinum, Praha

Stull R. B. (1988): An Introduction to Boundary Layer Meteorology, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht

NUMERICAL ANALYSIS OF A SURFACE CRACK IN PROTECTIVE LAYERS

L. Šestáková*, Z. Majer*, L. Náhlík**, Z. Knésl**

Summary: *Two elastic plane strain problems relevant to the cracking of protective layers bonded to dissimilar semi-infinite substrate materials are solved. In the first case a crack initiated at the free surface of the layer and propagating within the film is considered and the influence of its original orientation on cracking mode of the layer is studied. The second problem is that of the crack in the layer oriented perpendicularly to the layer/substrate interface and its influence on a debonding of the layer/substrate system is analysed. In both cases the influence of elastic mismatch of both components on the crack behaviour is discussed.*

Používání ochranných vrstev zvyšuje odolnost konstrukcí proti mechanickému, tepelnému a chemickému poškození. V mnoha případech dochází k poškození ochranné povrchové vrstvy, které může mít za následek ztrátu její funkčnosti. V celé řadě případů je příčinou porušování ochranné vrstvy existence trhlin, které vznikají na volném povrchu ochranné vrstvy a během provozu součásti se šíří ve vrstvě. Takové trhliny mohou být iniciovány z počátečních vrypů, které obvykle vznikají na volném povrchu při opracování nebo během provozu součásti. Počáteční geometrie vrypu může odpovídat mikrotrhlině, případně vrubu. V obou případech se jedná o koncentrátor napětí v jehož okolí se může iniciovat trhlina, která se během provozu šíří v ochranné vrstvě. V závislosti na počáteční orientaci startovacího vrypu, geometrii tělesa, způsobu namáhání a materiálu obou složek (tj. vrstvy a podkladu) se trhlina šíří buď směrem k rozhraní nebo mění směr šíření a v konečné fázi se dostává opět na volný povrch vrstvy. Z praktického hlediska je obvykle nejvíce nebezpečný případ, kdy se trhlina šíří přes celou tloušťku vrstvy a vytváří konfiguraci s vrcholem na rozhraní mezi oběma materiály.

V příspěvku jsou v rámci předpokladů lineární elastické lomové mechaniky řešeny dva okruhy problémů související s problematikou poškození ochranných povrchových vrstev. V prvním případě se jedná o stanovení způsobu porušení vrstvy vyvolaného šířením trhliny z počátečního povrchového vrypu (příp. vrubu). Pro tento účel je počáteční defekt modelován jako trhlina, která je zadána svou délkou a orientací vzhledem k volnému povrchu. V závislosti na počáteční konfiguraci trhliny a materiálových parametrech obou složek je směr dalšího šíření trhliny.

V druhém případě se jedná o analýzu napěťového pole pro trhlinu šířící se kolmo z volného povrchu vrstvy směrem k rozhraní. Přitom se předpokládá, že trhlina se šíří

* Lucie Šestáková, Zdeněk Majer: Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Vysoké učení technické v Brně; Technická 2; 616 69 Brno

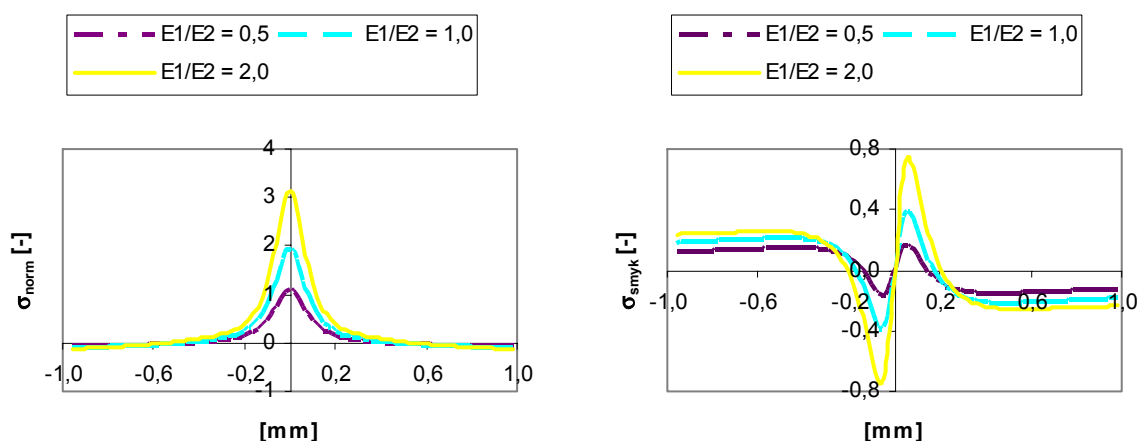
** Ing. Luboš Náhlík, Ph.D., prof. RNDr. Zdeněk Knésl, CSc.: Ústav fyziky materiálů Akademie věd České republiky; Žižkova 22; 616 62 Brno; tel.: +420.532 290 358; e-mail: knesl@ipm.cz

v normálovém módu. V závislosti na délce trhliny a materiálových parametrech ochranné vrstvy a podkladu je vypočteno jednak rozložení napětí v okolí vrcholu trhliny (je charakterizováno odpovídající hodnotou faktoru intenzity K_I) a jednak hodnoty tahových a smykových pnutí v rozhraní. Cílem těchto výpočtů je popsat vliv materiálových parametrů na možnou delaminaci vrstvy a podkladu vyvolanou napětím, které je iniciováno existencí uvažované trhliny, případně rozhodnout, zda se šířící trhlina zastaví na rozhraní obou složek.

Numerický model, výsledky

Pro výpočty byl použit model tělesa s povrchovou vrstvou tloušťky $h_1 = 1\text{mm}$ na masivním podkladu tloušťky $h_2 = 50\text{mm}$. Délka tělesa byla zvolena $L = 300\text{mm}$. Počáteční trhlina vycházející z volného povrchu byla určena délkou a_0 a její orientace úhlem Φ_0 . Těleso bylo namáháno napětím $\sigma_{appl} = 100\text{MPa}$ působícím rovnoběžně s rozhraním. Materiál vrstvy byl charakterizován hodnotou Youngova modulu E_1 a Poissonova čísla μ_1 (resp. hodnotou E_2 a μ_2 pro podklad). Pro každou zvolenou konfiguraci určenou veličinami (a_0 , Φ_0) byly stanoveny hodnoty faktoru intenzity napětí K_I a K_{II} v závislosti na hodnotě poměru E_1/E_2 . V případě trhliny kolmé k rozhraní byla navíc věnována pozornost rozdělení tahové a smykové složky napětí v rozhraní obou materiálů s cílem posoudit možnost delaminace vrstvy a podkladu působením napětí vyvolaných existencí sledované trhliny v povrchové vrstvě. Směr šíření trhliny v povrchové vrstvě byl stanoven na základě kritéria maximálního tangenciálního napětí (MTS kritérium).

V příspěvku je ukázáno, že základním rysem šíření trhliny v tenkých povrchových vrstvách je tendence stáčení trhliny směrem k rozhraní. Vzhledem ke specifickým podmínkám studovaného tělesa (geometrie, zatěžování) není tato tendence prakticky ovlivněna změnou materiálových parametrů povrchové vrstvy a masivního podkladu. Základní mechanismus porušování modelovaných povrchových vrstev bude tedy spojen s šířením trhliny kolmo k rozhraní. Existence trhliny šířící se kolmo k rozhraní vyvolává v rozhraní normálová a smyková napětí, která mohou, v závislosti na mechanismu porušení, vyvolat delaminaci vrstvy a podkladu. Důsledkem tohoto jevu pak bude šíření trhliny podél rozhraní, viz obr.1. Zvýšení poměru E_1/E_2 vede ke zvýšení hodnot jak normálového tak i smykového napětí a tím zvyšuje pravděpodobnost porušení soustavy vrstva-podklad šířením trhliny podél rozhraní.



Obr.1. Průběh složky normálového a smykového napětí v rozhraní pro vybrané hodnoty poměru E_1/E_2 při počáteční délce trhliny $a_0 = 0,9\text{mm}$. Napětí je normováno hodnotou $\sigma_{appl} = 100\text{MPa}$.

Poděkování: Výsledky byly získány s finanční podporou grantu GA ČR 101/05/0320.

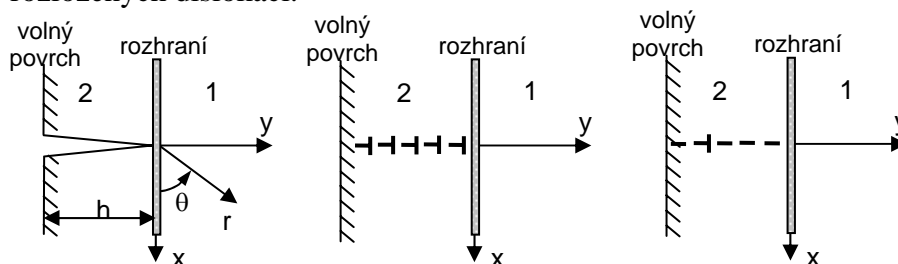
A CONSTRUCTION OF THE FUNDAMENTAL SOLUTION FOR THE DISLOCATION IN THE ANISOTROPIC BI-MATERIAL BODY BY FORCE OF THE FINITE ELEMENT METHOD

O. Ševeček*, M. Kotoul**, T. Profant***

Summary: *The work deals with a modelling of a crack terminating perpendicular to a bimaterial interface by means of Continuously Distributed Dislocations and finding of the fundamental solution for the dislocation. This technique is also used for the T-stress determination. The singular part of the fundamental solution is known and the regular part is constructed using the FEM and subsequently used in the integral equation. The integral equation is solved for the dislocation density that allows finding the T-stress.*

1. Úvod a formulace cílů

Pro posuzování chování trhlin, příp. jiných koncentrátorů je základním předpokladem dobrá znalost pole napětí v blízkosti kořene tohoto koncentrátoru. Pro přesné určení pole napětí v okolí obecných koncentrátoru (trhlin, vrubů v anisotropních bi-materiálech, apod.) tradiční MKP analýza selhává a je proto nutné najít jiný prakticky použitelný způsob jak je určit. S určením pole napětí (příp. deformací) dále úzce souvisí nalezení dvou jeho významných charakteristik - tzv. součinitele intenzity napětí a T-napětí. Oba tyto faktory ovlivňují velikosti plastické zóny v okolí singulárního bodu a tedy i další chování koncentrátoru. Hlavním cílem a předmětem práce bude pro uvedené charakteristiky zkonstruovat vhodné postupy k jejich stanovení, a to konkrétně, pro případ trhliny kolmé k rozhraní dvou anisotropních materiálů. K nalezení fundamentálního řešení bude využita metoda spojitě rozložených dislokací.



Obrázek 1. Schema bi-materiálové poloroviny a dislokací modelujících trhlínu

- * Ing. Oldřich Ševeček, Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, FSI VUT v Brně, Technická 2896/2, 616 69 Brno, tel.: +4 20 5 4114 2871, e-mail: sevecek@seznam.cz
- ** Prof. RNDr. Michal Kotoul, DrSc., Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, FSI VUT v Brně, Technická 2896/2, 616 69 Brno, tel.: +420 5 4114 2889, e-mail: kotoul@fme.vutbr.cz
- *** Ing. Tomáš Profant, Ph.D., Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, FSI VUT v Brně, Technická 2896/2, 616 69 Brno, tel.: +420 5 4114 2891, e-mail: profant@fme.vutbr.cz

2. Singulární část řešení pro dislokaci a technika spojitě rozložených dislokací

Elastické pole je možné vyjádřit dle Lekhniského (1963) pomocí komplexních potenciálových funkcí. Polonekonečná trhlinka je simulována jako pole spojitě rozložených hranových dislokací podél záporné y-ové osy (viz Obrázek. 1). Dle Sua (1990) a Lekhniského (1963) lze odvodit vztahy pro napěťové a deformační pole v okolí dislokace s Burgersovým vektorem b_i a umístěné v (x_0, y_0) . Asymptotické pole napětí v okolí kořene trhlinky lze potom obdržet integrací příspěvků jednotlivých dislokací rozmístěných s jistou hustotou. Regulární část integrální rovnice obdržíme z konečnoprvkové analýzy vzorku.

3. Určení zobecněného součinitele intenzity napětí a T-napětí

Necht' $\hat{\sigma}_{ij}$ a \hat{u}_i jsou dvě pomocná (duální) pole napětí a posuvů, které uspokojují stejné okrajové podmínky a konstitutivní vztahy, jako skutečná pole napětí a posuvů σ_{ij} a u_i , a dále líce trhliny uvažujeme bez vnějšího zatížení. Potom na základě Bettiho recipročního teorému lze psát tzv. ψ -integrál - viz Desmorat & Leckie (1998), který je nezávislý na integrační cestě. Z porovnání integrálů na cestě nekonečně blízké singulárnímu bodu a dostatečně vzdálené od singulárního bodu dokážeme extrahovat součinitel intenzity napětí daného singulárního bodu.

Aby bylo možné použít stejnou proceduru i pro výpočet T-napětí, musel by jeden z kořenů charakteristické rce nabývat hodnoty $\lambda=0$, příp. $\lambda=-2$. Takový případ však nemusí obecně nastat a duální řešení je nutné získat jinak. Vzhledem k tomu, že duální řešení pro výpočet T-napětí je $\sim 1/r^2$, bylo by teoreticky možné sestrojít duální řešení na základě analýzy pole napětí v okolí vrcholu trhliny zatíženém izolovanou silovou dvojicí. Takové (analytické) řešení není zatím však k dispozici. T-napětí je opět možno vypočítat na základě známé dislok. hustoty pro dané okrajové podmínky pomocí techniky spojitě rozložených dislokací.

4. Závěr

Bylo demonstrováno nalezení fundamentálního řešení pro dislokaci pomocí techniky spojitě rozložených dislokací a kombinace MKP. Toto řešení je potřebné pro výpočet zobecněného součinitele intenzity napětí a T-napětí, trhliny kolmé na rozhraní dvou anisotropních materiálů. K výpočtu zobecněného součinitele intenzity napětí byla využita metoda dvoustavových integrálů - ψ -integrálu. Byl dále uveden postup pro určení T-napětí.

5. Poděkování

Příspěvek byl podpořen grantovými projekty GAČR-106/05/H008, 101/05/P290, 101/05/0320.

6. Literatura

- Desmorat, R. & Leckie, F.A. (1998) Singularities in bi-materials: parametric study of an isotropic/anisotropic joint, *European Journal of Mechanics A/Solids*, Vol. 17, p. 33-52
- Hills, D.A. & Kelly, P.A. (1996) *Solution of Crack Problems – The Distributed Dislocation Technique*, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht - Netherlands
- Lekhnitskii, S.G. (1963) *Theory of Elasticity of an Anisotropic Body*, Holden-Day, San Fran.
- Suo, Z. (1990) Singularities, interfaces and cracks in dissimilar anisotropic media, *Proc. R.Soc. London*, A 427, 331-358.

INFLUENCE OF SPECIMEN THICKNESS ON ELASTIC-PLASTIC DEFORMATION MECHANICS AHEAD OF THE FATIGUE CRACK FRONT

O. Šimek^{*}, V. Oliva^{*}, A. Materna^{*}

Summary: *Growing fatigue cracks with a straight front in Al-alloy sheets of three different thicknesses 0.5 mm, 1 mm and 2 mm are modelled using three-dimensional finite element method. FEM model is considered as elastic-plastic with kinematic hardening, small strain formulation, and contact algorithm which reflects the crack closing and opening. Some interesting parameters of stress-plastic strain field ahead of the crack front (stress, plastic strain, strain energy density and plastic zone size) are studied. While the stress distribution under the free surface is not influenced by the specimen thickness, plastic strains are more intensive in the case of thinner specimens.*

1. Úvod

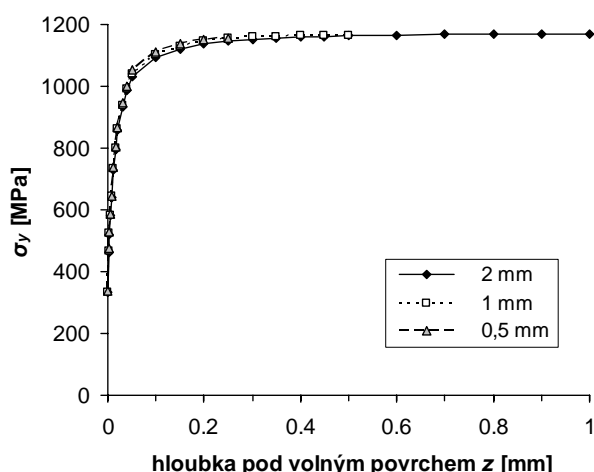
V poslední době se objevují pokusy o co nejdějnější přímé modelování skutečné cyklické napjatosti a cyklické plastické deformace v procesní oblasti před čelem únavové trhliny pomocí metody konečných prvků. Tyto simulace jsou poměrně náročné a v praktických inženýrských výpočtech zatím těžko použitelné. Mohou být však užitečné pro studium vlivu různých faktorů na chování trhliny, např. parametrů zatěžujícího režimu a jejich náhlých změn, vedoucích k dočasné retardaci či urychlení trhliny, vlivu plastických vlastností materiálu, geometrie tělesa s trhlinou apod.

Tato práce se soustředí na vliv jednoho z těchto parametrů - tloušťku tělesa. Nejde o to, že by tloušťka nějakým zvlášť významným způsobem ovlivňovala rychlost šíření únavové trhliny. Cílem je spíše doplnění obecné představy o povaze namáhání materiálu na čele trhliny a stanovení meze použitelnosti 2D modelů.

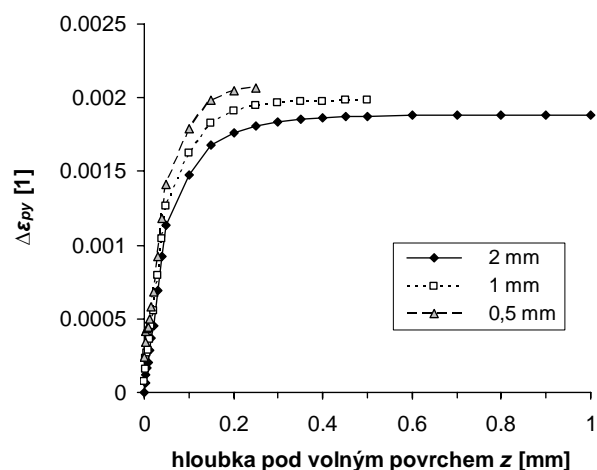
2. Simulované experimenty

V práci je pomocí 3D metody konečných prvků simulováno cyklické pole napětí a plastické deformace na přímém čele hypotetických centrálních únavových trhlín s přímým čelem, rostoucích v tahovém módu v CCP tělesech 180x58 mm z Al slitiny o tloušťkách 0,5 mm, 1 mm a 2 mm při rozkmitu faktoru intenzity napětí $\Delta K = 6,72 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ a parametru asymetrie $R = 0$.

^{*} Ondřej Šimek, Doc. Ing. Vladislav Oliva, CSc., Ing. Aleš Materna, Ph.D.: Katedra materiálů, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, České vysoké učení technické v Praze; Trojanova 13, 120 00 Praha 2; tel.: +420.224 358 525, fax: +420.224 358 523; e-mail: Ondrej.Simek@jfifi.cvut.cz



Obr. 1 Průběh napětí ve směru zatížení σ_y v maximu zátěžného cyklu podél čela trhliny pro různé tloušťky tělesa.



Obr. 2 Průběh rozkmitu plastické deformace ve směru zatížení $\Delta \epsilon_{py}$ v maximu zátěžného cyklu podél čela trhliny pro různé tloušťky tělesa.

3. Závěr

Simulace ukázaly, že:

1. Napjatost na většině délky čela trhlín prakticky nezávisí na tloušťce a odpovídá představě o napjatosti za podmínek rovinné elastoplastické deformace. Jen v těsné blízkosti okraje čela je napěťový cyklus ovlivněn přítomností volného povrchu. Ovlivnění sahá u všech tloušťek do stejné hloubky $\sim 0,2$ mm a má stejný průběh (Obr. 1). S klesající tloušťkou tělesa se tedy mění jen podíl délky ovlivněné oblasti na celkové délce čela. Cyklus blízký rovinné napjatosti převládá na čele trhliny až při tloušťkách menších než cca 0,1 mm.
2. Větší vliv má tloušťka tělesa na cyklickou plastickou deformaci na čele trhliny (Obr. 2). Celková úroveň rozkmitu cyklické plastické deformace i hustoty energie, ukládané při plastických deformacích v kořeni trhliny, s klesající tloušťkou mírně roste. Podle představy o lokální nízkocyklové únavě na čele únavové trhliny by tedy rychlost šíření trhliny s přímým čelem měla s klesající tloušťkou mírně růst.
3. Rozkmit plastické deformace i hustota poškozující energie jsou v okrajové oblasti čela, ovlivněné volným povrchem, výrazně nižší než by odpovídalo elastoplastickému 2D řešení za předpokladu rovinné napjatosti a dokonce nižší než ve střední části čela. Ve skutečnosti se proto okraj původně přímého čela začne opožďovat, čelo se zakříví a jeho okrajová část se přetížá tak, aby rychlost pohybu čela byla v celé délce přibližně stejná.

4. Poděkování

Tato práce vznikla za laskavé podpory výzkumného záměru MSM6840770021 „Diagnostika materiálů“.

SIMULATION OF AUTOGENOUS SHRINKAGE OF YOUNG CEMENT PASTES

V. Šmilauer, J. Litoš¹

Summary: *Autogenous shrinkage presents a serious problem in modern concretes due to various admixtures and high water demand for hydration. Microscopic underpressure in the pore water exerts inner load to the microstructure, causing shrinkage and consequently creep. This behavior is simulated via FEM, where the microstructure of cement paste is loaded directly by underpressure, at the micrometer scale. Validation shows that creep of the cement paste must be also taken into account when good quantitative prediction is expected.*

1. Introduction and algorithm

During the cement hydration, the absolute volume of cement, hydration products and water decreases. This phenomenon is called chemical shrinkage or self-dessication when concrete has no additional water supply. The water is consumed from capillary porosity resulting to additional stresses due to menisci formation. These stresses present a driving force responsible for macroscopic shrinkage of a specimen, the most important inner load above 80 % of relative humidity [Hua 1995].

This paper uses data from mercury intrusion porosimetry (MIP), where the capillary underpressure may be accessed directly. Cement microstructure is reconstructed and hydration simulated at the micrometer scale [Bentz 2005]. In some characteristic times, a representative volume element (RVE) from the microstructure is discretized to be used in FEM. At this stage, the capillary underpressure acting on resolution of 1 μm makes the microstructure to shrink. Fig. 1 shows the RVE, loaded by underpressure.

The stresses σ in any Gauss point in the RVE are calculated from equilibrated strains ϵ^{eq} and material stiffness matrix C :

$$\sigma = C(\epsilon^{eq} - \epsilon^{ig}). \quad (1)$$

The top displacement w_{top} , corresponding to appropriate pore pressure, is also obtained.

At the macroscopic level, the cement paste exhibits the behavior of viscoelastic medium. A creep function $J(t, t_0)$ is measured at various loading times t_0 . The total vertical strain is calculated with the help of the stress averaged across RVE, Σ_{RVE} , and the creep function:

$$\epsilon_z = (1 - 2\nu(t)) \left[J(t, t_0) \Sigma_{RVE} + \int_{t_0}^t J(t, \tau) \frac{d\Sigma_{RVE}(\tau)}{d\tau} d\tau \right]. \quad (2)$$

¹ Ing. Vít Šmilauer, Ph.D., Ing. Jiří Litoš, Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering, Thákurova 7, Praha 6, 166 29, tel. +420 224 355 417, vit.smilauer@fsv.cvut.cz, litos@fsv.cvut.cz

2. Validation and conclusion

The validation of autogenous shrinkage using MIP, FEM and creep will be carried out on an experiment conducted by Hua *et al.* [Hua 1995], with ordinary Portland cement paste of 0.42 water-to-cement ratio. Experimental autogenous shrinkage was measured from 24 hours, corresponding to degree of hydration of 0.4668. Fig. 2 displays the results, when the zero strain is set zero at 21.5 hours of hydration. In this particular case, the creep history has been neglected too. At 25 days, the elastic part takes only 14 % of total strain.

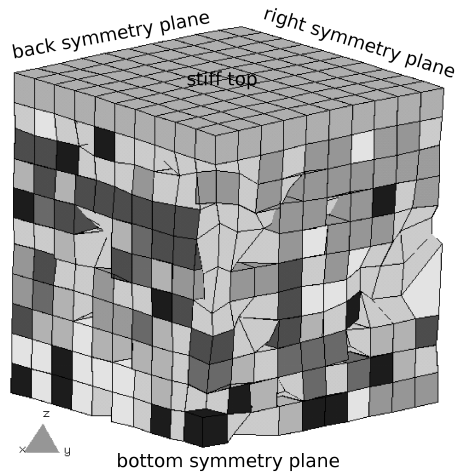


Figure 1: Example of RVE $10 \times 10 \times 10 \mu\text{m}$, degree of hydration 0.2, an octant of the specimen loaded by undepressure.

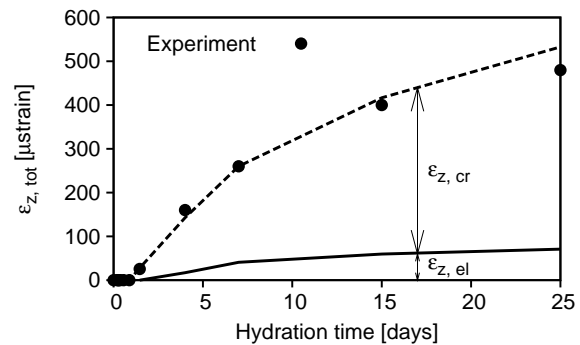


Figure 2: Total autogenous shrinkage, including creep, zeroed at the degree of hydration of 0.4 \sim 21.5 h.

The simulated experiment shows perfect agreement with numerical simulation, using elastic and viscoelastic properties of hardening cement paste.

3. Acknowledgment

The support of MSM 6840770003 and grant GAČR 103/04/1291 is gratefully acknowledged.

4. References

- [Bentz 2005] Bentz, D.P. 2005: *CEMHYD3D: A Three-Dimensional Cement Hydration and Microstructure Development Modeling Package. Version 3.0*. NIST Building and Fire Research Laboratory, Gaithersburg, Maryland.
- [Hua 1995] Hua, C., Acker, P. & Ehlacher, A. 1995: Analyses and models of the autogenous shrinkage of hardening cement paste. I. modelling at macroscopic scale. *Cem. Concr. Res.*, vol. 25, 1457-1468.

RE-CALIBRATION OF THE METHODOLOGY DETERMINING BURST PRESSURE OF PIPE WITH SURFACE DEFECT.

M. Španiel, C. Novotný, M. Růžička¹

Summary: *The paper documents re-calibration of the remaining load-carrying capacity (RCMT) methodology assessed to determine limit pressure of pipeline with surface areal defect. It was done under research contract between RWE Transgas, a.s. and FME of CTU in Prague. 9 artificial defects that had been experimentally tested in past, were analysed and utilised as re-calibration resource.*

1. Úvod

Předmětem příspěvku je recalibrace metodiky výpočtu mezního tlaku potrubí dálkových plynovodů s plošným defektem, která byla provedena ve spolupráci s firmou RWE Transgas, a.s. Metodika (MVMT) předpokládá, že o plastickém kolapsu rozhoduje rozložení plastické deformace v místě plošného ztenčení stěny potrubí. Je použitelná za předpokladů: 1) Defekt je dostatečně velký v porovnání s tloušťkou stěny a má charakter plošné poruchy tloušťky stěny; 2) Materiál potrubí má velkou zásobu plasticity (tažnost nad 10%). Poměrná délka defektu $\Lambda = L_P/L_D$ – kritérium mezního stavu vycházející z délky plastické oblasti L_P a deformační vlny L_D – je vypočtena MKP jako funkce tlaku. Konfrontací s experimentálně stanovenými mezními tlaky je určena její mezní hodnota Λ_{LIM} . Metodika byla vyvíjena a testována na Ústavu mechaniky Strojní fakulty ČVUT v devadesátých letech minulého století [Gajdoš 2004] a její použitelnost byla negativně ovlivněna faktem, že podklady byly průběžně vyhodnocovány během celého výše zmíněného desetiletí. Relevantnost experimentů zůstává prakticky neměnná, ale výsledky získané na starších MKP modelech nejsou plně srovnatelné s dnešními. Hlavním cílem práce bylo revokovat starší modely experimentálně vyšetřovaných defektů, analyzovat je jednotným MKP aparátem na srovnatelných sítích a provést recalibraci stávajících mezních hodnot Λ_{LIM} .

2. Automatizace procedury predikce mezního tlaku

Praktická použitelnost metodiky byla snižována také vysokým podílem lidské práce při vyhodnocování výpočtů. Součástí projektu recalibrace proto byl i vývoj programového aparátu MVMT. Celé vyhodnocení defektu od identifikace plastické oblasti až po určení závislosti $\Lambda(p)$

¹ Ing. Miroslav Španiel, CSc., Ing. Ctirad Novotný, Prof. Ing. Milan Růžička, CSc. Strojní fakulta ČVUT v Praze, Technická 4, 166 07 Praha 6. tel. +420 224 352 561, email miroslav.spaniel@fs.cvut.cz

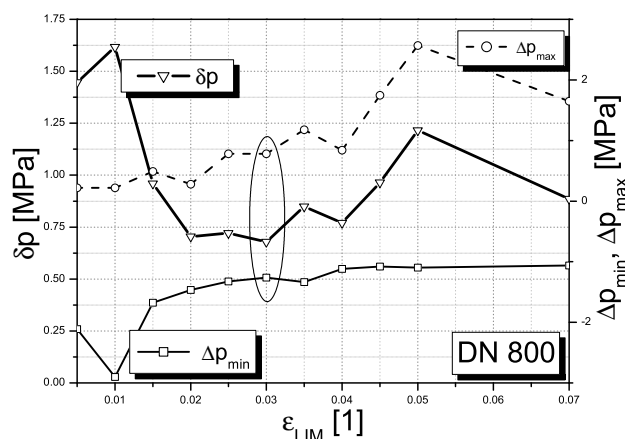
je implementováno jako skript v prostředí MKP systému ABAQUS v jazyce Python. Pro určení mezních hodnot Λ_{LIM} ze série experimentů na základě statistického zpracování byl vytvořen program v prostředí systému Origin Lab.

3. Výsledky rekalibrace a závěry

Rekalibrace byla provedena na 6 defektech na potrubí DN 800, resp. 3 defektech na potrubí DN 900 (viz [Španiel 2005]). Rozměry plastické oblasti závisí na volbě mezní hodnoty intenzity plastické deformace ε_{LIM} , která je parametrem metodiky. Při kalibraci se na množině n defektů \mathcal{L} s experimentálně stanoveným mezním tlakem pro danou ε_{LIM} stanoví odpovídající množina $\mathcal{L}_\Lambda = \{\Lambda_{LIM}^i(\varepsilon_{LIM})\}_{i=1}^n$ a stanoví průměrná hodnota $\Lambda_{LIM}(\varepsilon_{LIM})$. Optimální hodnota ε_{LIM} byla v minulosti určována pro nejmenší rozptyl množiny \mathcal{L}_Λ . Nové programové vybavení umožnilo stanovit optimální ε_{LIM} pomocí simulované predikce mezních tlaků na množině defektů \mathcal{L} na základě střední kvadratické chyby $\delta p(\varepsilon_{LIM})$ a minimální $\Delta p_{min}(\varepsilon_{LIM})$, resp. maximální $\Delta p_{max}(\varepsilon_{LIM})$ odchylky predikovaných mezních tlaků.

1) Podle obr. 1 je pro trubku DN 800 optimální $\varepsilon_{LIM}^{opt} = 0,03$ a $\delta p = \pm 0,68$ MPa, $\Delta p_{min} = -1,26$ MPa a $\Delta p_{max} = 0,78$ MPa. Na potrubí DN 900 je $\delta p = \pm 0,1$ MPa, resp. $\Delta p_{min} = -0,15$ MPa; $\Delta p_{max} = 0,07$ MPa². Na základě těchto rozptylů lze konstatovat, že mezní tlaky stanovené podle MVMT leží v tolerančním pásmu ± 1 MPa.

2) Lze říci, že rozptyly jsou způsobeny heuristickou podstatou kritéria poměrné délky defektu a nepřesnostmi v popisu materiálu a v geometriích trubek i defektů. Další zvyšování věrohodnosti a spolehlivosti MVMT je možné jen pomocí dalších experimentů nebo změnou kritéria. Pro posouzení bezpečnosti přirozených defektů vůči provoznímu tlaku je stávající spolehlivost MVMT dostačující.



Obrázek 1:

4. Poděkování

Tento výzkum byl financován RWE Transgas, a.s.

5. References

[Gajdoš 2004] Gajdoš, L et al. 2004: Structural Integrity of Pressure Pipelines, Transgas, a.s., Praha.

[Španiel 2005] Španiel, M. & Novotný, C. & Růžička, M. 2005: Rekalibrace a zpřesnění metodiky výpočtu mezního tlaku potrubí s plošným defektem. *Technická zpráva 2051/05/14*, FS ČVUT v Praze.

² Rozptyly na potrubí DN 900 jsou menší proto, že soubor defektů byl menší a měl výrazně nižší variabilitu geometrií.

THE EFFECT OF OVERLOADING OF PIPES ON THEIR FRACTURE TOUGHNESS IN RELATION TO THE STRENGTH GRADE OF STEEL

M. Šperl*, L. Gajdoš*

Summary: *The present experimental results showed a very positive effect of a controlled overloading of a pipeline on its fracture toughness. These results have been referred to steels of the class L360MB and L415MB. However, more recent results obtained on L450MB steel indicated that the positive effect of overloading is reduced as the strength properties of steels are increased. It follows from this that the final technological operation of overloading of pipes made from steels of an increased strength could be let out from the pipe manufacture scheme. The paper presents experimental results which prove by evidence a decreasing positive effect of overloading on the fracture toughness of steels of high strength properties.*

1. Úvod

Odpor materiálu vůči lomu je vlastností, která určuje úroveň tolerance eventuálních defektů v tlakem zatíženém potrubí. Tento odpor vyjadřujeme kritickou hodnotou efektivního lomového parametru řídicího lomový proces tělesa. Vzhledem k tomu, že pro výrobu tenkostěnných spirálně svařovaných trub, které byly předmětem našeho výzkumu, se používají materiály, které vykazují dobré plastické vlastnosti a v okamžiku jejich lomu dochází k velké plastické deformaci před čelem trhliny, je vhodným elasto-plastickým lomovým parametrem Rice-ův křivkový J integrál.

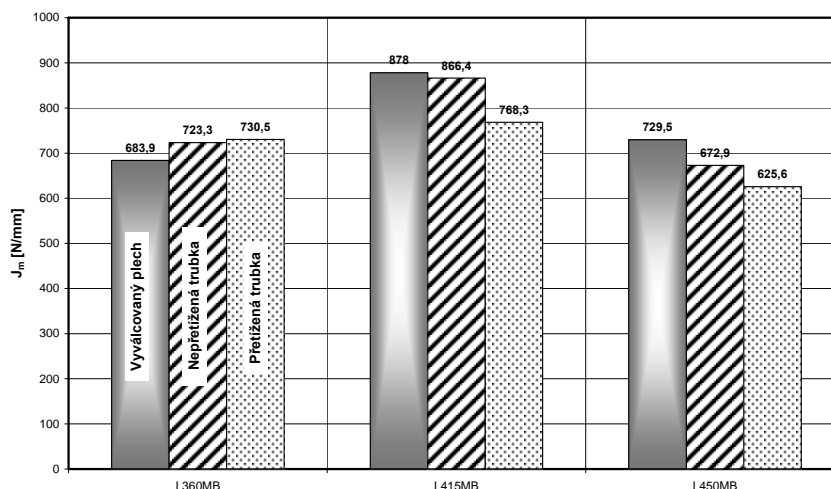
Díky účasti našeho ústavu na řešení dvou poměrně rozsáhlých grantových projektů MPO (č. FA-E3/009 – již ukončen, č. FT-TA/091), s hlavním řešitelem Mittal Steel Ostrava, bylo možné posoudit, jaký vliv na lomovou houževnatost materiálu má finální technologická operace přetížení hotové trubky vnitřním tlakem vody na úroveň blízkou mezi kluzu v závislosti na pevnostním stupni oceli. Výzkum lomově mechanických vlastností probíhal na ocelích třídy L360MB, L415MB a L450MB.

2. Výsledky zkoušek a vyhodnocení

Kritickou hodnotou stability tělesa s trhlinou je hodnota J integrálu označená J_m . Při dosažení této hodnoty dojde v tělese s trhlinou, u kterého je zatěžování řízeno od síly, k nestabilnímu šíření této trhliny, a to znamená rychlý lom tělesa. Z tohoto důvodu byly na vyšetřovaných

* Ing. Martin Šperl, Ing. Lubomír Gajdoš, CSc.: Ústav teoretické a aplikované mechaniky – AVČR; Prosecká 76, 19000 Praha 9; tel.: +420286882121, fax: +420286884634; e-mail: sperl@itam.cas.cz, gajdos@itam.cas.cz

materiálech sledovány hodnoty J integrálu J_m . Grafické zobrazení změn hodnot J_m v závislosti na fázi technologie výroby trubky a druhu materiálu je na obr. 1.



Obr.1 Sloupcový diagram hodnot J integrálu J_m

3. Závěr

Na základě získaných výsledků lze udělat následující závěry:

- Všechny tři vyšetřované materiály vykazují poměrně vysokou hodnotu lomové houževnatosti J_m (minimum 625,6 N/mm, maximum 878,0 N/mm).
- Vzhledem k získaným výsledkům se z hlediska lomových vlastností nejeví přetížení hotové trubky vyrobené z ocelí L415MB a L450MB jako žádoucí. Na druhé straně nelze opomenout příznivý vliv přetížení na úroveň zbytkových pnutí v trubce. Proto lze počítat s tím, že zařazení operace přetížení hotových trubek a samotná úroveň přetížení u vyšších pevnostních stupňů ocelí bude ještě předmětem dalších výzkumných prací a komplexního posuzování výsledků.

4. Poděkování

Tato práce byla podporována v rámci Výzkumného záměru AV0Z 20710524, grantových projektů MPO č. FT-TA/091 a GA AVČR IAA200710604

5. Literatura

- ASTM E 1820-01 Standard Test Method for Measurement of Fracture Toughness. *ASTM Standard* 2001
- Gajdoš, E. a Šperl, M.: Vliv technologie výroby plynovodních trub na jejich lomové vlastnosti. *Sborník 13. mezinárodního kolokvia „Spolehlivost vysokotlakých ocelových potrubí“*, 2. – 3. březen 2004, Praha, s. 15/1 – 15/15
- Rice, J.R. and Sorensen, E.P.: Continuing Crack Tip Deformation and Fracture for Plane Strain Crack Growth in Elastic – Plastic Solids. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, Vol. 26, 1978, pp. 163 -186
- Shih, C.F.: Relationship Between the J – Integral and the Crack Opening Displacement for Stationary and Extending Cracks. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, Vol. 29, 1981, pp. 305 -326

MATERIAL CHARACTERISTICS OF THE BIOLOGICAL MATERIALS LIKE INPUT VALUES TO THE 3D FEM MODEL OF THE PHYSIOLOGICAL HIP JOINT

M. Štekl*

***Summary:** By one of the important aspects of the computational modeling of the biomechanical problems is creating of the material model of the biological materials. It is very difficult to find appropriate material characteristics for the material model of the biological materials. The purpose of this paper is to perform the sensitivity analysis of the material characteristics of the material model of the physiological hip joint. The final material model will be created after the sensitivity analysis from the new modified material characteristics.*

1. Úvod

Při řešení biomechanických problémů výpočtovým modelováním je neustále naráženo na velké potíže s určením materiálového modelu a odpovídajících materiálových charakteristik biologických materiálů. Narozdíl od materiálů technických, kde se v drtivé většině dají materiálové charakteristiky relativně snadno a přesně určit, u biologických materiálů je to velmi obtížné. Měření těchto materiálů je ovlivněno mnoha faktory, které vedou k velkému rozptylu naměřených hodnot. Tyto faktory jsou jednak dány podmínkami vlastního experimentu a jednak fyziologickým stavem vzorku. Mezi podmínky experimentu je možné zahrnout např. velikost vzorku a jeho stav (čerstvý, vysušený, balzamovaný či zmražený), polohu a orientaci, způsob zatěžování atd. Fyziologickým stavem je myšleno např. pohlaví, věk, zdraví a vnitřní struktura vzorku. Z toho vyplývá, že vytvoření modelů materiálů je velmi náročné a určení materiálových charakteristik pro modely velmi obtížné, což se projevuje velkým rozptylem v publikovaných hodnotách. Při tvorbě modelu materiálu je nutné předem vymežit oblast, pro kterou bude výpočtový model používán a na základě toho posoudit úroveň modelu materiálu. Výpočtový model fyziologického kyčelního spojení uvedený v tomto příspěvku je určen ke srovnávacím deformačně-napětovým analýzám s výpočtovým modelem kyčelního spojení s totální endoprotézou (TEP). Ze zkušeností z obdobných prací (např. Vrbka (2002)) jsou z hlediska řešeného problému dostatečné modely izotropních homogenních materiálů s lineárně elastickými vlastnostmi. Cílem příspěvku je vytvořit modely materiálů pro výpočtový model fyziologického kyčelního spojení. Řešení bude provedeno pomocí výpočtového systému ANSYS.

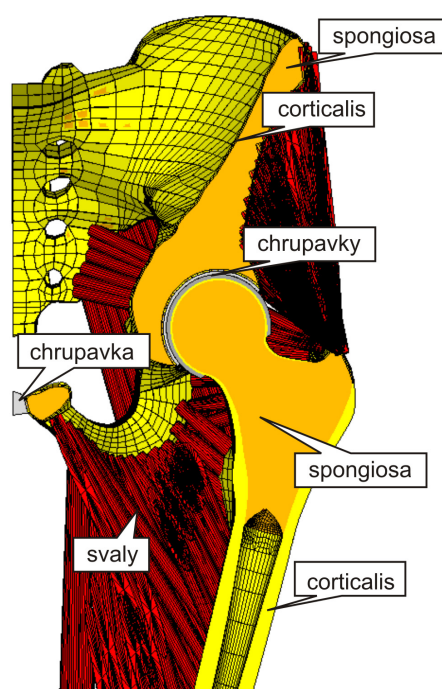
* Ing. Martin Štekl: Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Vysoké učení technické v Brně; Technická 2896/2; 616 69 Brno; tel.: +420.541 142 869; e-mail: stekl_martin@email.cz

2. Řešení

Příspěvek se zabývá vytvořením modelů materiálů pro soustavu fyziologického kyčelního spojení. Řešení je provedeno na vytvořeném výpočtovém modelu fyziologického kyčelního spojení ve výpočtovém systému ANSYS.

Konečnoprvkový model fyziologického kyčelního spojení na obr.1 vznikne rozdělením geometrického modelu na konečný počet elementů (prvků). Tento model obsahuje pánevní kost se symetrickou polovinou kosti křížové, stehenní kost, chrupavku acetabula pánevní kosti, chrupavku hlavice stehenní kosti a svaly (viz. obr.1). Model svalů slouží k zajištění soustavy v dané poloze a obsahuje 16 svalů.

Konkrétní hodnoty materiálových charakteristik pro modely materiálů jsou určeny na základě studií nalezených v literatuře Štekl (2002) a Vrbka (2002) a budou případně upraveny po provedených citlivostních analýzách.



Obr.1 Konečnoprvkový model fyziologického kyčelního spojení

3. Závěr

Pro výpočtový model fyziologického kyčelního spojení byly vytvořeny modely materiálů s materiálovými charakteristikami dle uvedené literatury. Na tomto výpočtovém modelu byla provedena citlivostní analýza na změnu uvedených materiálových charakteristik. Veličina na základě které byla změna vyhodnocována byla hodnota maximálního kontaktního tlaku mezi chrupavkami. Dalším kritériem pro úpravu materiálových charakteristik je časová náročnost jednotlivých výpočtů. Výsledky byly zpracovány formou grafů a na jejich základě byly upraveny materiálové charakteristiky modelů materiálů. Nové modely materiálů budou používány ve výpočtovém modelu fyziologického kyčelního spojení při řešení biomechanických problémů klinické praxe.

4. Literatura

- Štekl, M. (2002) Napjatostně deformační analýza pánevní kosti s jamkou totální endoprotézy. *Diplomová práce*, Ústav Mechaniky Těles, VUT FSI, Brno.
- Štekl, M. (2005) Vytvoření MKP modelu fyziologického kyčelního kloubu a MKP modelu s aplikovanou totální endoprotézou. *Computational Mechanics 2005*, Hrad Nečtiny, pp.565-572.
- Vrbka, M. (2002) Deformačně napěťová analýza fyziologicky a patologicky vyvinutého kyčelního spojení. *Ph.D thesis*, VUT FSI, Brno.

INFLUENCE OF THE HEAD DIAMETER OF THE THR ON THE VALUE AND DISTRIBUTION OF THE CONTACT PRESSURE INSIDE THE POLYETHYLENE CUP OF THE THR

M. Štekl*

Summary: *Aseptic loosening of the total hip replacement (THR) of the hip joint is the most frequent reason of its failure. Polyethylene particles involved at relative motion between the head and the cup of the THR plays an ultimate part of this type of failure. Quantity of the polyethylene particles is influenced (among others) a value and distribution of the contact pressure inside the cup. The purpose of this paper is to perform strain-stress analysis of the hip joint with THR applied and to specify the influence of the head diameter on the value and distribution of the contact pressure inside the cup.*

1. Úvod

Nejčastějším důvodem selhání totální endoprotézy (TEP) je její aseptické uvolnění. Po implantaci endoprotézy vzniká v těle několik uměle vytvořených rozhraní mezi implantátem a kostí a mezi jednotlivými komponentami implantátu, na kterých při pohybu dochází k otěru částic. Právě otěrové částice hrají podle Štědrý (2001) při vzniku aseptického uvolnění rozhodující roli. Největším zdrojem otěrových částic je polyethylen použitý pro jamku TEP. Velikost polyethylenového otěru je závislá na řadě faktorů, včetně mechanických poměrů ve styku kulové hlavice a jamky TEP. Tyto mechanické poměry jsou mimo jiné ovlivněny také vnějším průměrem hlavice a je možné je určit na základě deformačně-napěťové analýzy kyčelního kloubu s aplikovanou TEP. Tento příspěvek je zaměřen na posouzení mechanických poměrů mezi hlavicí (o různých vnějších průměrech) a jamkou TEP. Deformačně-napěťová analýza bude provedena na 3D MKP modelu kyčelního kloubu s aplikovanou jamkou TEP ve výpočtovém systému ANSYS.

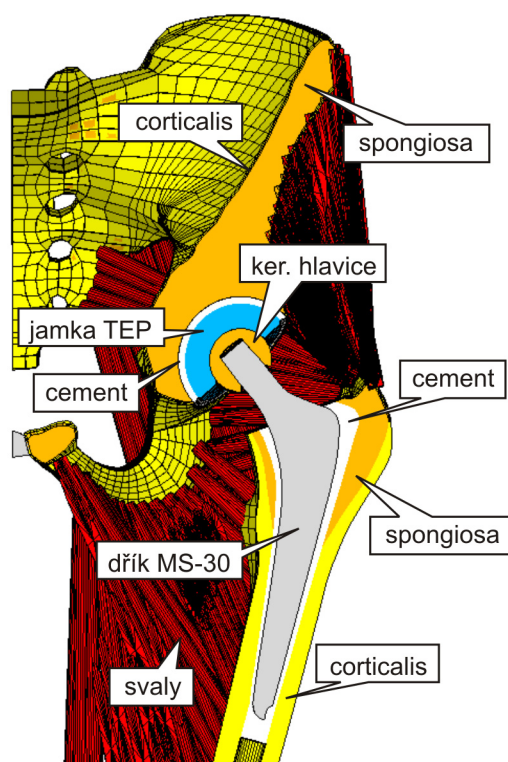
2. Řešení

Vytvořený konečnoprvkový model je na obr.1. Pro účel tohoto příspěvku byl vnější průměr hlavice měněn v rozmezí 26mm až 36mm s přírůstkem 2mm. Geometrie jamky TEP je vždy modifikována aby vnitřní průměr odpovídal příslušnému vnějšímu průměru keramické hlavice. Jsou použity modely izotropních homogenních materiálů s lineárně elastickými vlastnostmi.

* Ing. Martin Štekl: Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Vysoké učení technické v Brně; Technická 2896/2; 616 69 Brno; tel.: +420.541 142 869; e-mail: stekl_martin@email.cz

3. Závěr

Byla provedena deformačně-napěťová analýza kyčelního spojení s aplikovanou TEP pro různé vnější průměry hlavičky TEP. Rozsah průměrů byl uvažován od 26mm do 36mm, neboť pro použitý dřík MS-30 se v klinické praxi používají průměry hlavic 28mm a 32mm. Na základě výsledků analýzy je možné říci, že se zmenšujícím se průměrem hlavičky stoupá kontaktní tlak mezi hlavičkou a jamkou TEP a zároveň se globálně zmenšuje plocha styku těchto komponent. Plocha styku mezi hlavičkou a jamkou TEP se v poměru k celkové ploše uvnitř jamky zmenšuje se zvětšujícím se vnějším průměrem hlavičky. Lze usoudit, že polyethylenový otěr bude tím větší, čím větší bude kontaktní tlak mezi hlavičkou a jamkou TEP a také čím větší bude plocha styku hlavičky a jamky TEP. Vzhledem k charakteru chování těchto vyšetřovaných veličin, je třeba při volbě průměru hlavičky najít kompromis s přihlédnutím k dalším aspektům ovlivňujícím velikost polyethylenového otěru jamky TEP.



Obr.1 Konečnoprvkový model

4. Literatura

- Čech, O., Džupa, V. (2005) Revizní operace náhrad kyčelního kloubu. *Galén*, Praha.
- Beznoska, V. a kol. (1987) Umělé náhrady lidských kloubů. Biomechanické, materiálové a technologické aspekty. *SNTL*, Praha.
- Maxian, T. A. et al. (1996) A sliding-distance-coupled finite element formulation for polyethylene wear in total hip arthroplasty. *Journal of Biomechanics*, Vol. 24, No. 5, pp. 687-692.
- Metoxit (2005) High tech ceramics: Alumina ceramics DIN EN 60 672, TYPE C799, A1 999-05x, Bioceramic (Orthopaedics), Precision parts, Spheres. Metoxit AG 10/05.
- Scholes, S. C., Unsworth, A., Goldsmith, A. A. J. (2000) A friction study of total hip joint replacements. *Phys. Med. Biol.*, Vol 45, pp. 3721-3735.
- Štekl, M. (2005) Vytvoření MKP modelu fyziologického kyčelního kloubu a MKP modelu s aplikovanou totální endoprotézou. *Computational Mechanics 2005*, Hrad Nečtiny, pp.565-572.
- Štědrý, V. (2001) Uvolnění totální protézy kyčelního kloubu – Možnosti revizních operací. *Postgraduální medicína 1/2001*, Praha, pp. 85-88.
- Vrbka, M. (2002) Deformačně napěťová analýza fyziologicky a patologicky vyvinutého kyčelního spojení. *Ph.D thesis*, VUT FSI, Brno.

FUZZY DISTRIBUTION OF INTERNAL FORCES IN SEISMICALLY LOADED FRAME STRUCTURE

P. Štemberk, J. Kruis, Z. Bittnar¹

Summary: *In this paper, an approach to dynamic analysis based on the fuzzy set theory is presented. The dynamic analysis uses the response spectra method where the material parameters are considered fuzzy, which results in mode shapes and natural frequencies with fuzzy distribution. The subsequent design requires knowledge of internal forces, which in this case, are also in the form of fuzzy numbers. The resulting fuzzy distribution of internal forces in the structural elements reflects the degree of uncertainty contained in the input material parameters. This approach is explained in an illustrative example.*

1. Description of problem and its solution

Concrete, as a convenient building material, inherently involves uncertainty about its composition, which is difficult to be eliminated completely, however, this uncertainty can be assessed by statistical, fuzzy, or other suitable tools. For design purposes, one may wish to conduct a statistical analysis, using the statistical characteristics of several measured events. In the case of earthquake, the measured data for each site of interest is not particularly dense, leaving the statistical characteristics with little relevance. On the other hand, the expected seismic load at a site can be alternatively expressed by the fuzzy sets, (Zadeh, 1965), which take into account the scarcity of seismic stations and the information about local sub-soil composition.

In this paper, an approach to dynamic analysis based on the fuzzy set theory is presented as a pre-step of the classical stochastic dynamic analysis. The material parameters of reinforced concrete are considered to be fuzzy quantities with a given distribution, i.e. fuzzy numbers with a desired shape of the membership function, (Valliappan and Pham, 1993). The dynamic analysis is performed with help of the fuzzy arithmetic on the α -cuts. The result of such an analysis is in the form of fuzzy numbers which compared with the stochastic approach is less expensive in terms of computation time and still it provides the designer with an idea of distribution of the sought quantity, (Kala, 2005). In order to further improve the computational efficiency, the concept of a surface response function is utilized. This approach is demonstrated in an illustrative example of a 2D frame where the effect of uncertain material

¹ Ing. Petr Štemberk, Ph.D., doc.Ing. Jaroslav Kruis, Ph.D., Prof. Ing. Zdeněk Bittnar, DrSc.: Fakulta stavební, České vysoké učení technické v Praze; Thákurova 7; 166 29 Praha 6; tel.: +420.224 354 364, fax: +420.224 353 740; e-mail: stemberk@fsv.cvut.cz

parameters transpires in corresponding distributions of natural modal shapes, natural frequencies of an analyzed two-dimensional frame. The results of the natural vibration analysis are then used in the investigation of structural vibration by the response spectrum. The methodology for application to seismic design is explained and the following procedure of reliability assessment is hinted. The question of how many α -cuts are necessary and how their number influences the result is also tackled.

2. Results

Fig. 1. shows an example of the distribution of bending moments in a frame structure subjected to dynamic loading. The solid line shows the resulting values corresponding to the mean input values. The dashed lines represent the minimum and maximum resulting values, the envelope of all possible solutions.

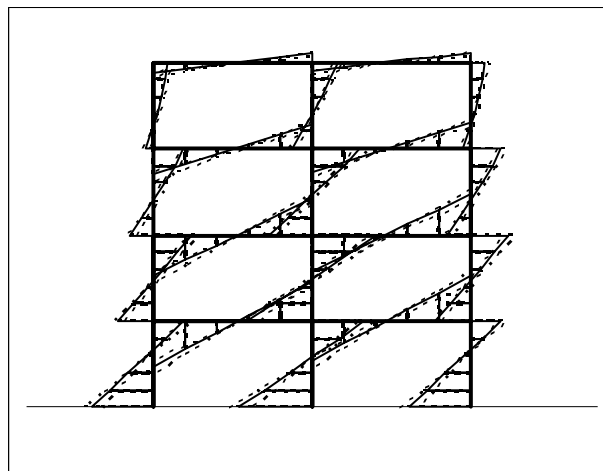


Fig.1. Distribution of bending moments.

3. Acknowledgement

This work was supported by the Czech Science Foundation (project no. 103/04/1340), which is gratefully acknowledged.

4. References

- Kala, Z. (2005) Fuzzy sets theory in comparison with stochastic methods to analyse nonlinear behaviour of a steel member under compression, *Nonlinear Analysis: Modelling and Control*, 10, 1, pp. 65-75.
- Valliappan, S. & Pham, T.D. (1993) Construction of the membership function of a fuzzy set with objective and subjective information, *Microcomputers in Civil Engineering*, 8, pp. 75-82.
- Zadeh, L.A. (1965) Fuzzy sets, *Information Control*, 8, 3, pp. 338-352.

COMPUTATIONAL MODELLING OF EFFECT OF TONSILLECTOMY ON PRODUCTION OF CZECH VOWELS

P. Švancara*, J. Horáček**

Summary: *In this study the effect of tonsillectomy on production of Czech vowels is numerically examined. The finite element (FE) models of the acoustic spaces corresponding to the human vocal tracts and acoustic space around the human head are used in numerical simulations of phonation. Models for Czech vowels /a/, /e/, /i/, /o/ and /u/ are analyzed. Similar experimental studies on living subjects are not easily realisable. The acoustic resonant characteristics of the FE models are studied using modal and transient analyses (excitation by a short pulse). The production of vowels is simulated in time domain using transient analysis of the FE models excited by Liljencrants-Fant's (LF) glottal signal model. Calculated results show that tonsillectomy causes frequency shifts of some formant frequencies mostly down to lower frequencies. Biggest shifts were obtained for 2nd and 3rd formants for vowel /o/ ~300Hz down to lower frequencies and for 2nd (~450Hz) and 3rd (~150Hz) formants for vowel /u/ down too. The frequency shifts of the formants are significantly dependent on position and size of the tonsils.*

1. Úvod

Cílem tohoto příspěvku je analyzovat pomocí výpočtového modelování vliv odebrání krčních mandlí (tonzilektomie) na výslovnost českých samohlásek. Vliv tonzilektomie na výslovnost samohlásek byl doposud studován pouze experimentálně. Hlavní nevýhodou těchto experimentálních analýz je, že pacienti jsou obtížně schopni reprodukovat danou samohlásku stejným způsobem při měření před a po operaci. Výsledky je tedy třeba zpracovávat statisticky z omezeného souboru dat.

2. MKP modely vokálních traktů

MKP modely vokálních traktů pro samohlásky /a/, /e/, /i/, /o/ a /u/ byly vytvořeny pomocí magnetické rezonance (Dedouch et al., 2002). Pro simulaci šíření akustických vln od úst do volného prostoru byla k MKP modelům vokálních traktů přidána síť reprezentující akustický prostor okolo hlavy. Na vnějším povrchu této sítě byly aplikovány tzv. nekonečné prvky, které modelují vyzařování akustické energie do okolí. Následně byly MKP modely vokálních traktů ručně upraveny přidáním akustických prostorů, které vzniknou odebráním mandlí.

* Ing. Pavel Švancara: Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Vysoké učení technické v Brně; Technická 2896/2; 616 69 Brno; tel.: +420.608 624 648, e-mail: svancara@fme.vutbr.cz

** Ing. Jaromír Horáček, DrSc.: Ústav termomechaniky, Akademie věd České republiky; Dolejškova 5; 182 00 Praha 5; tel.: +420.286 890 383, e-mail: jaromirh@it.cas.cz

3. Analýza vlastních frekvencí

Pro určení vlastních frekvencí (formantů) MKP modelů vokálních traktů byla nejdříve provedena modální analýza samostatných vokálního traktu. Jako další krok byly vlastní frekvence kompletních MKP modelů (s akustickým prostorem okolo hlavy a s uvažováním pohltivosti stěn) počítány pomocí přechodové analýzy v časové oblasti. V tomto případě byl MKP model buzen krátkým pulsem objemového zrychlení. Jako další krok byla analyzována citlivost posunu formantů na změnu polohy a velikosti mandlí.

4. Numerická simulace vyslovování samohlásek

Pro simulaci vyslovování samohlásek byly MKP modely buzeny analyticky popsaným signálem aplikovaným v místě hlasivek (Liljencrants-Fantův LF model) a opět počítána odezva přechodovou analýzou v časové oblasti.

5. Závěr

Ze získaných výsledků vyplývá, že vlastní frekvence MKP modelů odpovídají dobře hodnotám formantů uvedeným v české foniatrické literatuře. Také rezonanční frekvence nalezené ve spektrech při simulaci vyslovování samohlásek odpovídají hodnotám v literatuře a vlastním frekvencím získaných z modální analýzy. Odebrání mandlí způsobilo posun některých formantů především směrem k nižším frekvencím. Největší posun byl zjištěn u druhého a třetího formantu u samohlásky /o/ a to přibližně o 300 Hz směrem k nižším frekvencím. Dále pak u druhého (~450 Hz) a třetího (~150 Hz) formantu u samohlásky /u/ také směrem k nižším frekvencím. Největší posuny formantů byly zjištěny v případech, kdy jsou mandle umístěny blízko kmitny odpovídajícího vlastního tvaru kmitů. U modelů, kde bylo uvažováno stažení tkáně po operaci, byl posun formantů menší. Posun formantů je ovšem velice závislý nejen na velikosti mandlí, ale i na jejich poloze ve vokálním traktu. Například u samohlásky /a/ se mění rozdíl polohy třetího formantu po a před tonzilektomií od -137 Hz do +168 Hz se změnou části objemu mandlí, která zasahuje do akustického prostoru vokálního traktu. Vytvořené MKP modely umožňují sledovat šíření akustických vln od úst dále do okolního prostoru a řešení v časové oblasti umožňuje vytvářet zvukové soubory pro ověření kvality vyslovované samohlásky poslechem.

Závěrem lze tedy na základě analýzy vypočtených akustických charakteristik konstatovat, že odebrání mandlí způsobí posun některých vyšších formantů samohlásek směrem k nižším frekvencím, ale tento vliv je velice individuální a silně závisí na konkrétní anatomii vokálního traktu a na poloze a velikosti mandlí.

6. Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory grantu GAČR č. 106/04/1025 „Modelování vibroakustických systémů se zaměřením na vokální trakt člověka“.

7. Literatura

Dedouch, K., Horáček, J., Vampola, T., Švec, J. G., Kršek, P., Havlík, R. (2002) Acoustic modal analysis of male vocal tract for Czech vowels, in: *Interaction and Feedbacks '2002* (Zolotarev, I. ed.), Institute of Thermomechanics, ASCR, Prague, pp. 13-20.

THE RESIDUAL STRESS DETERMINATION BY THE HOLE DRILLING METHOD BY MEANS OF THE INFLUENCE FUNCTION

K. Švaříček¹, M. Vlk²

Summary: *The hole drilling method is widely used for residual stresses measurement. The evaluation of the inhomogeneous residual stresses through the depth can be performed by the integral method or power series method. The calibration coefficients are necessary to determinate by the finite element method for each method separately. The determination of the calibration coefficients takes usually much time. The generally view of the residual stress determination gives the influence function. The problem of the influence function solved Beghini (2000). The calibration coefficients for the integral method and for the power series method and for an arbitrary “new” method can be determined by the influence function. The base of the integral method consists in the approximation of the residual stress by a piecewise constant function. The base of the power series method consists in the approximation of the residual stress by a polynomial function. The new method would be consisted in an approximation of an arbitrary function. In this paper the influence function is determined for the strain gauge rosette RY 61 S. Then the influence function is used for the residual stress determination. Further the calibration coefficient of the integral method was compared with the calibration coefficients determined by the influence function which was provided with kindness by M. Beghini from University of Pisa, Italy.*

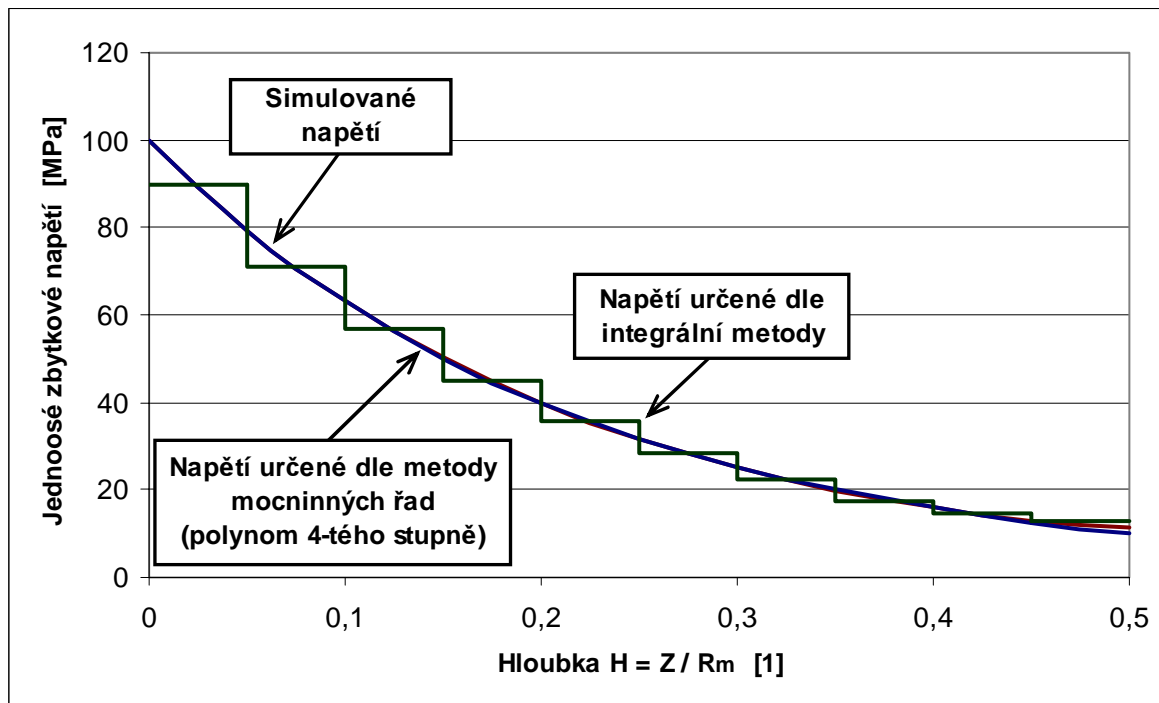
Metoda vrtání otvoru je široce užívaná pro měření zbytkové napjatosti. K vlastnímu výpočtu zbytkových napětí existuje několik procedur. Pro výpočet nehomogenního zbytkového napětí po hloubce jsou nejvhodnějšími metodami integrální metoda a metoda mocninných řad. Před vlastním použitím jednotlivé metody je nutno určit její kalibrační koeficienty nejlépe metodou konečných prvků, což je obvykle značně časově náročné. Obecný pohled na výpočet zbytkových napětí metodou vrtání otvoru za dodržení základních předpokladů přináší zavedení příčinkové funkce tak jak popsal Beghini (2000). Pomocí této příčinkové funkce mohou být jednoduše stanoveny kalibrační koeficienty jak pro integrální metodu, pro metodu mocninných řad, tak i pro libovolnou „novou“ metodu. Tato nová metoda by spočívala v aproximaci zbytkových napětí libovolnou funkcí, nejen po částech konstantní funkcí – jak je tomu u integrální metody – nebo mocninou funkcí – jak je tomu u metody mocninných řad.

V tomto příspěvku je stanovena příčinková funkce pro tenzometrickou růžici RY 61 S a je použita pro určení zbytkové napjatosti. Zbytková napjatost je simulována pomocí MKP

¹ Ing. Karel Švaříček: Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Fakulta strojního inženýrství, VUT v Brně; Technická 2, 616 69 Brno, tel.: +420-5-41142804, e-mail: svaricek@umt.fme.vutbr.cz

² Doc. Ing. Miloš Vlk, CSc.: Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Fakulta strojního inženýrství, VUT v Brně; Technická 2, 616 69 Brno, tel.: +420-5-41142886; e-mail: vlk@fme.vutbr.cz

pro několik případů nehomogenního napětí po hloubce tělesa. Dále jsou určeny kalibrační koeficienty integrální metody ze stanovené příčinkové funkce a jsou porovnány s koeficienty, které byly určeny z příčinkové funkce, kterou nám s velkou laskavostí pro námi dané parametry poskytl M. Beghini z University of Pisa, Itálie.



Obrázek 1 Simulované a vypočtené jednoosé zbytkové napětí ve tvaru exponenciální funkce

Lze vidět, že vypočtené zbytkové napětí jak integrální metodou tak i metodou mocninných řad je velmi přesné. Dosažené výsledky ukazují, že použití příčinkové funkce je velmi výhodné k výpočtu zbytkového napětí zejména z důvodu její snadné aplikace pro integrální metodu i metodu mocninných řad s nastavitelnými parametry (snadno nastavitelný počet přírůstků hloubek, na kterých působí zbytkové napětí resp. stupeň aproximačního polynomu). Použití příčinkové funkce je vhodné i z důvodu přesnosti vypočtených zbytkových napětí i z důvodu možného dalšího rozvoje směrem k nalezení vhodnější aproximace nehomogenního zbytkového napětí po hloubce tělesa.

Literatura

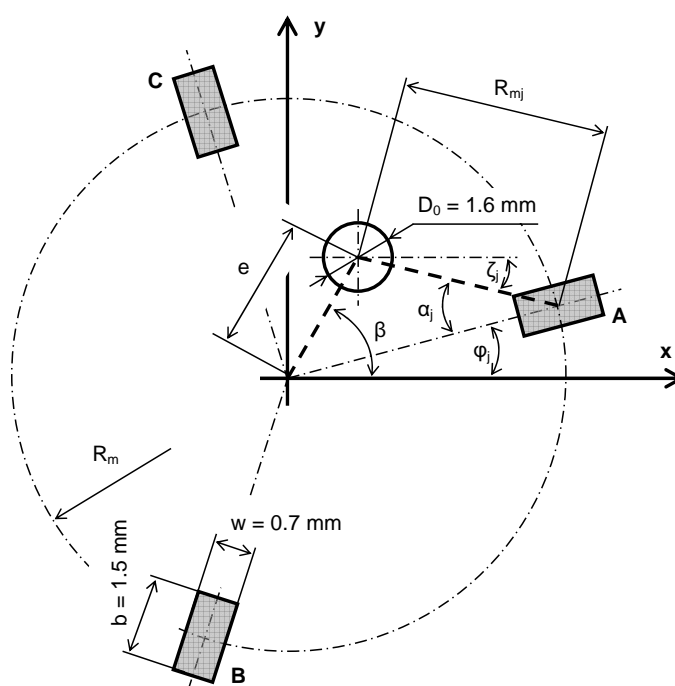
- Beghini, M., Bertini L., 2000. Analytical expressions of the influence functions for accuracy and versatility improvement in the hole-drilling Method. *Journal of Strain Analysis for Engineering Design*, Vol. 35, No. 2, pp. 125-135
- Schajer, G. S., 1988. Measurement of Non-Uniform Residual Stresses Using the Hole-Drilling Method. Part I, II, *Journal of Engineering Materials and Technology*, Vol. 110, pp. 338-349.
- Švaříček, K., Vlk, M., 2005. Porovnání procedury ASTM E 837-01 a integrální metody pro výpočet zbytkové napjatosti nehomogenní po hloubce, *sborník 11. konf. Inženýrská mechanika 2005*, pp. 303-304.

A DEVELOPMENT OF THE HOLE-DRILLING METHOD WITH AN OFF-CENTER HOLE FOR THE RESIDUAL STRESS MEASUREMENT

K. Švaříček¹, M. Vlk²

Summary: *The hole drilling method is a popular method for residual stresses measurement. This method usually assumes the centric hole within the strain gauge rosette. However, the hole is never exactly located centric with the centre of the strain gauge rosette. This paper interprets the values of the evaluated residual stresses with respecting eccentric hole and without respecting eccentric hole.*

Zbytková napětí, která se vyskytují téměř ve všech součástech obvykle v důsledku technologických pochodů, mohou být užitečná nebo škodlivá a proto je velmi důležité znát jejich velikost. Nejčastěji užívanou metodou pro měření zbytkového napětí je metoda vrtání otvoru. Tato metoda je založena na měření uvolněné deformace v důsledku vyvrtání malého, obvykle mělkého otvoru. Tato uvolněná deformace je úměrná hledanému zbytkovému napětí. Uvolněné deformace se nejčastěji měří pomocí tříprvkové tenzometrické růžice. Vrtaný otvor by měl být vyvrtán ve středu tenzometrické růžice. Tohoto však zcela přesně není docíleno nikdy. Tento příspěvek se zabývá vyhodnocením zbytkového napětí s respektováním excentrického otvoru (Vangi, 1997) pro tenzometrickou růžici RY 61 S.



Obr. 1 Tenzometrická růžice RY 61 S; excentrický otvor

¹ Ing. Karel Švaříček: Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Fakulta strojního inženýrství, VUT v Brně; Technická 2, 616 69 Brno, tel.: +420-5-41142804, e-mail: svaricek@umt.fme.vutbr.cz

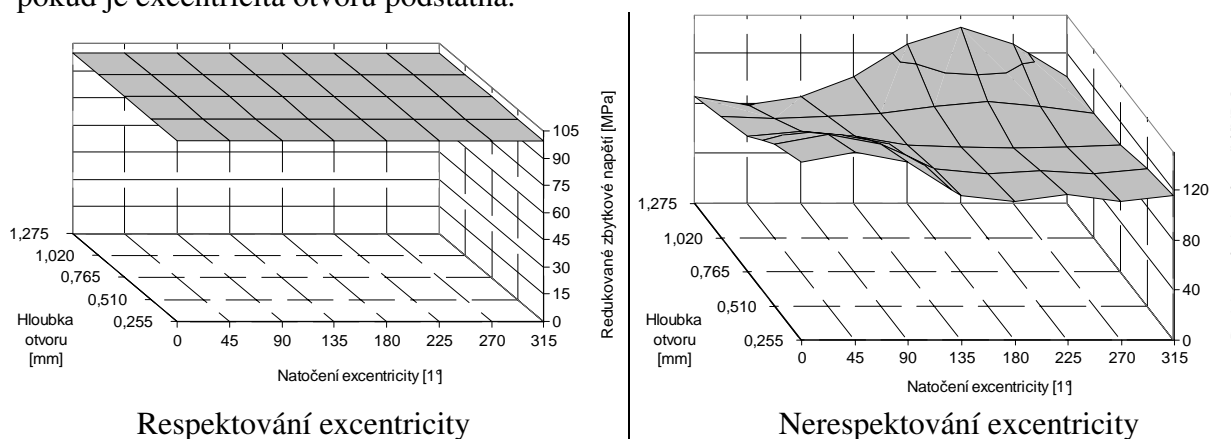
² Doc. Ing. Miloš Vlk, CSc.: Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Fakulta strojního inženýrství, VUT v Brně; Technická 2, 616 69 Brno, tel.: +420-5-41142886; e-mail: vlk@fme.vutbr.cz

Obecná formulace vztahu mezi uvolněnou deformací a hledaným zbytkovým napětím pro centrický i excentrický otvor může být psána ve tvaru (Vangi, 1997):

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_A \\ \varepsilon_B \\ \varepsilon_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{H} \cdot \mathbf{a}_A^M \\ \mathbf{H} \cdot \mathbf{a}_B^M \\ \mathbf{H} \cdot \mathbf{a}_C^M \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{P} \\ \mathbf{Q} \\ \mathbf{T} \end{bmatrix}$$

kde ε_j jsou naměřené uvolněné deformace, \mathbf{H} je matice materiálových vlastností, \mathbf{a}_j^M jsou transformované matice kalibračních koeficientů a \mathbf{P} , \mathbf{Q} a \mathbf{T} jsou transformovaná hledaná zbytková napětí.

Na základě tohoto vztahu, po určení potřebných kalibračních koeficientů, bylo po zadání uvolněných deformací určeno zbytkové napětí. Uvolněné deformace byly simulovány pro excentricitu 0,2 mm, pro různé hodnoty natočení této excentricity a pro jednoosou, rovnoměrnou a smykovou napjatost. Redukovaná hodnota simulovaných napětí byla 100 MPa. Zbytkové napětí bylo určeno s uvažováním excentricity dle vztahů, které publikoval Vangi (1997) a bez uvažování excentricity dle vztahů, které uvedl Schajer (1988). Maximální odchylka s uvažováním excentricity pro jednoosou, rovnoměrnou a smykovou napjatost je 4,2%, resp. 0,5%, resp. 2,3%. Maximální odchylka bez uvažování excentricity pro tři uvedené stavy zbytkových napětí je 37,8%, resp. 51,2%, resp. 19,2%. Lze tedy vidět, že pokud uvažujeme excentricitu, tak výsledky velmi dobře odpovídají skutečnosti. V opačném případě bez uvažování excentricity je vyhodnocené zbytkové napětí velmi neuspokojivé. Vangiho metoda je tedy vhodná a nezbytná pro vyhodnocování zbytkových napětí odvrtávací metodou pokud je excentricita otvoru podstatná.



Obr. 2 Určené redukované zbytkové napětí pro rovnoměrnou napjatost

Literatura

- Schajer, G. S., 1988. Measurement of Non-Uniform Residual Stresses Using the Hole-Drilling Method. Part I, II, *Journal of Engineering Materials and Technology*, Vol. 110, pp. 338-349.
- Švaříček, K., 2003. Determination of the Calibration Coefficients through the FEM for Measurement of the Uniform Residual Stress by the Hole-Drilling Method, *Experimental Stress Analysis 2003, 41st International Conference*, pp. 101-102.
- Švaříček, K., Vlk, M., 2005. Porovnání procedury ASTM E 837-01 a integrální metody pro výpočet zbytkové napjatosti nehomogenní po hloubce, *sborník 11. konf. Inženýrská mechanika 2005*, pp. 303-304.
- Vangi, D., 1997. Residual Stress Evaluation by the Hole-Drilling Method with Off-Center Hole: An Extension of the Integral Method, *Journal of Engineering Materials and Technology*, Vol. 199, pp. 79-85.

INFLUENCE OF SURFACE TOPOGRAPHY ON LUBRICATED CONTACTS BEHAVIOUR

M. Švehlák*, I. Křupka*, M. Hartl*

Summary: *A combination of thin film colorimetric interferometry and phase shifting interferometry has enabled to study the effect of slide-to-roll ratio on the micro-elastohydrodynamic action. This study is focused on very thin film, real rough surface elastohydrodynamic contacts.*

1. Introduction

Numerical analysis of the behaviour of mixed lubricated concentrated contacts has progressed significantly since early 1980. Conversely, there have been only a few attempts to experimentally evaluate a micro-EHD film thickness map for random rough surface (Guangteng et al., 2000; Luo et al., 2001; Křupka et al., 2003) and any detail analysis of film thickness behavior in the vicinity of real asperities has not yet been realized. In the present study, the phase shifting interferometry is used to measure in-situ initial undeformed shape of a rubbing surface and thin film colorimetric interferometry (TFCI) enables to compare obtained data with measured film thickness profiles.

2. Experimental apparatus and techniques

The experiments reported here make use of a high-pressure ball on disk tribometer. The principal parts of the test rig are a steel ball and glass disc. For the measurements described here, both contacting surfaces are driven independently to produce any required slide-to-roll ratio. The lubricant used was an additive-free, paraffinic base oil. TFCI technique used in this study for film thickness measurement is fully described by Hartl et al. (2001).

3. Results and discussion

Figure 1 depicts the midplane film thickness profiles in the direction of motion. The mean surface velocity is fixed at 0.0044 m/s. To be able to find some regularity in the local film thickness fluctuations, two closely-spaced transversely oriented grooves are taken as a base. Positive slide-to-roll ratio results in significant changes in film thickness distribution and the local film thickness reduction can be found ahead of the grooves and the length of this reduction increases with increasing slide-to-roll ratio.

* Ing. Michal Švehlák, Doc. Ing. Ivan Křupka, Ph.D., Doc. Ing. Martin Hartl, Ph.D.: Institute of Machine Design, Faculty of Mechanical Engineering, Brno University of Technology; Technická 2896/2; 616 69 Brno; tel.: +420 541142723, fax: +420 541143231; e-mail: svehlak.m@post.cz

When the slide to roll ratio reaches the value of 1, the local fluctuation in film thickness associated with the groove influences the film thickness distribution in the vicinity of another groove located downstream.

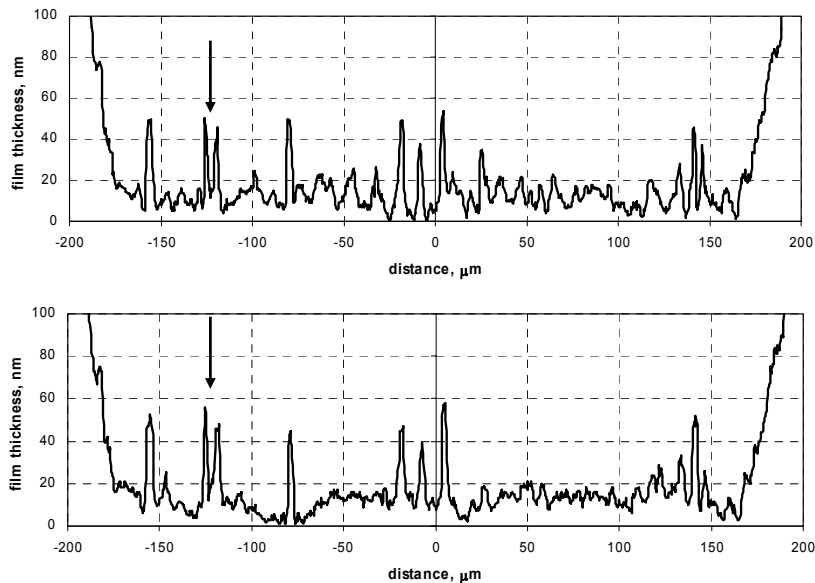


Figure 1: Film thickness profiles for slide-to-roll ratios of 0 and 1.

4. Conclusions

Obtained results indicate the presence of either a boundary film less than 1 nm thick or some solid-like contact in front of roughness features when the disc is moving faster than the ball (positive slide-to-roll ratios). No such a local film thickness reduction can be found for negative slide-to-roll ratio conditions.

5. Acknowledgment

This research was supported by Czech Science Foundation (grant No. 101/05/0520) and by Ministry of Education (grants Nos. 1P05OC009 and 1P05ME723).

6. References

- Guangteng, G., Cann, P.M., Olver, A.V. & Spikes, H.A. (2000) Lubricant Film Thickness in Rough Surface, Mixed Elastohydrodynamic Contact. *ASME J. Tribol.*, 122, 1, pp. 65-76.
- Hartl, M., Křupka, I., Poliščuk, R., Liška, M., Molimard, J., Vergne, P. & Querry, M. (2001) Thin Film Colorimetric Interferometry. *Tribology Transactions*, 44, 2, pp. 270-276.
- Křupka, I., Hartl, M., & Liška, M. (2003) Some Insights into Lubricant Film Thickness in Mixed EHD Point Contacts. *Proc. of the 29th Leeds-Lyon Symposium on Tribology*, Elsevier Science B.V., Amsterdam, 2003, pp. 549-557.
- Luo, J., Liu, S. & We, S. (2001) Contact Ratio and Deformation of Asperity in Nano-partial Lubrication. *Sci. China Ser. A*, 44, pp. 78-85.

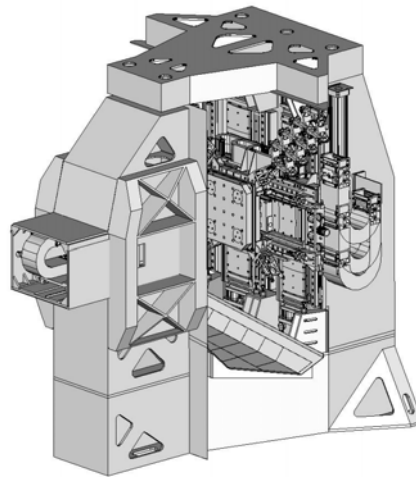
DYNAMIC BEHAVIOUR OF EXPERIMENTAL MILLING MACHINE LM-2 Z AXIS WITH ACTIVE VIBROABSORPTION DESIGN

J. Švéda¹, M. Sulitka¹, L. Novotný¹, Z. Šika², M. Valášek²

Summary: *This work deals with creating the mathematical model of experimental milling machine LM-2 equipped with controlled dynamic absorber. It consists of two parts: the first one shows FEM model design and application of feedback regulation, second one deals with a problem of vibration minimization by means of controlled dynamic absorber.*

1. Úvod

Stroj LM2 je experimentální vysoce dynamické 3-osé obráběcí centrum s lineárními motory, které bylo postaveno ve Výzkumném centru pro strojírenskou výrobní techniku a technologii (VCSVTT). Na tomto stroji se ukázala omezení v možnosti naladění pohonů, a to zejména u pohybové osy Z. Do regulace pohonu se nepříznivě promítají především dynamické vlastnosti rámu stroje, které je zapotřebí zlepšit.



Obrázek 1 – Obráběcí centrum LM-2

K potlačení amplitud kmitání rámu stroje ve směru osy Z a tím i ke zlepšení dynamiky stroje je navrhován aktivní dynamický hltič s výstupní zpětnou vazbou.

¹ Ing. Jiří Švéda, Ing. Matěj Sulitka, PhD., Ing. Lukáš Novotný: RCMT, fakulta strojní, ČVUT v Praze; Horská 3; 128 00 Praha 2; tel.: +420.221 990 927, fax: +420.221 990 997; e-mail: J.Sveda@rcmt.cvut.cz

² Doc. Ing. Zbyněk Šika PhD., Prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.: Ústav mechaniky, odbor mechaniky těles, fakulta strojní, ČVUT v Praze, Karlovo nám. 13, 121 35 Praha 2;

2. Matematický model stroje s dynamickým hltičem

Samostatný stroj bez hltiče je modelován jako MKP model. Z něj jsou potom exportovány pomocí komerčních programů buď přímo matice stavového prostoru stroje nebo vektor vlastních frekvencí a matice vlastních tvarů, které jsou podrobeny modálnímu rozkladu a redukci modálních souřadnic s výběrem relevantních vlastních tvarů kmitání. K získaným rovnicím je připojen matematický model dynamického hltiče a společně tvoří matice stavového prostoru stroje s aktivním dynamickým hltičem.

3. Řízení dynamického hltiče

K regulaci dynamického hltiče je použita výstupní zpětná vazba vycházející ze zpětné vazby stavové. Stavová zpětná vazba je získána pomocí minimalizace integrálního kritéria (LQR) a výstupní zpětná vazba je potom nalezena pomocí numerické optimalizace.

4. Závěr

Cílem práce bylo zlepšit dynamické vlastnosti obráběcího centra LM-2, které byly omezeny kmity rámu na frekvenci cca 200 Hz. Použití aktivního dynamického hltiče řízeného jen pomocí několika málo čidel na stroji (výstupní zpětná vazba) vedlo k značnému zlepšení chování stroje. Aktivní dynamický hltič díky navrženému způsobu řízení využil efektivně své dynamiky a můžeme tedy konstatovat, že tento způsob tlumení vibrací je jednou z účinných variant řešení daného problému.

5. Poděkování

Tyto výsledky byly získány za finančního přispění Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy v rámci podpory projektu výzkumu a vývoje 1M6840770003.

6. Literatura

- Berkemer, J., Altenburger, R., Koch, T., Lehner, W.-D. (2004) *Effektive Nutzung des Leistungspotenzials von Direktantrieben*. WT Werkstattstechnik 94, H. 5.
- Berkemer, J., Knorr, M. (2002) *Gekoppelte Simulation von Maschinendynamik und Antriebsregelung bei linearangetriebenen Werkzeugmaschinen*. WT Werkstattstechnik 92, H. 5.
- Miláček, S. (2001) *Modální analýza mechanických kmitů*. Vydavatelství ČVUT, Praha.
- Preumont, A. (1997) *Vibration Control of Active Structures. An Introduction, Solid Mechanics and Its Applications*, Vol. 50, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.
- Souček, P. (2004) *Servomechanismy ve výrobních strojích*. Vydavatelství ČVUT, Praha.
- Šika, Z. (2004) *Aktivní a poloaktivní snižování mechanického kmitání strojů*. Habilitační práce, ČVUT, Praha.

CONTRIBUTION TO MODELLING OF WHEEL-RAIL CONTACT

J. Švígler, J. Vimmr^{*}

Summary: *The contribution deals with preliminary analysis of the rolling contact between the wheel and rail in a railway vehicle and summarizes the forces that develop in the contact patch. Develop of creep forces at the contact range of two rolling bodies is discussed. The wheel-rail rolling contact problem is studied from an analytical point of view. Determination of creep forces has a great significance because these forces govern the behaviour of a vehicle running and are very important for the dynamics analysis. This problem is solved in wide literature and it my seen unnecessary to deal with that. Unfortunately there is a lot of inaccuracy and mistakes and a precise derivation is mostly missing. The aim of this study is clear definition of basic kinematical and force relations and their sources for creation of smart imagine about this basic problem.*

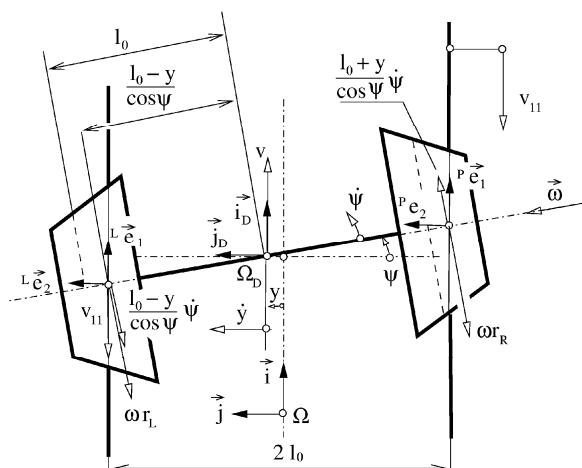
Pohyb železničního vozidla je výrazně ovlivňován interakcí mezi kolem a kolejnicí. Mechanické vlastnosti kontaktu hrají významnou úlohu při vyšetřování dynamických vlastností železničních vozidel.

Cílem práce je jasně podat odvození základních kinematických a silových vztahů v kontaktních bodech, s cílem umožnit případným čtenářům vytvoření jasné představy o problému, která je nevyhnutelným základem pro jakoukoliv navazující analýzu pohybu dvojkolí a tedy i železničního vozidla po kolejovém pásu.

Kalkerova teorie valivého kontaktu těles (Kalker, 1967) je založena na předpokladu, že kontaktní plocha je velmi malá v porovnání s rozměry obou dotýkajících se těles. Předpokládá se, že v dotykové ploše nevznikají plastické deformace a platí Hookeův zákon. Problém valivého kontaktu může být proto redukován na problém kontaktu geometrického. V Hertzově teorii (Hertz 1881) je každá z dotýkajících se ploch nahrazena v okolí bodu kontaktu plochou druhého stupně.

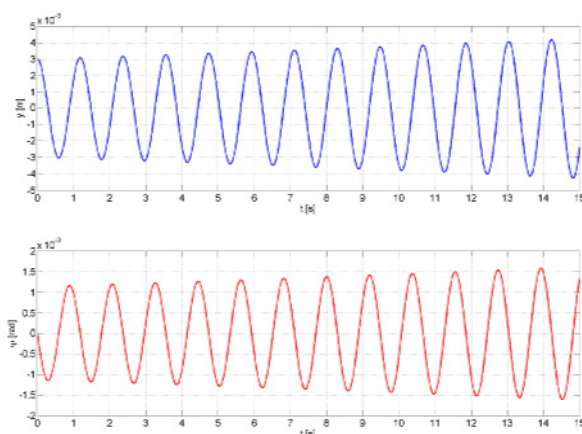
Dvojkolí koná při pohybu po kolejovém pásu, obr. 1, obecný prostorový pohyb, který můžeme rozložit na unášivý posuvný pohyb určený rychlostí v a na druhotný sférický pohyb s parametry ψ, φ . Pro kinematické řešení použijeme záměnu pohybu obou těles tak, že kolo, otáčející se úhlovou rychlostí ω , znehybníme a kolejnici udělíme rychlost opačnou posuvné rychlosti středu dvojkolí. V důsledku bočního posunutí dvojkolí a jeho natočení kolem svislé osy dochází při pohybu dvojkolí po kolejovém pásu v dotykových bodech kol s kolejnicemi k porušení kinematické podmínky valení, kdy v těchto bodech vzniknou skluzové rychlosti (creep velocities) a dotykové body přestanou být póly. Kinematické poměry v dotykových bodech popíšeme pomocí bezrozměrných skluzových součinitelů (creepages) v podélném a v příčném směru a ve směru rotace kolem svislé osy.

^{*} Doc. Ing. Jaromír Švígler, CSc., Ing. Jan Vimmr, Ph.D.: Katedra mechaniky, Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň; tel.: +420 377 632 324, fax: +420 377 632 302; e-mail: svigler@kme.zcu.cz



Obr. 1 Kinematické poměry v kontaktních bodech

Ze silových účinků působících na dvojkolí v dotkových bodech mezi koly dvojkolí a kolejnicemi kolejového pásu, jsou významné pouze příčná síla a spinový moment. Jsou řešeny dvě úlohy. V prvním případě je dvojkolí udělen kinematicky předepsaný pohyb a jsou hledány silové účinky a ve druhé úloze je řešen dynamický pohyb dvojkolí s působením budících silových účinků v kontaktních bodech.



Obr. 2 Průběh výchylky a natočení dvojkolí pro $v = 50 \text{ kmh}^{-1}$

Dynamická úloha byla řešena pro počáteční výchylku 3 mm a pro dopřednou rychlost, stejně jako u úlohy kinematické, 50 kmh^{-1} . Pohyb dvojkolí byl nestabilní, viz obr. 2, a podobně nestabilní byl i průběh silových účinků. Při dopředné rychlosti dvojkolí 5 kmh^{-1} je za jinak stejných podmínek pohyb dvojkolí stabilní.

Poděkování

Tato práce vznikla za podpory projektu MŠMT 1M0519 – Výzkumné centrum kolejových vozidel.

Literatura

Hertz, H.: Über die Berührung fester elastischen Körper. *Journal für reine und angewandte Mathematik*, Bd. 92, 1881, 156-171.

Kalker, J.J.: On the Rolling Contact of Two Elastic Bodies in the Presence of Dry Friction. *Doctor Thesis*. Leiden 1967.

THE EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE FLOW SWIRL AND THE TIP CLEARANCE JET ON AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF EXHAUST HOODS

L. Tajč^{*}, L. Bednář^{*}, I. Šiková^{*}, L.A. Feldberg^{**}

Summary: *The paper presents the main results of the experimental investigation aimed at reduction of losses in the exhaust hood of steam turbines. The concurrent effects of the inlet flow swirl, the tangential blowing-up of the additional steam flow on the wall of diffuser and the last stage moving-blades tip clearance jet were taken into account. Great attention was paid to the exhaust hood design with the radial rib in the upper part of the casing. The optimal design of rib was investigated experimentally.*

1. Úvod

Výstupní hrdla většiny parních turbín jsou tvořena anulárními difuzory, ve kterých se pára otáčí z osového do radiálního směru. Vyžaduje se krátká axiální délka a značný stupeň otevření difuzoru. U takového provedení kanálu, jak potvrzují četná měření, snadno dochází k odtržení proudu páry od vnější stěny difuzoru, což vede ke zvětšení ztrát výstupní rychlosti. Pokud se podaří různými úpravami tvaru difuzoru nebo změnou provozních parametrů omezit či zcela odstranit odtržení proudu od stěny, dojde k podstatnému snížení ztrát. U osově-radiálních difuzorů výstupního hrdla nelze bez dodatečného zdroje energie zabránit odtržení proudu. Zdrojem energie může být únik páry přes štěrbinu nad špičkou oběžné lopatky koncového stupně nebo umělé vefukování páry do mezní vrstvy na vnější stěně difuzoru. Příznivý efekt má i jistá míra rotace vstupního proudu.

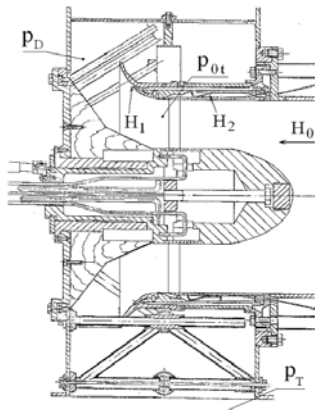
2. Experimentální výzkum na modelu výstupního hrdla

Pro experimentální účely se vyrobily dva kompletní modely výstupního hrdla. Model pro laboratoř ŠKODA byl zhotoven v měřítku 1:4. Druhý model v měřítku 1:12 byl určen pro výzkumné centrum CKTI v St-Petersburgu (Rusko). Model výstupního hrdla použitý v CKTI je zobrazen na obr. 1. Umožňuje modelovat vliv vefukování média na stěnu difuzoru (hybnost H_1) i únik páry radiální mezerou nad otevřenou lopatkou koncového stupně (hybnost H_2).

* Ing. Ladislav Tajč, CSc., Ing. Lukáš Bednář, Ing. Irena Šiková: Experimentální výzkum proudění, ŠKODA POWER a.s.; Tylova 57; 316 00 Plzeň; tel.: +412 37 818 5967, fax: + 420 37 818 5382; e-mail: ladislav.tajc@skoda.cz

** Ing. Lev Avraamovič Feldberg: NPO CKTI; ul. Atamanskaja 3/6; 191167 St-Petersburg; Russia; tel.: +7 812 578 8964, fax: +7 812 717 4095; e-mail: laf@ckti.nw.ru

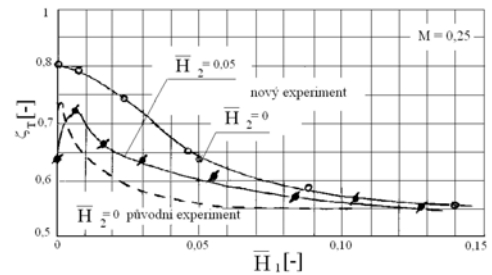
Rotace proudu je vytvořena pomocí výměnných lopatek ve vstupní části modelu. Na modelu lze rozpoznat i radiální žebro ve tvaru T i četné výztužné elementy.



$$\zeta_T = \frac{1 - \left(\frac{p_T}{p_{0t}}\right)^{\frac{k-1}{k}}}{1 - \left(\frac{p_0}{p_{0t}}\right)^{\frac{k-1}{k}}}$$

p_{0t} - celkový vstupní tlak
 p_T - statický výstupní tlak
 p_0 - statický vstupní tlak

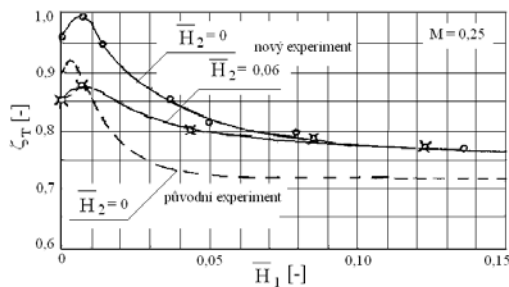
Obr. 1 Model výstupního hrdla v CKTI, St-Petersburg



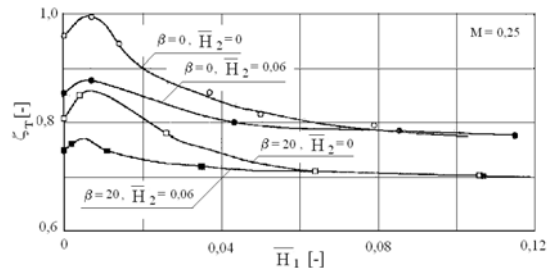
Obr. 2 Ztrátový součinitel hrdla pro model bez vnitřních výztuh

Ztrátový součinitel výstupního hrdla pro volné těleso bez vnitřních výztuh je uveden na obr. 2. Úprava modelu umožňující simulování úniku páry radiální štěrbinou nad oběžnou lopatkou vedla, ve srovnání s původním experimentem, ke zvětšení ztráty. Intenzita vefukování je zde vyjádřena poměrnou hybností $\bar{H}_1 = H_1/H_0$.

V praxi se setkáváme u velkých parních turbín s jistým rozsahem výztuh v tělese výstupního hrdla. To má vliv na konečnou hodnotu ztrátového součinitele ζ_T . Změřená hodnota ztrát pro hrdlo s výztuhami se nachází na obr. 3. Pomocí přidavného jetu i únikem páry u špičky oběžné lopatky se sníží ztráty až o 25 %. Je to způsobeno omezením vlivu separace páry na vnější stěně difuzoru.



Obr. 3 Ztráty ve výstupním hrdle s výztuhami



Obr. 4 Vliv rotace proudu na ztráty v tělese s radiálním žebrem

Podobný efekt má i rotace vstupního proudu. Výsledky měření jsou zachyceny na obr. 4. K příznivým výsledkům napomáhá i instalace T-žebra optimálního tvaru ve vhodném místě.

3. Závěry

- Špičkový jet má podobný efekt jako přidavný jet na vnější stěně difuzoru. Napomáhá ke snížení ztrát ve výstupním hrdle.
- Rotace vstupního proudu do výstupního hrdla napomáhá ke stabilizaci mezní vrstvy na vnější stěně difuzoru.
- Existuje optimální provedení i umístění výztužného žebra tvaru T.

MULTI-LEVEL FLOW BRANCHING

V. Tesař*

Summary: Paper presents basic concepts governing distribution of a fluid flow into a large number of parallel devices. Derived laws for multi-level progressive division into branches are first validated by comparison with known data on mammalian respiratory and cardiovascular systems. Then the optimality criterion is sought for the specific conditions of microfluidics, with channels etched in a planar substrate.

1. Introduction

In microfluidics, fluid flows are handled in devices of submillimetre size, usually made by etching into a depth which is constant everywhere. Obtaining large-scale effects needs “*numbering up*”, operating the devices in large numbers. Problems of increasing importance are associated with optimum design of the distribution into the large number of paths. The best choice is multi-level branching, with channel sizes progressively decreasing at each branching level. A typical branch has length l_k , and width b_k at a level k , Fig. 2. The distribution network is composed of total K branchings, their geometry characterised by the

width ratio

$$\beta_k = b_k / b_{k-1}$$

and the length ratio

$$\gamma_k = l_k / l_{k-1}$$

The other parameters are the velocity ratio

$$u_k = w_k / w_{k-1}$$

the ratio of pressure drops across the branches

$$\rho_k = \Delta P_k / \Delta P_{k-1}$$

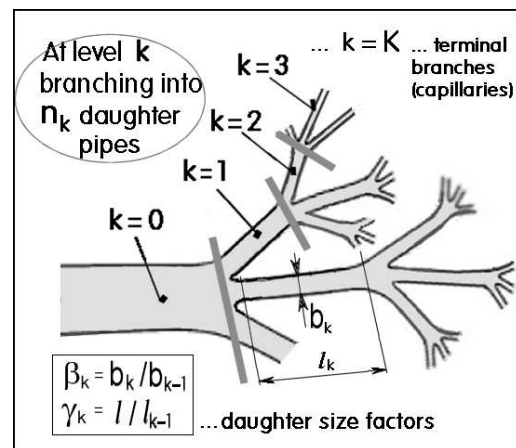
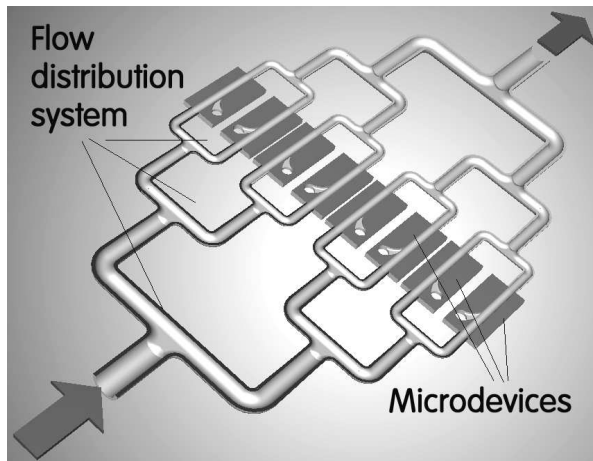


Fig. 1 (Left) A typical multi-level branched distribution system supplying fluid into a number of fluidic devices operated in parallel. The mirror arrangement of branches on the exit side performs the reverse task of flow summation to produce the desirable large output.

Fig. 2 (Right) Basic parameters of the multi-level branching: at the level k between the aorta ($k = 0$) and the capillary ($k = K$) there are N_k pipes. The branching factors n_k , β_k , γ_k , ... are the ratio of the distal to proximal quantity. Very often – but not necessarily – the system is self-similar with identical value of the parameters at each branching level.

* Prof. Ing. Václav Tesař, CSc., Institute of Thermomechanics, Academy of Sciences of the Czech Republic, Dolejškova 5, 182 00 Prague 8, tel.: 420 26605 3282, fax: 420 28658 4695, e-mail: v.tesar@it.cas.cz

and the ratio of the power dissipated by friction in the branches

$$\alpha_k = \dot{A}_k / \dot{A}_{k-1}$$

Branching networks are typically *self-similar*, with $n_k = n$, $\beta_k = \beta$, $\gamma_k = \gamma$, $\alpha_k = \alpha$, $p_k = p$, and $u_k = u$, all k levels, so that the total number of branches at a level k is $N_k = n^k$

2. The optimality constraints:

A) From Castelli’s mass conservation law : $n \beta u = 1$

B) Assuming the pressure drops only due to frictional hydraulic losses in the pipes, proportional to the volume flow rate:

$$p = \gamma u \quad \alpha = p \beta u = \gamma \beta u^2$$

C) A compromise set by inserting the weight factor σ between $\sigma=1$ minimum volume (and minimum residence time) condition (narrow channels) and the minimum power dissipated per unit volume if $\sigma>1$ (wide channels)

$$\sigma \alpha / (\beta \gamma) = 1$$

D) Assumption of the network being volume filling, $n \beta \gamma = 1$

Another approach was chosen to evaluate the task is to supply equal flows into devices distributed along a line rather than over an area. The resultant branching laws were found to be the same.

Similar conditions are also derived for the round tubes, with a different requirement C of constant dissipated power loading of tube surfaces - a reasonable requirement for a biological system, securing an equal stress distribution among all its constitutive cells. The resultant dependences $\beta, \gamma, \alpha, p, u = f(n)$ are in good agreement with available data for mammalian pulmonary and arterial systems, which provides justification and support for the presented analysis.

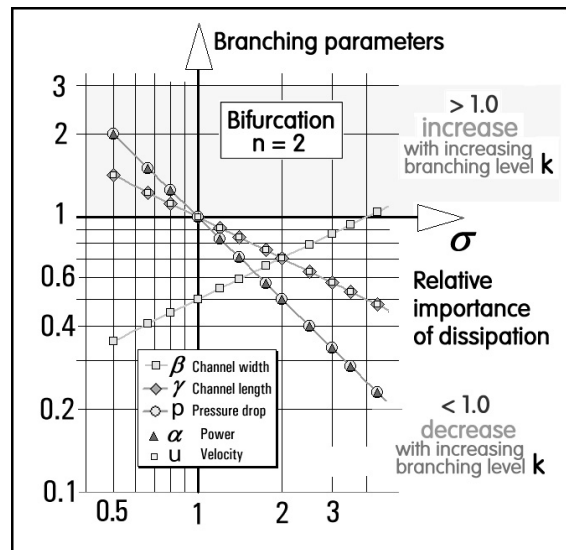
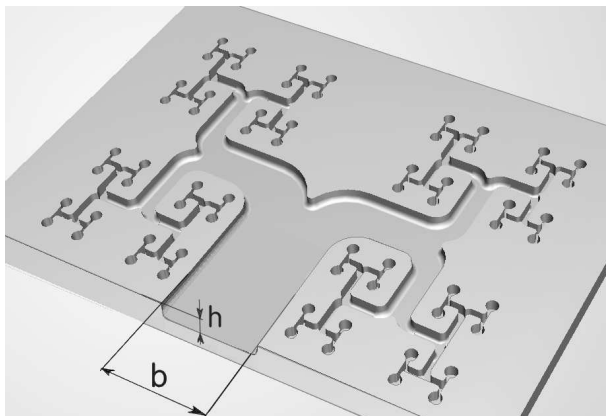


Fig. 3 (Left) The H-scheme of bifurcating supply channels into microfluidic devices at end-points K distributed over the plane (rather than in-line as in Fig. 1).

Fig. 4 (Right) Values of the branching parameters evaluated for different dissipation weights σ in the compromise criterion C for bifurcating branching networks.

SYMMETRY GROUP ANALYSIS OF SUDDENLY ACCELERATED FLOW PAST A FLAT PLATE

V. Tesař*

Summary: *Modern symmetry group theory provides constructive procedures for finding similarity transformations and invariants, leading to fundamental change in the similarity solutions of shear flows, based so far on inspection analysis, ad hoc assumptions, and physical considerations. The new approach is here demonstrated on classical Stokes' (1851) problem of the suddenly accelerated flow above a stationary flat plate, with the gradual growth of boundary layer thickness.*

Velmi užitečnou metodou teoretického vyšetřování smykových proudění je *similaritní transformace*. Tou se Prandtlova rovnice pro danou úlohu transformuje na obyčejnou diferenciální rovnici, nejen mnohem snadněji řešitelnou, ale hlavně s řešením majícím obecný charakter. To přináší mnohem více informací než numerická řešení, vždy platná jen pro jeden konkrétní soubor okrajových podmínek. Idea similaritního řešení má starou historii, počínající u Stokesových prací o aerodynamickém tlumení kyvadla hodin z poloviny 19-tého stol. Později, ve 20-tém století, metodu aplikovali Prandtlovi doktorandi a spolupracovníci zejména na řadu laminárních smykových proudění jako je mezní vrstva (Blasius 1908), zatopený proud (Schlichting 1933), a stěnový proud (Glauert 1955). Aplikace na turbulentní proudění, po slibných počátcích Tollmienových s jednoduchými modely turbulence, dlouho stagnovala. Mělo se zato, že dokonalejší a tím složitější modely turbulence jsou použitelné jen pro numerické výpočty metodou sítí. Až poměrně nedávno se uplatnily i jednorovnicové a dvourovnicové modely u similaritních řešení. Jsou dosud málo známy. Příkladem může být třeba řešení rovinného turbulentního zatopeného proudu, průtok trubici, konvektivní teplotní pole nebo řešení směšovací vrstvy po stranách jádra proudu. Nedávno našlo similaritní řešení turbulentního osově souměrného proudu zajímavé využití pro korelaci experimentálních dat v aktuální problematice syntetického proudu.

Potíže se similaritní transformací jsou zejména v jejích výchozích krocích. Je obtížné najít vhodné transformační vztahy, obvykle hledané zkusmo a na základě úvah o fyzikálním charakteru vyšetřovaného proudění. Až poměrně nedávno bylo rozpoznáno, že existují systematické postupy nepotřebující žádné informace z vnějšku a vystačující tedy s rozбором charakteru diferenciální rovnice (a okrajových podmínek) již se problém řídí. Similaritní transformace nejsou než zvláštním případem spojitých transformací proměnných jaké zkoumá teorie grup symetrií.

Další výhodou analýzy založené na metodě grup symetrií je schopnost tohoto postupu identifikovat invarianty jednotlivých problémů. To je velmi závažný aspekt – existuje ostatně názor, že cílem všech vědeckých výzkumů je nakonec nalezení invariantů. V problematice smykových proudění o důležitosti neměnných veličin není nejmenších pochyb. Je zřejmé, jak

* Prof. Ing. Václav Tesař, CSc., Institute of Thermomechanics, Academy of Sciences of the Czech Republic, Dolejškova 5, 182 00 Prague 8, tel.: 420 26605 3282, fax: 420 28658 4695, e-mail: v.tesar@it.cas.cz

mocným nástrojem třeba u zatopeného proudu je znalost toho, že se u něj podél osy proudu zachovává průtočná hmotnost. Ovšem identifikace takovéto invariantní veličiny u složitějších případů vyžaduje mimořádné znalosti o daném problému, obvykle velký počet experimentálních dat a někdy vysloveně záleží jen na štěstí. Nötherová v r. 1918 přinesla důkaz, že každé symetrii diferenciální rovnice spjaté s Lagrangianem odpovídá zákon zachování – i když u nejjedno dušších symetrických transformací ovšem může jít o invarianty které mnoho nepřinášejí, např. neměnnost vzhledem ke Galileovským transformacím souřadné soustavy. Ibragimov aj. šli dále a prokázali vztah mezi veličinami pro které platí zákon zachování a Lie-Bäcklundovými operátory které generují odpovídající Nötherovskou symetrii. Nedávno pak Kara a Mahomed formulovali obecný vztah mezi symetrickými transformacemi a odpovídajícími zákony zachování a ukázali, jak tyto zákonitosti mohou být explicitně určeny. Přinejmenším se takto lze přesvědčit i u známých případů třeba o tom, zda nějaká taková zákonitost nebyla snad dosud přehlédnuta.

Praktická aplikace tohoto moderního přístupu v mechanice tekutin je ztížena tím, že teorie grup nepatří do běžné matematické výzbroje inženýrů. Pracuje se s pojmy jako grupy symetrií, jejich generátory a prolongace. Předkládaný příspěvek má za cíl překlenout tuto mezeru tím, že uvádí základní pojmy a postupy v přehledné formě. Jde o východisko k připravovaným studiím o uplatnění u složitějších smykových oblastí. Pro jednoduchost je sledován příklad aplikace na problém řešený tradiční similaritní transformací již v 19-tém století. Transformované similaritní proměnné, klasicky určované na základě úvah o charakteru transportu hybnosti jsou přímo určeny z vlastností generátoru odpovídajícího transformaci měřítek. Obecný postup spočívající v řešení určující rovnice – podmínky invariantnosti - dokonce přímo vede na rovnici řešeného problému v similaritních souřadnicích.

Analýza založená na metodě grup symetrií otevírá nové pole působnosti pro similaritní řešení proudění ve smykových oblastech, které sice mají řadu neocenitelných teoretických výhod, ale prakticky byly jejich možnosti omezeny na nejjednodušší případy - jako jsou jednoduchá laminární smyková proudění nebo turbulentní proudění s turbulencí popsanou elementárními modely. Omezení bylo dáno nesmírnou obtížností určení výchozích transformačních vztahů, obvykle hledaných z fyzikálních úvah za pomoci nashromážděných experimentálních dat. Uvedený příklad ukázal, jak takto pracně získávané informace mohou být nahrazeny vztahy vyplývajícími přímo z rovnic které proudění popisují resp. popisují chování turbulence. Postup určení těchto vztahů je zcela systematický a přímočarý. Kromě této praktické stránky je výhodou i to, že některé z nalezených vztahů mohou mít neocenitelný teoretický význam. Přinejmenším přinášejí společnou zobecňující základnu pro celkový globální pohled na tyto problémy.

Nevýhodou bohužel je, že nový přístup pracuje s pojmy a postupy které nejsou běžně známy a zejména nepatří do matematické výzbroje inženýrů“ za získané výhody se musí platit námahou již vyžaduje zvládnutí zcela neobvyklého aparátu. Předložená práce má za cíl přiblížit používané základní pojmy a ukázat aplikaci nového postupu na velmi jednoduchém ale prakticky ne nezajímavém příkladu.

Literatura

Tesař V.: "*Mezní vrstvy a turbulence*", skripta ČVUT v Praze, různá vydání od r. 1984 do 1996

Tesař V.: "*Similarity Solutions of Basic Turbulent Shear Flows with One- and Two-Equation Models of Turbulence*", Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik, ISSN 0946-8463, Bd. 77 Sup. 1, p. 333, 1997

Ibragimov, N. Kh.: "*Elementary Lie Group Analysis and Ordinary Differential Equations*", Chichester, New York, Wiley 1999

Bluman G.W., Kumei S.: "*Symmetries and Differential Equations*", Springer, New York, 1989

Kara, A. H., and Mahomed, E. M.: "*Relationship between Symmetries and Conservation Laws*", International Journal of Theoretical Physics, Vol. 39, No. 1, 2000

INCREASING IN LOADING CAPACITY OF HIGHLY LOADED SLIDING BEARINGS BY SURFACE MODIFICATION OF THEIR FRICTION SURFACES

E. Tesker, S. Tesker, N. Yakovlev, E. Dovgalenko, S. Litvinov, V. Treshev*

Summary: *The data of applied research aimed at new laser surface modification technologies development are presented in this paper. Both polymer and metal surface coatings formed on steel parts under laser radiation have been tested and their influence on the friction conditions, reliability, bearing capacity and durability the drive item as well as relationships between laser treatment modes, coatings composition and various exploitation parameters have been studied. It is shown that the worked out technologies, to be used in production, provide compressor's mechanical systems with increased reliability and operating properties.*

Increasing in quantity of high-energetic modern equipment and severing of requirements of its operating indexes demand the development of new approaches to friction items design which mostly define technical level and operating properties of various mechanical systems.

In its turn, increasing in reliability and bearing capacity of highly-loaded compressor machinery parts can be provided both by modernization of construction or design and using modern techniques for surface layers with predicted properties creation.

Our study shows complex approach to the problem which means the solution based on the purposeful formation and control of the surface layers properties for the basic resource-limiting machine parts. This way seems to be more preferable because it improves operating characteristics and at the same time leads to cutting of production and running costs, reducing machine's overall dimensions and weight without loosing of interchangeability of parts.

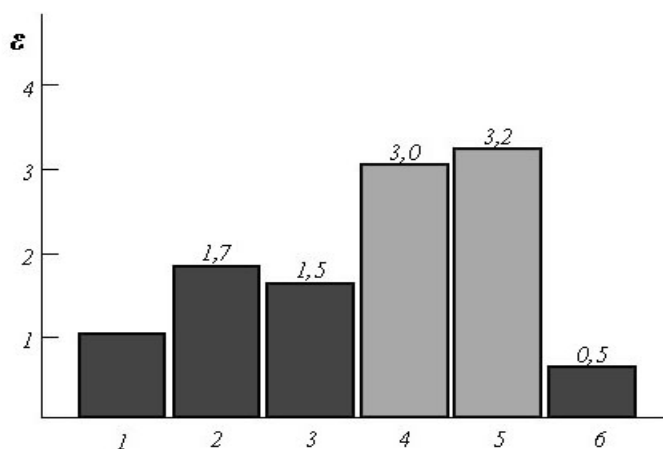


Fig.1. Wear resistance tests results: 1 – steel after volume thermo-hardening; 2 – steel after volume thermo-hardening and followed laser thermo-hardening; 3 – laser alloying (composition Ni-Cr-V); 4 – laser alloying (composition Ni-Cr-B-Si); 5 – laser alloying under argon protection (composition Ni-Cr-B-Si); 6 – thermal spraying.

* Volgograd State Technical University, Lenin prospect, 400131 Volgograd, Russia

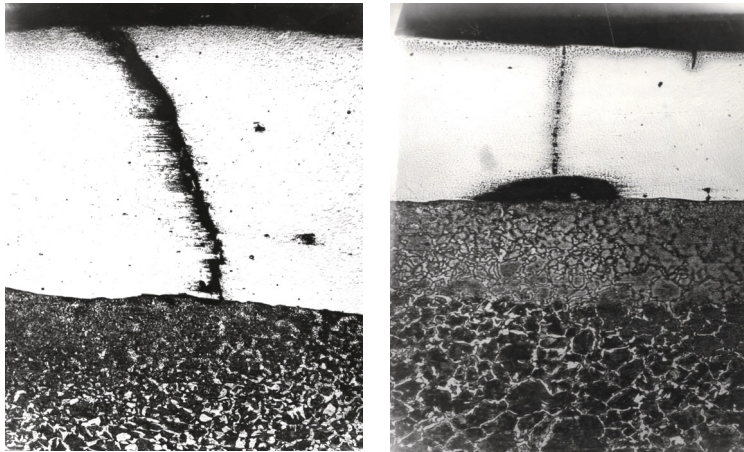


Fig.2. Crack arrest on the hardened layer-matrix steel interface.

The innovative techniques for surface modification presented in this paper are specially developed to obtain multifunctional (wear and aggressive media resistant) composite coatings with high operating properties. The complex test results conducted for samples and real equipment parts show that even in the hard conditions wear resistance of laser formed composite coatings 3 – 4 times higher than it is for the normal (traditional) steel parts.

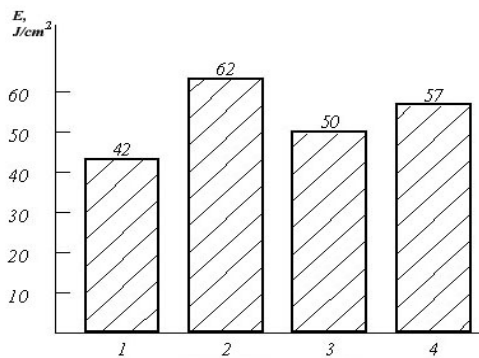


Fig.3. Adhesive strength tests results:
 1 – laser alloying (composition Ni-Cr-V);
 2 – laser alloying (composition Ni-Cr-B-Si);
 3 – flame spraying.

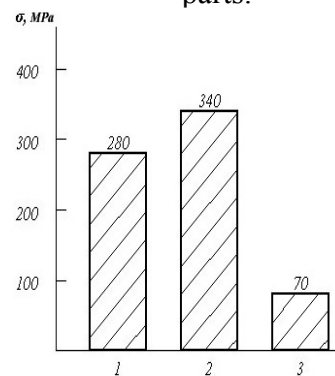


Fig.4. Impact elasticity tests results dependence from steel condition:
 1 – steel in its regular condition;
 2 – laser alloying (Ni-Cr-V);
 3 – laser alloying (Ni-Cr-B-Si);
 4 – laser thermo-hardening.

The strike load resistance of steel samples modified by laser surface alloyed coating has been investigated. It is shown that optimal combination of alloyed layers allows to considerably increase strike load resistance of the parts with stress concentrators (threads etc.) because of stopping the crack spreading in the tough layer of the coating.

Presented data of our research and tests show that using of another highly effective worked out technologies - friction surfaces modification with solid-lubricating polymer films, allows to avoid all of the damaging effects and rise up wear resistance and longevity of friction pairs.

The worked out laser technologies for multipurpose surface-alloyed coatings creation are highly effective in application for renovation and production of new compressors and spare parts.

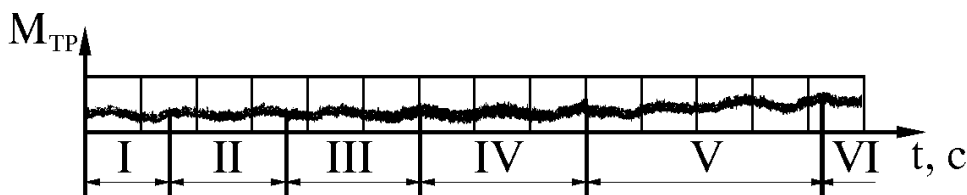


Fig.5. Friction test results - steel sample with polymer film.

EFFECT OF LAMINECTOMY ON STABILITY OF LUMBAR SPINE

P. Tichý*, Z. Horák*, J. Koukalová*, J. Michalec**

Summary: *The paper aims at the presentation of the lumbar spine finite element model used in a study of segmental kinematics including the tissue loading. Lumbar spine FE-model consisting of the three lumbar vertebrae, two disc (including annulus and nucleus) and vast variety of ligaments. The primary model objective is its verification by experimental test data obtained from cadaver spine segments. A confirmed model was used for a study of various range of laminectomy effect. On this model we simulate a various loading states witch can spine segment arrive at under physiologic conditions (compression, flexion, extension and lateral bending). FE-model could predict the laminectomy impact on the operation approach.*

1. Abstrakt

Velmi častým problémem moderní civilizované společnosti je syndrom bolesti v oblasti bederní páteře - Low Back Pain (LBP). Tímto syndromem, ať už ve větší či menší míře, trpí jedna třetina dotázaných bez ohledu na rasu, barvu pleti, etnickou příslušnost, pohlaví, sociální zařazení či jakýkoliv jiný ukazatel a to převážně v oblasti bederní páteře či L-S přechodu. Degenerativní změny mají přímou souvislost s LBP a projevují se ztrátou pevnosti, pružnosti a stability meziobratlových spojení bederní páteře. Organismus tento problém řeší tvorbou nových opěrných struktur, aby tak zajistil stabilitu osového skeletu. Operativní léčba je efektivně indikována v případech degenerativních změn vedoucích ke stenóze (zúžení) páteřního kanálu a meziobratlových otvorů a tím vznikajícímu útlaku míchy či míšních kořenů, nebo v případech herniace (vyhřeznutí) meziobratlového disku do prostoru páteřního kanálu.

Jedním z častých zákroků při operativní léčbě degenerativních změn na bederní páteři je laminektomie při které dochází k uvolnění nervové tkáně jak v páteřním kanálu, tak v okolí odstupujících nervů. Částečná či úplná laminektomie slouží k uvolnění útlaku nervových struktur a případně ke zvětšení manipulačního prostoru pro resekci meziobratlového disku a pro aplikaci meziobratlových implantátů.

Cílem této práce je zjištění vlivu laminektomie na stabilitu bederní páteře. Tento úkol je řešen za pomoci metody konečných prvků (MKP) vytvořením MKP modelu fyziologického spojení hybného segmentu L3-L5 bederní páteře s možností simulace laminektomie. Na

* Ing. Petr Tichý, Ing. Zdeněk Horák, Ing. Jana Koukalová: Laboratoř biomechaniky, ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky; Technická 4; 166 07 Praha 6; tel.: +420 224 352 527, fax.: +420 233 322; e-mail: tichy@biomed.fsid.cvut.cz

** Doc., Ing. Jiří Michalec, CSc.: Ústav mechaniky; ČVUT v Praze, Fakulta strojní; Technická 4; 166 07 Praha 6; tel.: +420 224 352 521, fax.: +420 233 322; e-mail: Jiri.Michalec@fs.cvut.cz

modelu tohoto segmentu byl simulován fyziologický stav, stav po částečné levostranné a úplné laminectomii. Značná pozornost byla věnována definici nelineárních materiálových parametrů měkkých tkání meziobratlového spojení. Výsledky simulací fyziologického modelu byly verifikovány pomocí experimentálních dat.

Vzhledem ke složitosti anatomie segmentu L3-L5, která ukazuje komplikovanost popisu a společně s nedostatkem kvalitních dat potřebných ke korektnímu materiálovému popisu je každý MKP model meziobratlových spojení předem zatížen chybou ve své definici. Také s ohledem na obrovskou variabilitu tvarů, patologických jevů, kinematiky atd. je prakticky nemožné vytvořit nenapadnutelný model fyziologického spojení hybného segmentu L3-L5. Z tohoto pohledu je nutno výsledky vlivu laminectomie na pohyblivost segmentu nutno chápat jako čistě teoretické a zatížené minimálně chybou v definici samotného modelu. I přesto však výsledky potvrzují poznatky z klinické operační praxe, že není-li při laminectomii resekován nebo významně redukován intervertebrální disk a ostatní struktury bederní páteře nejsou významně poškozeny vlivem degenerativních onemocnění páteře, zůstává stabilita bederní páteře zachována.

2. Poděkování

Tato práce vznikla za podpory projektu Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy: Transdisciplinární výzkum v oblasti biomedicínského inženýrství II, MSM 6840770012 a Grantové agentury České republiky: Výzkum biokompatibilních materiálů vhodných pro výrobu nového typu spinální náhrady, No. 106/05/2174.

3. Literatura

- Petržela, M. - Tichý, P. - Vilímek, M. (2003) An Experimental Assessment of Lumbar Vertebrae Mobility, In: *EORS - 13th Annual Meeting of European Orthopaedic Research Society*. Helsinki: Helsinki Fair Center, 2003, s. 46.
- Vilímek, M. - Tichý, P. (2003) A Skiagraphy Method Using for Lumbar Vertebrae Movement, In: *Gait & Posture*. 2003, vol. 18, no. SUPP 2, s. 80-123. ISSN 0966-6362.
- Vilímek, M. - Tichý, P. (2003) A Skiagraphy Method Using for Lumbar Vertebrae Movement Delimitation, In: *ESMAC 2003 - European Society for Movement Analysis in Adults and Children - 12th Annual Meeting*. Marseille: The French Group of Movement Analysis in Adults and Children, 2003, s. 84.
- Horák, Z. - Jirková, L. - Tichý, P. - Sedláček, R. (2005) Experimental Measurements of the Lumbar Spine Stiffness, *22nd Danubia-Adria Symposium on Experimental Methods in Solid Mechanics*. 2005, vol. 1, s. 94-95.
- Horák, Z. - Jirková, L. - Tichý, P. - Sedláček, R. (2005) Experimental Measurements of the Lumbar Spine Stiffness and Range of Motion. *4th YSESM 2005*, vol. 1, s. 141-142.

EFFECT OF DIFFERENT ALTERNATIVES OF SELF-EXCITATION AND DAMPING ON THE VIBRATION QUENCHING

A. Tondl*

Dedicated to my dear friend Prof. Dr. H. Ecker on the occasion of his 50th birthday

Summary: *A two-mass system consisting of a basic self-excited subsystem mounted on a foundation subsystem is investigated. Several alternatives of self-excitation expressed by a function of velocity and deflection of the basic mass and several alternatives of foundation subsystem damping are considered. The efficiency of different damping components is analyzed and the conditions for the full vibration suppressing is formulated.*

1. Introduction

Self-excited vibration represents an important phenomenon in physical and mechanical systems. There exist different sources of self-excitation, which results in different mathematical models describing important properties of the self-excitation. There exists a lot of literature dealing with the analysis of self-excited systems. Less attention is given to different means for vibration suppressing. One important group of these suppressing means is represented by additional subsystems (e.g. a tuned absorber or foundation mass) where the suppressing effect is due to the action of damping (e.g. absorber mass or foundation mass motion). It is evident that for the different types of self-excitation the efficiency of different types of damping can be even substantially different. This will be illustrated on a two-mass system where the upper mass m_1 mounted on a spring having stiffness k_1 is self-excited and this basic subsystem is attached to a foundation subsystem characterized by mass m_2 and spring having stiffness k_2 . The deflections are y_1, y_2 . The foundation mass motion is damped. Both self-excitation and the foundation damping will be described by different terms to analyze the effect of different terms.

2. Differential equations of motion

Using the time transformation $\omega_1 t = \tau(\omega_1 = \sqrt{k_1/m_1})$ equations of motion get the form:

$$\begin{aligned} y_1'' + y_1 - y_2 + \varepsilon F_1(y_1', y_1) &= 0, \\ y_2'' - M(y_1 - y_2) + q^2 y_2 + \varepsilon F_2(y_2', y_2) &= 0, \end{aligned}$$

*Ing. Dr. Aleš Tondl, DrSc., Zborovská 41, 150 00 Praha 5, Czech republic; e-mail: ales.tondl@volny.cz

$$F_1(y'_1, y_1) = \frac{1}{k_1} f_1(y'_1, y_1), \quad F_2(y'_2, y_2) = \frac{M}{k_1} f_2(y'_2, y_2), \quad M = \frac{m_1}{m_2}, \quad q^2 = \frac{k_2/m_2}{k_1/m_1}.$$

Equations can be transformed into the quasi-normal form using transformation

$$\begin{aligned} y_1 &= x_1 + x_2, & y_2 &= a_1 x_1 + a_2 x_2 \\ a_1 &= M/(q^2 + M - \Omega_1^2), & a_2 &= M/(q^2 + M - \Omega_2^2), \\ (\Omega^2)_{1,2} &= \frac{1}{2}(1 + q^2 + M \pm \sqrt{(1 + q^2 + M)^2 - 4q^2}). \end{aligned}$$

Note: It can be proved that: $a_1 > 0, \quad a_2 < 0, \quad a_1 a_2 = -M$.

In this way we get:

$$\begin{aligned} x_1'' + \Omega_1^2 x_1 + \frac{\mathcal{E}}{a_1 - a_2} [-a_2 F_1(x'_1 + x'_2, x_1 + x_2) + F_2(a_1 x'_1 + a_2 x'_2, a_1 x_1 + a_2 x_2)] &= 0, \\ x_2'' + \Omega_2^2 x_2 + \frac{\mathcal{E}}{a_1 - a_2} [a_1 F_1(x'_1 + x'_2, x_1 + x_2) - F_2(a_1 x'_1 + a_2 x'_2, a_1 x_1 + a_2 x_2)] &= 0. \end{aligned}$$

Seeking the single-frequency vibration the harmonic balance method can be used to determine the approximate solution: $x_1 = X_1 \cos \Omega \tau, \quad x_2 = 0, \quad (X_1 > 0)$, for the first mode,

$x_1 = 0, \quad x_2 = X_2 \cos \Omega t, \quad (X_2 > 0)$ for the second mode.

3. Analytical results

The following systems differing by self-excitation and foundation damping are analyzed:

System I $F_1(y'_1, y_1) = (-\beta + \delta y_1^2) y'_1$. a) $F_2(y'_2, y_2) = \kappa y'_2$, b) $F_2(y'_2, y_2) = \gamma y_2^2 y'_2$,

c) $F_2(y'_2, y_2) = \kappa y'_2 + \vartheta \operatorname{sgn}(y'_2)$,

System II $F_1(y'_1, y_1) = -\Theta \operatorname{sgn}(y'_1) + \kappa_1 y'_1$. a) $F_2(y'_2, y_2) = \kappa_2 y'_2$, b) $F_2(y'_2, y_2) = \vartheta_2 \operatorname{sgn}(y'_2)$.

System III $F_1(y'_1, y_1) = -\beta_1 |y_1| y'_1 + \delta_1 y_1^2 y'_1$. a) $F_2(y'_2, y_2) = \vartheta_2 \operatorname{sgn}(y'_2)$,

b) $F_2(y'_2, y_2) = \kappa_2 y'_2 + \delta_2 |y_2| y'_2$.

The full suppression can always be achieved for the following combinations:

System I with a), System II with b), System III with b).

4. Conclusion

A general rule can be formulated: A full suppression of self-excited vibration can be achieved when the foundation damping component has the same form as the negative component of the self-excitation of the basic subsystem and, furthermore, certain conditions are met.

A full suppression can also be achieved in the case of the nonlinear higher order form of the negative part of the self-excitation when certain conditions are met even if the terms of the foundation damping have not exactly the same character as the mentioned negative part of the self-excitation.

One aim of this contribution is to initiate further and deeper analysis especially as for the nonlinearly self-excited systems.

INVESTIGATION OF POISSON'S RATIO OF EARLY AGE CONCRETE

Nam Thanh Tran, P. Štemberk, A. Kohoutková¹

Summary: *For an analysis of a concrete structure subjected to dynamic loading at early ages, one needs to possess reliable values of mechanical parameters, such as modulus of elasticity and Poisson's ratio. In case of solidifying and hardening concrete, the lateral deformation needs to be measured with a contact-free method due to the soft consistency of solidifying and hardening concrete. Some results have been already obtained with an image-analysis-based measuring method, however its use is limited, again, due to the consistency of solidifying and hardening concrete as it contains a large amount of free water, which is squeezed out of the specimen when loaded and thus changes conditions for the measurement. This paper discusses the nature of this issue and proposes possible measures to reduce its effect on the quality of measurement.*

1. Introduction

In this paper, the issue related to the release of free water under loading is discussed and a new measuring technique, where the test configuration is rearranged so that a shadow cast by the specimen is captured, is presented. The proposed technique, where the shadow of the illuminated specimen is measured, follows this assumption. The experimental data obtained by this method were used for derivation of a generally applicable relation between the Poisson's ratio and the load level, which is also presented.

2. Original test configuration and its issue

The solidifying and further hardening concrete (the age of concrete about 3 to 6 hours) contains a large amount of free water. Initially, before the loading starts, the free water is held inside the concrete specimen. When loading is applied, the free water is squeezed out of the specimen to its surface. Then, due to the heat emitted by the spotlights the squeezed out water evaporates so that by the end of the experiment the surface of the specimen appears dry again. The squeezed out water reflects the light from the spotlights which changes the conditions for the edge detection. In order to rectify the measurement, two methods, adding the pixel difference in Fig. 1 and casting the shadow of specimen in Fig. 2, were proposed.

¹ Ing. Nam Thanh Tran, Ing. Petr Štemberk, PhD, Doc.Ing. Alena Kohoutková, CSc.: Department of Concrete Structures and Bridges, Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, Czech Republic; tel. +420 224 354 364, +420 224 353 740, e-mail: nam.thanh.tran@fsv.cvut.cz, stemberk@fsv.cvut.cz, akohout@fsv.cvut.cz.

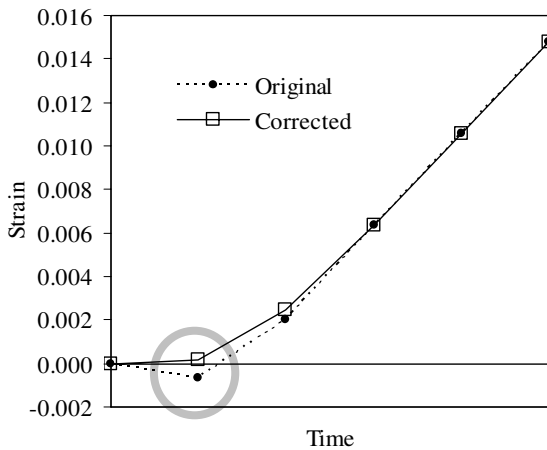


Figure 1: Rectification of lateral

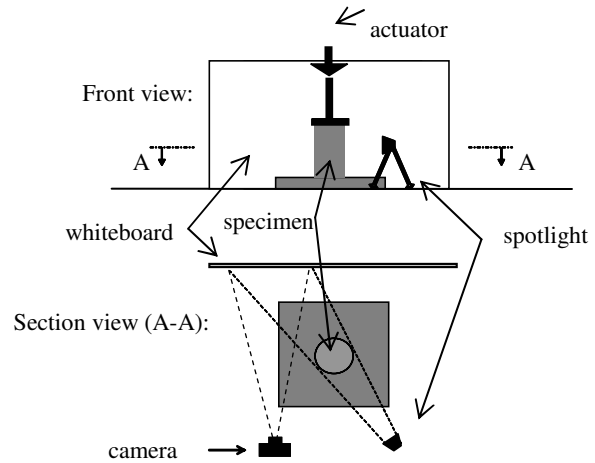


Figure 2: Rearranged test configuration

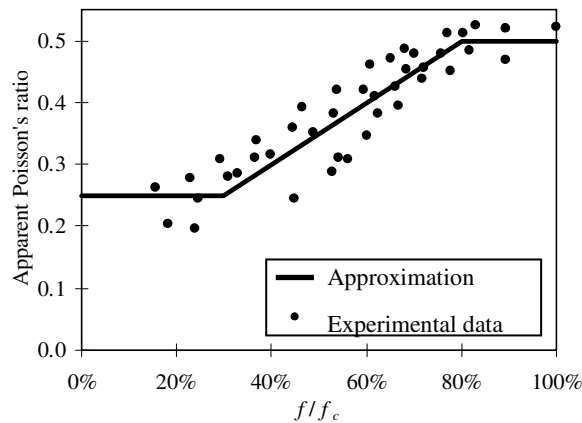


Figure 3: Poisson's ratio as function of load level.

3. Conclusions and discussion

This paper recognized and discussed the issue related to the free water which is squeezed out of the hardening concrete specimen during loading. The results of the experiment were used for derivation of the relation between the Poisson's ratio and the load level valid for hardening concrete at the ages ranging from 3 to 6 hours.

4. Acknowledgement

This work was supported by the Czech Science Foundation (project no. 103/05/2244), which is gratefully acknowledged.

5. References

- [1] G. Fu and A. G. Moosa, "An optical approach to structure displacement measurement and its application", *Journal of Engineering Mechanics*, ASCE, 128(5), 511-520 (2002).
- [2] N.T. Tran, P. Štemberk and A. Kohoutková, "Method of measuring lateral deformation of solidifying concrete under uniaxial loading", *Proc. Engineering Mechanics 2005* (Fuchs, Krejčí & Návrát eds), CD-ROM, 4p.

SELFLEARNING CONTROLLER OF ACTIVE MAGNETIC BEARING

M. Turek^{*}, T. Březina^{*}, J. Pulchart^{*}

Summary: *The active magnetic bearing control through self learning controller is described in this contribution. Controller's coefficient (parameter) values come from actions of Continuous Action Reinforcement Learning Automatas (CARLAs) which continuously update the controller's coefficients according to behavior of the active magnetic bearing. The goal of this on-line training is formulated as achievement of minimum mean square of control error. It is shown that CARLA method is capable of learning better parameters than standard method of optimal control design called LQ (linear quadratic) design. Described concept of control is proved by control of the active magnetic bearing.*

1. Introduction

Active magnetic bearing (AMB) inhibits contact between rotor and stator and so it eliminates limitations of classic bearing. Therefore it is possible to use AMB in specific and extreme circumstances where classic bearing is inapplicable. Electromagnets located in stator of the bearing create magnetic field. The force caused by magnetic field keeps rotor levitating in desired position in the middle of air clearance. So the control of magnetic field is necessary.

Nonlinearity of AMB's behavior causes problems when linear regulator is used for control. The linear regulator is capable of control of AMB, but its performance is poor. It is possible to recalculate desired action to corresponding input voltage of electromagnets to linearize response of AMB to action. LQ design can be used to design optimal controller of linearized AMB afterwards. Common problem of optimal control design methods is that they are not robust. Furthermore, model of AMB used to controller design is approximate only. CARLA method can be used to improve performance of designed controller.

CARLA method belongs to the group of learning automats. Update of learned value is based on real behavior of controlled system. So it is capable to learn appropriate parameter values of controller for real AMB.

2. Results

Following results were obtained by measuring of real AMB at constant loading force – 0N in horizontal axis and 2N in vertical axis (weight of rotor). Learned proportional and derivative gains are smaller than ones designed by LQ design so AMB has lower stiffness if the learned

* Milan Turek, Ing., VUT v Brně, FSI ÚAI, Technická 2, 61669 Brno, ČR, yturek00@stud.fme.vutbr.cz

* Tomáš Březina, RNDr., Ing., CSc., VUT v Brně, FSI ÚAI, Technická 2, 61669 Brno, ČR, brezina@fme.vutbr.cz

* Jaroslav Pulchart, Ing., VUT v Brně, FSI ÚAI, Technická 2, 61669 Brno, ČR, pulchart@kn.vutbr.cz

values are used. But it has to be considered, learning was done at constant loading force so CARLA method had no opportunity to adjust to variable loading force.

Behavior of the AMB controlled by the controller with the parameter values designed by LQ design (LQ controller) is much worse than behavior of AMB controlled by the controller with the learned ones (learned controller). The LQ controller causes oscillations with high amplitude without external reason (see fig. 1).

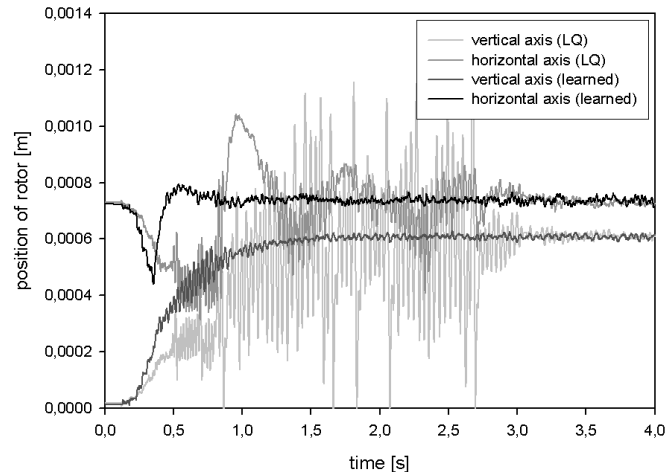


Figure 1: Behavior of AMB

3. Conclusion

The analytically designed controller is capable of control of AMB, but its performance is poor. It is caused by inexact model used to control design. Improvement of model is needed to improve quality of analytically designed controller, but it cannot be done easily. Much easier is an adjustment of controller parameter values by CARLA method. It optimizes controller parameter values according to real behavior of AMB and type of loading. Advantage of this approach is CARLA method can be connected and learning whole time the controller is running. So it adjusts parameter values according to variations of type of loading.

4. Acknowledgement

Published results were acquired using the subsidization of the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic, research plan MSM 0021630518 "Simulation modelling of mechatronic systems".

5. Literature

- [1] Howell, M. N., Best, M. C. (2000) On-line PID tuning for engine Idle-speed control using continuous action reinforcement learning automata. *Control Engineering Practice* 8, 147 - 154.
- [2] Howell, M. N., Frost, G. P., Gordon, T. J., Wu, Q. H. (1997) Continuous action reinforcement learning applied to vehicle suspension control. *Mechatronics*, 7(3), 263 -276.

FREQUENCY SPECTRUM ESTIMATION BY AUTOREGRESSIVE MODELING

J. Tůma*

Summary: *The paper deals with methods for frequency spectrum estimation by autoregressive modeling. Estimate of the autoregressive model parameters is the first step in this way of spectral analysis. The method used to do it are based on solving the system of normal equations, resulting from the least square method, or on solving the Yule-Walker equation and on Burg's method. The least square method uses the Gram-Schmidt orthogonalisation and its modification. The Yule-Walker equations are solved using Cholesky's factorization and Levinson's iterative method. The AR model parameters determine the transfer function of a linear system with white noise as an input signal. The frequency transfer function and the model error variance determine the frequency spectrum.*

1. Úvod

Parametrické metody jsou založeny na výpočtu autoregresního modelu časové řady vzorků, které jsou považovány za výstup lineárního dynamického systému se vstupním signálem typu bílého šumu. Spektrum výstupního signálu je pak dáno frekvenční přenosovou funkcí této soustavy a faktorem jejího zesílení, který je dán rozptylem vstupního bílého šumu. K výpočtu autoregresního modelu jsou v referátu použity metody nejmenších čtverců nebo řešení soustavy Youle-Walkerových rovnic a nebo Burgovu metoda.

2. Autoregresní model

Parametrické metody se opírají o výpočet parametrů autoregresního modelu signálu, který popisuje závislost aktuálního vzorku y_t signálu na minulých vzorcích $y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-M}$, tj.

$$y_t = a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2} + \dots + a_M y_{t-M} + e_t, \quad (1)$$

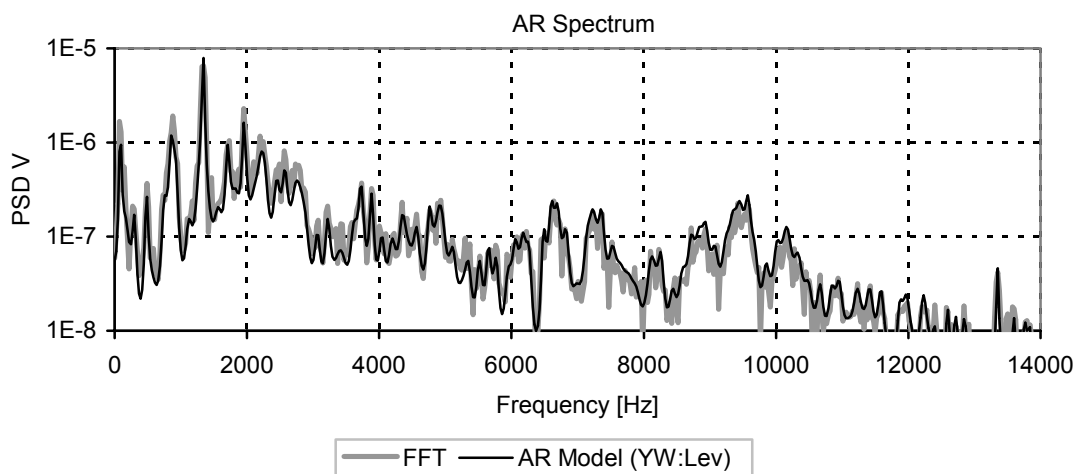
kde t představuje diskrétní čas (0, 1, 2, ...), M je řád modelu, a_1, a_2, \dots, a_M ($a_M \neq 0$) jsou parametry a e_t je nekorelovaný šum. Výkonová spektrální hustota signálu je dána vzorcem

$$P(\omega) = \frac{2\sigma^2 T}{\left| 1 - \sum_{m=1}^M a_m \exp(-jm\omega T) \right|^2}. \quad (2)$$

* Prof. Ing. Jiří Tůma, CSc.: Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava; 17. listopadu 15; 708 33 Ostrava; tel.: +420 59 699 3482; fax: +420 59 699 3482; e-mail: jiri.tuma@vsb.cz

3. Příklad výpočtu spektra signálu

Pro demonstraci výpočtu spekter je použit testovací signál z měření impulsní odezvy, která obsahuje výrazné harmonické složky s aditivním náhodným šumem. Autoregresní model řádu 400 (AR 400) byl vypočten pomocí Yule-Walkerových rovnic ve variantě s Levinsonovým rekurzivním algoritmem (YW:Lev). Porovnání s výpočtem FFT je znázorněno v obrázku 1.



Obrázek 1 Porovnání výsledků výpočtu výkonové spektrální hustoty s užitím FFT a AR 400

Doba výpočtu je uvedena v tabulce 1. K výpočtům byl použit notebook HP Compaq nc6120, s procesorem 1,86 GHz a s pamětí 512 MB. Nejkratší výpočet je dosažen s použitím Yule-Walkerových rovnic a rekurzivním algoritmem navrženým Levinsonem.

Tabulka 1

Metoda	Doba výpočtu	
	Řád AR modelu 100	Řád AR modelu 400
Yule-Walker, Cholesky Factorization	0,44 s	2,92 s
Yule-Walker, Levinson	0,17 s	0,61 s
Burg's Method	2,05 s	7,72 s

4. Závěr

Výhoda AR modelu při výpočtu frekvenčních spekter spočívá v tom, že spektrum lze stanovit pro libovolný počet vzorků a na rozdíl od FFT výpočet není limitován na záznam o určité délce. Souhrnně lze uvést, že parametrická metoda spektrální analýzy je vhodná nejen pro náhodné signály, ale také pro signály obsahující harmonické složky s aditivním šumem.

5. Poděkování

Výzkumné práce v oboru zpracování měření hluku a vibrací jsou podporovány Grantovou agenturou České republiky jako projekt č. 101/04/1530.

6. Literatura

Orfanidis, S.J. (1988) *Optimum signal processing: An Introduction*. Macmillan Publishing Company, London.

ESTIMATION OF DENSITY FUNCTION PARAMETERS WITH CENSORED DATA FROM PRODUCT LIFE TESTS

J. Tůma *

Summary: *The paper deals with a statistical method for the evaluation of life test results. It is supposed that only some of the test specimens are observed until breaking while observation of others is terminated prior to breaking. That is, some observations are censored. The estimation of probability density function parameters is based on the maximum-likelihood method. The Weibull distribution function is preferably used to describe the complete life distribution. It is suggested that estimation be performed sequentially after each observed breakage treating specimens still on test as censored until the parameter estimates become stable. Some results of simulation are presented using an example of truck suspension tests.*

1. Úvod

Životnost určitého provedení výrobku představuje počet provozních hodin nebo počet ujetých kilometrů a nebo počet sepnutí kontaktu spínače do poruchy nebo zničení. Data charakterizující životnost zařízení jsou dvojího druhu a to buď údaje o době provozu do poruchy a nebo údaje o době provozu aniž by vznikla porucha. Postup výpočtu parametrů rozdělení pravděpodobnosti je popsán například v příručce, která je na webovských stránkách NIST, USA (<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/index.htm>). Dále popisovaný postup se opírá o algoritmus, který byl vyvinut v podniku Tatra Kopřivnice (Tůma, 1989) a později publikován ve sborníku prací VŠB, Fakulta strojní (Tůma, 1996).

Individuální životnost konkrétního výrobku je náhodná veličina, jejíž pozorovaná hodnota je značena písmenem t . Výsledek testu představuje soubor o počtu n hodnot individuálních životností $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ (doby provozu do vzniku poruchy nebo poškození) a soubor o počtu m hodnot, které informují jen o době provozu $t_{n+1}, t_{n+2}, t_{n+3}, \dots, t_{n+m}$ bez závad. Zkouší se tedy celkem $n + m$ vzorků výrobku, přičemž jen u části z nich vznikne porucha. Takový soubor dat se nazývá cenzurovaný. Cílem předloženého referátu je popsat postup vyhodnocení souboru dat z testu životnosti s cílem vypočítat odhady parametrů rozdělení pravděpodobnosti, ze kterých lze vypočítat například střední hodnotu životnosti, rozptyl životnosti a hlavně kvantily, které stanovují jaký podíl výrobků má dosáhnout stanovenou životnost.

* Prof. Ing. Jiří Tůma, CSc.: Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava; 17. listopadu 15; 708 33 Ostrava; tel.: +420 59 699 3482, fax: +420 59 699 3482; e-mail: jiri.tuma@vsb.cz

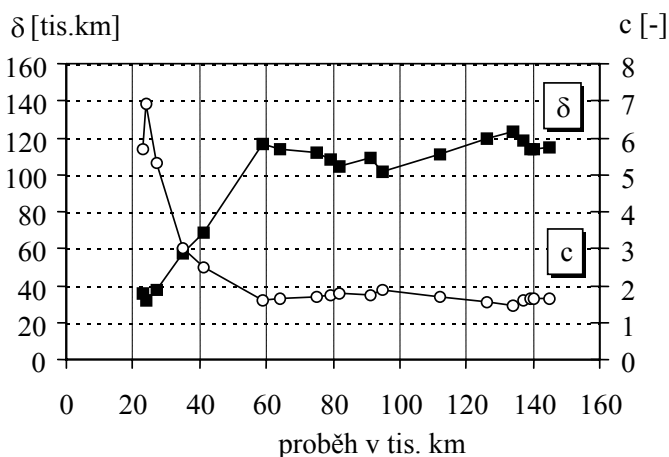
2. Odhad parametrů rozdělení cenzorovaného statistického souboru

Parametry rozdělení pravděpodobnosti se odhadují několika způsoby. Pro cenzorované statistické soubory je nejvýhodnější metoda maximální věrohodnosti, při které se maximalizuje logaritmus věrohodnostní funkce

$$\ln L(t_1, \dots, t_{n+m}; \Theta) = \sum_{i=1}^n \ln f(t_i; \Theta) + \sum_{i=n+1}^{n+m} \ln \int_{t_i}^{+\infty} f(t; \Theta) dt, \quad (1)$$

kde $f(t; \Theta)$ je hustota rozdělení pravděpodobnosti se skupinou parametrů, které jsou symbolicky označeny Θ . V referátu jsou použity dva typy rozdělení pravděpodobnosti a to Weibullovo a logaritmicko-normální.

V příloženém příkladu je demonstrováno hodnocení životnosti listových pružin u terénního nákladního automobilu při urychlených zkouškách (Tůma, 1989). Životnost je vyjádřena v průběhu kilometrů do vzniku lomu prvního listu pružiny a u neukončených zkoušek počet ujetých kilometrů. Ve statistickém souboru je 25 výsledků zkoušek, z toho je jen 18 ukončených. Rozdělení pravděpodobnosti průběhu je aproximováno Weibullovým rozdělením.



Obrázek 1 Postupné odhady parametrů Weibullova rozdělení

3. Závěr

Odhad parametrů rozdělení pravděpodobnosti cenzurovaných souborů, popsany v tomto referátu, je pro libovolné relace mezi výsledky ukončených a neukončených testů životnosti výrobků. V příkladu je demonstrováno, že průběh a ustálení parametrů rozdělení a statistických charakteristik lze průběžně monitorovat tak, aby zkoušky nebyly neúčelně prodlužovány. V daném příkladu je ustálení odhadu dosaženo při poruše třetiny zkoušených vzorků pružin nebo poloviny ujetých kilometrů.

4. Poděkování

Výzkumné práce v oboru zpracování měření hluku a vibrací jsou podporovány Grantovou agenturou České republiky jako projekt č. 101/04/1530.

5. Literatura

Engineering statistic Handbook, <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/index.htm>

Tůma, J. Rozbor způsobu vyhodnocování souboru ukončených a neukončených zkoušek pro stanovení životnosti dílů a agregátů, Technická zpráva TATRA Kopřivnice č.18.00.000-229, 1989

Tůma, J. Odhad parametrů rozdělení cenzorovaných dat z testů životnosti výrobků. Sborník vědeckých prací VŠB-TU Ostrava, řada strojní, 1996, roč. XLII, č. 1, článek 1168. ISSN 1210-0471.

AN INVESTIGATION OF INFLUENCE OF THE WEIGHTING CONSTANTS TO THE OPTIMAL CONTROLLED ACTIVE SUSPENSION

J. Úradníček*, M. Musil*

Summary: *This paper deal with investigation of the influence of weighting constant to the optimal controlled active suspension without preview. Main objective of this paper is explanation of the proper selection of weighting constant. Paper also points to the possibilities of system adaptability to the different type of road excitation trough alterations of weighting constant directly during vehicle running.*

1. Úvod

Vhodný návrh odpruženia automobilu spočíva v nájdení kompromisu medzi bezpečnosťou jazdy a pohodlím posádky. Keďže pasívne odpruženie nieje vždy schopné splniť požiadavku na bezpečnosť jazdy a zároveň pohodlie posádky, je nutné uvažovať aktívne, alebo semiaktívne odpruženie automobilu. Pri použití optimálneho riadenia tohto zavesenia je nutná správna voľba váhových koeficientov, ktoré majú zásadný vplyv na konečné zosilnenie spätnoväzobného regulátora a teda aj výsledné vlastnosti odpruženia. Pri skúmaní jednotlivých váhových koeficientov sa taktiež vynára možnosť ich prehodnocovania priamo počas prevádzky, čím je možné dosiahnuť schopnosť aktívneho alebo semiaktívneho odpruženia sa prispôbiť na rôzne typy budenia od vozovky tak, aby bolo zabezpečené maximálne možné pohodlie bez prekročenia obmedzujúcich podmienok.

2. Model aktívneho odpruženia vozidla

V článku je uvažovaný štvrtinový model vozidla s aktívnym odpružením so sústredenými parametrami a dvoma stupňami voľnosti pohybu.

3. Optimálne riadenie

Sústava ja riadená pomocou spätnoväzobného regulátora ktorého zosilnenie je určené prostredníctvom optimálneho riadenia tak, aby výraz

$$J = J_1 + q_1 J_2 + q_2 J_3 + r J_4 \quad (1)$$

* Ing. Juraj Úradníček, Doc. Ing. Miloš Musil, PhD.: Katedra Technickej Mechaniky, Strojnícka Fakulta, Slovenská Technická Univerzita, Nám. Slobody 17, 812 31 Bratislava 1

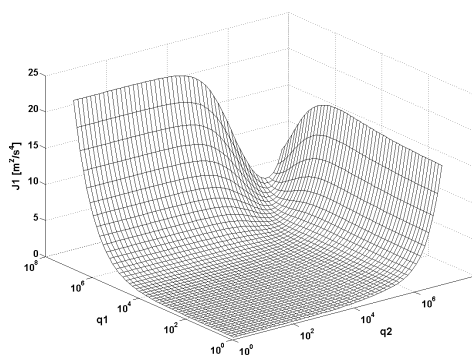
bol minimálny, pričom J_{1-4} sú ukazovatele pohodlia (veľkosti zrýchlenia nadstavby), veľkosti pracovného zdvihu zavesenia, veľkosti dynamickej deformácie pneumatiky a veľkosti potrebnej akčnej sily na uriadenie sústavy. Ďalej je nutné vybrať také váhové koeficienty, aby

boli splnené podmienky: $3\sigma_w < \delta_w$, $3\sigma_t < \delta_t$, kde $\sigma_w = \sqrt{(x_1(t) - x_2(t))^2} = \sqrt{J_2}$,

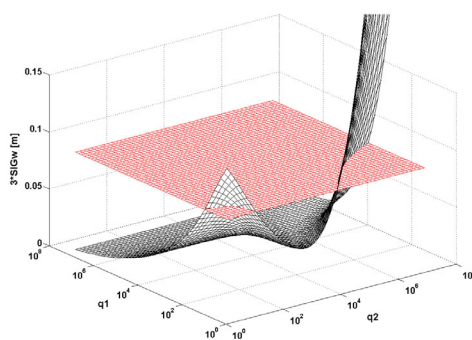
$$\sigma_t = \sqrt{(x_2(t) - w(t))^2} = \sqrt{J_3}.$$

σ_w, σ_t je smerodajná odchýlka veľkosti prepruženia zavesenia, veľkosti dynamickej deformácie pneumatiky, δ_w je maximálne dovolené prepruženie zavesenia a δ_t je maximálna dovolená veľkosť deformácie pneumatiky.

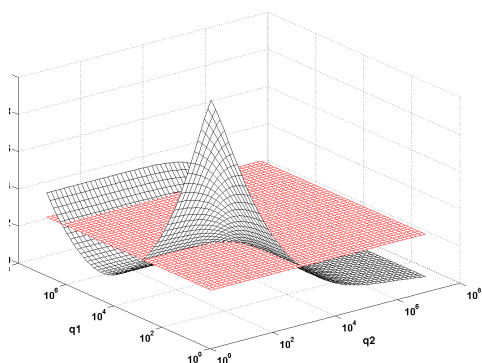
4. Voľba váhových koeficientov



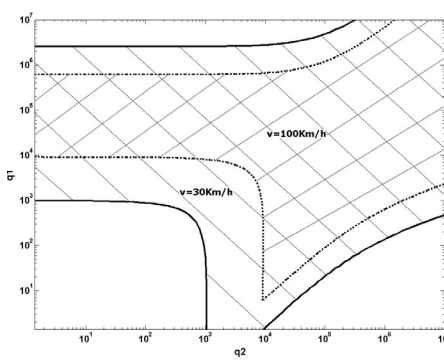
Obr.1.



Obr.2.



Obr.3.



Obr.4.

Vhodná voľba váhových koeficientov závisí od typu budenia a preto tieto koeficienty sú volené tak aby pre čo najširšie spektrum

budenia, nedochádzalo k prekročeniu obmedzení ktoré vyplývajú jak z fyzikálnych obmedzení tak z požiadaviek na pohodlie. Na (obr.4.) je znázornená množina

vyhovujúcich parametrov q_1, q_2 ktorá je daná obmedzujúcimi podmienkami (Obr.2.a Obr.3.). Pre väčšie pohodlie je nutné voliť nižšie q_1, q_2 (Obr.1.) a naopak pre väčšiu bezpečnosť vyššie q_1, q_2 . Z uvedeného vyplýva, že ak by sme chceli dosiahnuť čo najväčšie pohodlie a zároveň neprekročiť dané obmedzenia, bolo by nutné meniť parametre q_1, q_2 v závislosti od zmeny budenia, čím by sa dosiahlo efektívnejšie využitie optimálneho riadenia odpruženia automobilu.

5. Pod'akovanie

Táto práca vznikla v rámci projektu VEGA č.1/2103/05.

OPTICAL MEASUREMENT OF SURFACE DISPLACEMENTS IN THE VICINITY OF CRACK TIP

J. Valach^{*}, D. Vavřík^{*}, J. Bryscejn^{*}, J. Jakůbek^{}**

Summary: *Combined optical method for measurement of three displacement fields on flat specimens is described and applied for the evaluation of surface deformation of flat aluminum alloy specimen with central crack in tensile tests. The method utilizes two optical methods – Coded Photometry Stereo and the method of Interpolated Ellipses allowing the measurement to be performed simultaneously making it favourable for dynamical tests.*

1. Úvod

Pro úplný popis nelineárních dějů provázejících vznik zóny poškození v okolí napěťového koncentrátoru během zatěžování houževnatých vzorků je zapotřebí znát všechny tři složky pole posunutí ve sledované oblasti. K rozlišení procesů zapojených do těchto procesů je výhodné současně monitorovat vnitřek tělesa radiograficky a povrch optickými metodami. Tento příspěvek se zabývá měřením 3D polí posunutí v několika etapách zatěžování vzorku až do vzniku trhliny, popisuje užitou metodu a diskutuje výsledky.

2. Popis aplikované měřicí metody

Zavedené optické metody jsou obvykle vhodné buď pro měření posunutí v rovině, nebo mimorovinného posunutí, a proto k úplnému popisu stavu povrchu je zapotřebí vhodně kombinovat. Navrhovaný a použitý postup spojuje měření mimorovinných posunutí metodou „Kódované fotometrické stereo“ (CPS) s měřením posunutí v rovině pomocí „Metody interpolovaných elips“ (MIE). Výhodou kombinovaného přístupu pro je jednoduchost, škálovatelnost a nenákladnost.

Jádrem CPS metody pro rekonstrukci topografie povrchu je přímý vztah mezi pozorovaným jasnem studované plošky povrchu a jejím sklonem vůči směru osvětlení a pozorování. CPS vychází z metody publikované v (Woodham 1980 a Kim & Park 1998). Ze známé konfigurace sestavy je potom možné vytvořit pro celou studovanou část povrchu mapu normál, která zase slouží jako vstupní data pro rekonstrukci topografie povrchu. Tato rekonstrukce probíhá na základě waveletové transformace popsané v (Kovesi 2003), kde je dostupný i zdrojový kód. Výsledkem transformace je výškový popis povrchu vzorku určený až na multiplikatívni faktor, který lze odvodit pomocí kalibračního tělíska na povrchu vzorku. Inovativnost CPS spočívá v současném pořízení tří scén (které jsou nutné pro jednoznačný popis povrchu a jeho odstínu) založeném na užití osvětlení povrchu červeným, zeleným a modrým světly rozmístěnými kolem vzorku do jednoho obrázku v digitálním fotoaparátu využívajícím ukládání informací o barvách pomocí rozkladu scény obdobnými barevnými kanály.

^{*} Ing. Jaroslav Valach, PhD., Ing. Daniel Vavřík, PhD., Ing. Jan Bryscejn, Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, Prosecká 76, 190 00 Praha 9, Tel.: +420-286882121, Fax: +420-286884634, E-mail: valach@itam.cas.cz

^{**} Ing. Jan Jakůbek, Ústav technické fyziky, ČVUT, Horská 3a/22, 128 00 Praha 2

CPS metodu doplňuje metoda interpolovaných elips (MIE) určená ke stanovení posunutí v rovině vzorku (Vavrik & Zemankova 2004). Tato posunutí jsou zjišťována sledováním deformací hexagonální mřížky nanesené na povrch vzorku. Šestice do kruhu uspořádaných bodů se zatížením deformuje a protáhne v elipsu, z jejích hlavních os lze snadno vyčíst směry a velikosti hlavních deformací. Výhoda uspořádání měřicích bodů do šestic vyplývá z možnosti odhadu chyby určení rovinných přetvoření a větší robustnosti výpočtu.

3. Experimentální část

Experimentální sestava kombinuje přesné tahové zařízení s radiografickým zobrazovacím zařízením založeným na detektoru Medipix a optickou sestavou pro měření povrchových deformací. Tato sestava je detailně popsána v příspěvku #296 na jiném místě tohoto sborníku. Jak vyplývá ze dříve provedených experimentů, je vznik zóny intenzivního poškození provázen jednak vznikem zóny plastické deformace (Vavrik et al. 2003), tak charakteristickým zpožděním v rozvoji oblasti, kde dochází ke kontrakci (Vavrik & Zemankova 2004).

Zatěžován byl plochý vzorek z hliníkové s vyjiskřenou trhlinou, který byl pokryt hexagonální měřicí mřížkou o velikosti bodů 0,1mm a rozteči 0,2mm připravenou fotorezistem, a nanesenou souměrně vzhledem k orientaci trhliny. Vzorek byl jednoose namáhán pohybem čelistí zatěžovacího zařízení až do přetržení a v několika etapách zatěžování bylo provedeno měření.

4. Výsledky, diskuze, závěr

Kombinovaná optická metoda spojující metodu CPS a MEI pro studium posunutí na povrchu byla úspěšně použita. Aplikací metody se zjistila délka a tvar trhliny, přičemž zjištěná asymetrie rekonstruované topografie povrchu vůči rovině trhliny indikuje odchýlení postupu trhliny od původního směru. Rozsah zóny poškození vyplývající z topografie povrchu je v souladu se zjištěními provedenými na základě radiografických metod.

5. Poděkování

Tato práce vznikla za podpory grantu 106/04/0567 GA ČR, Výzkumného projektu AV0Z20710524 a také částečně projektu Histoclean EVK4-CT-2002-30011 EK.

6. Literatura

- Vavrik, D., Jakubek, J., Pospisil, S. & Visschers, J. (2003) Non-destructive Observation of Damage Processes by X-Ray Dynamic Defectoscopy, *Proceedings of the 9th International Conference on the Mechanical Behaviour of Materials*, Switzerland, Geneva, May 25-29.
- Vavrik, D. & Zemankova, J. (2004) Crack Instability in Ductile Materials Analyzed by the Method of Interpolated Ellipses, *Experimental Mechanics*, Vol. 44, 327-335, ISSN: 0014 4851
- Woodham, R. J. (1980) Photometric method for determining surface orientation from multiple images, *Optical Engineering*, 19, 139-144.
- Kim, B.-H. & Park, R.-H. (1998) Multi-image photometric stereo using surface approximation by Legendre polynomials, *Pattern Recognition*, 31, 1033-1047.
- Kovesi, P. D. (2003): MATLAB functions for computer vision and image analysis, 1996-2003. <http://www.csse.uwa.edu.au/~pk/Research/MatlabFns/>.

MANAGEMENT OF HYDRATATION HEAT EVOLUTION

R. Valenta, J. Šejnoha, M. Šejnoha, T. Krejčí*

Summary: *In this contribution the influence of casting procedure in layers together with application of H-Krystal catalyst on water tightness and volume stability of concrete structures of considerable thickness is investigated. Proposed procedures are verified by both the numerical and physical experiments. Reaching the volume stability results in the significant reduction of crack evolution. The compact concrete therefore provides protection for reinforcement, and so these structures can also be used in an aggressive environment. The goal of this work is to propose a methodological approach ensuring the highest possible reduction of crack evolution and yielding watertight concretes. The main causes of crack evolution in an early stage of concrete are the hydration heat and shrinkage. To reach the water tightness and the volume stability of concrete, suitable casting procedures such as casting in layers and an application of H-Krystal in dilatation joints are proposed, which allows us to control the evolution of hydration heat.*

1. Úvod

Záměrem této práce je navrhnout metodologický postup poskytující technologickou podporu pro návrh a provádění vodotěsných a objemově stálých normálních a samozhutnitelných betonů pro základové konstrukce, jako jsou podzemní stěny a základové desky. Tyto konstrukce dosahují často značných objemů (například značná tloušťka základové desky), které způsobují problémy spojené s vývinem hydratačního tepla a následně s propagací trhlin.

Hlavním cílem je tak omezení těchto jevů dávkováním betonové směsi, ukládáním betonu na stavbě a přijetím dalších opatření. V tomto pojednání detailněji zkoumáme vliv postupu betonáže ve vrstvách spolu s aplikací katalyzátoru H-Krystal na vodotěsnost a objemovou stálost betonových konstrukcí značných tloušťek. Navržené postupy jsou ověřovány jak experimentálně tak analyticky.

Výsledky tohoto výzkumu poslouží při návrhu základových desek a obecně při návrhu všech plošných betonových konstrukcí značné tloušťky. Obdobná metodika je aplikovatelná i na podzemní stěny. Vzhledem k tomu, že dosažením objemové stálosti dojde k výraznému omezení vzniku trhlin, budou takovéto plošné konstrukce vhodné i pro použití v agresivním prostředí, neboť ocelová výztuž bude proti agresivním látkám chráněna kompaktním betonem. K dosažení vodonepropustnosti a objemové stálosti betonu se využívá vhodného

* Ing. R. Valenta, Prof. Ing. J. Šejnoha, DrSc., Doc. Ing. M. Šejnoha, Ph.D., Ing. T. Krejčí, Ph.D.:
Fakulta stavební, ČVUT v Praze; Thákurova 7, 166 29 Praha 6; tel.:+420 224 354 606; e-mail:
richard.valenta@fsv.cvut.cz

postupu betonáže po tloušťce ve vrstvách spolu s uplatněním katalyzátoru H-Krystal v přechodových vrstvách, čímž lze regulovat vývin hydratačního tepla. H-Krystal je katalyzátor způsobující zpoždění hydratace cca o 7 hodin a zajišťující nepropustnost betonu. Zpožděním hydratace a tudíž počátku tuhnutí a následně i smršťování v přechodových vrstvách dojde k nerovnoměrnému rozdělení počátečních napětí v betonu. Tímto řízeným nerovnoměrným rozdělením napětí lze docílit jistého předpětí betonu v předem vybraných vrstvách a tím omezit vznik trhlin v povrchových vrstvách betonové plošné konstrukce.

Pro ověření výše popsaných předpokladů a numerického modelu termomechanického chování betonu raného stáří byl proveden pilotní experiment, při němž byly sledovány termomechanické vlastnosti tří betonových kvádrů a který je v příspěvku detailněji popsán. Pro numerickou analýzu zkoumaného problému je využíván konečně prvkový program SIFEL, který umožňuje řešit sdružený problém mechaniky poškození a transportních jevů. Aniž bychom zabíhali do podrobností, poznamenejme, že transportní problém se řeší jako sdružená nelineární úloha, která vyžaduje simultánní numerickou integraci tří skupin rovnic. První skupinu tvoří Fickův, Darcyho a Fourierův zákon, druhou bilanční rovnice pro vlhkost a teplo, třetí rovnice materiálové (retenční vztahy) [Krejčí, 2003]. K analýze teplotního a vlhkostního pole využíváme model autorů Künzela a Kiessla [Künzel – Kiessl, 1977] rozšířený o soubor klimatických podmínek a model vývinu hydratačního tepla v betonu. Při výpočtech poškození se vychází z dekompozice celkové deformace na elastickou část deformace, na část deformace od poškození, dotvarování, smršťování a vlivu změny teploty. Pro modelování smršťování a dotvarování mladých betonů lze použít model B3 popsáný např. v [Bažant – Baweja, 1995/1,2]. Pro modelování poškození betonu využíváme model skalárního izotropního poškození, jehož popis lze nalézt např. v [Pijaudier-Cabot – Jason, 2002].

V článku je nabídnuto porovnání výsledků z výše popsané numerické analýzy a experimentálně naměřených dat.

2. Poděkování

Tento výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M6840770001, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS.

3. Literatura

Krejčí, T. (2003) Time– dependent behavior of concrete and other porous materials, ČVUT, Praha, disertační práce.

Künzel, H. M. – Kiessl, K. (1977) Calculation of heat and moisture transfer in exposed building components. *Int. J. Heat Mass Transfer*, 40, 159 – 167.

Bažant Z. P. – Baweja S. (1995/1) Creep and Shrinkage Prediction Model for Analysis and Design of Concrete Structures – Model B3. RILEM Recommendation, *Mater. Struc.*, 28, p. 357-365

Pijaudier-Cabot, G. – Jason, L. (2002) Continuum damage modeling and some computational issues. *RFGC – 6/2002, Numerical Modelling in Geomechanics*, p. 991-1017

MECHATRONICS APPLICATION INFLUENCE AND ITS ESTIMATION IN MILITARY VEHICLES

D. Vališ*

Summary: Nowadays typical trend apart of others is wider application of electronic components and parts inside vehicles construction. The main objective of this is on one hand to increase sub-measures of technical performances, dependability, economy as well as safety and comfort for customer. On the other hand to decrease risk imposition and life cycle costs for instance. This tendency has not avoided the military vehicles. The electronic application does not influence only the technical performances of vehicles but and this is more important also the dependability. Finally it may happen that the dependability might be influenced both in positive and negative way. Method presented bellow is created for failure effects criticality analysing as well as failures of vehicles systems analysing.

1. Úvod

Dynamický rozvoj informačních technologií a výpočetní techniky současnosti neunikne už asi nikomu. Poměrně často významně prostupuje mnoha, někdy i odlišnými, vědními disciplínami a průmyslovými technologiemi. Trendem současnosti je tedy též vzájemné provázání prostředků informačních technologií s jinými oblastmi lidské činnosti. Příkladem mohou být nové lékařské technologie, energetická zařízení, dopravní prostředky, aj. Významné z hlediska technického řešení jsou oblasti, které se zabývají implementací elektroniky (IT, HW a SW) do mechanických systémů. Touto disciplínou se kromě jiných podrobněji zabývá i **mechatronika**.

2. Současná situace v oblasti

Kromě výše zmíněných oblastí se progresivní rozvoj v oblasti mechatroniky se nevyhnul ani prostředí dopravních prostředků, silničních vozidel a vojenské techniky. Nové elektronické aplikace do těchto technických objektů jsou schopny významným způsobem ovlivnit většinu funkcí a vlastností. Výraznou pozitivní změnou jsou totiž ovlivněny ukazatele složek jakosti. V tomto článku je pozornost upřena na implementaci elektroniky do prostředí vojenské výzbroje a techniky a hodnocení důsledků těchto implementací.

Těmto všem změnám odpovídá i změna vlivů a charakteru vlastního vedení bojové činnosti. Je potřeba lépe chránit osádku vozidla (aktivně i pasivně), je potřeba vyšších výkonů hnacích jednotek pro dosažení lepších vlastností mobility, a jiných vlastností. Tyto všechny požadavky, které jsou podrobněji rozpracovány v příspěvku, je v současnosti již nemožné zabezpečit bez použití prvků elektroniky do prostředí bojových vozidel. Při všech nových aplikacích však musíme velmi pečlivě zvažovat jejich důsledky na vlastnosti spolehlivosti.

* Ing. David Vališ, Ph.D.: Fakulta vojenských technologií, Univerzita obrany v Brně; Kounicova 65; 612 00 Brno; tel: +420 973 443 440; fax: +420 973 443 384; e-mail: david.valis@unob.cz

3. Aplikace do jednotlivých skupin a popis jejich vlastností

Hlavním požadavkem na bojová vozidla je zabezpečení vlastností vyplývajících z jejich podstaty. Jedná se především o vlastnosti vztažené k vedení bojové činnosti se všemi souvisejícími vlivy a současně také vlastnosti vztažené ke klasickému provozu. Z tohoto hlediska jsou bojová vozidla složitým technickým systémem, který je nasazován a musí fungovat ve zvláštních podmínkách. Aplikace do vozidlových skupin a jejich vliv na jednotlivé vlastnosti jsou podrobněji rozebrány v příspěvku.

4. Provozní stavy vozidla a vozidlové funkce

Pro skutečně kvalitní provedení analýzy musejí být definovány především provozní stavy vozidla. Předpokládáme, že bojové vozidlo jako takové se může během plnění bojového úkolu nacházet ve třech různých navzájem se vylučujících stavech prezentovaných v článku.

Způsob hodnocení je založen na aplikaci teorie fuzzy množin, přičemž je její obecná podstata uvedena v článku. Při sestavování metodologie pro hodnocení jsem vycházel především z vazby mezi jednotlivými důsledky aplikací a funkčními stavy vozidla, které jsou závislé především na možném vzniku poruch. Jedná se tedy o specifikaci a posouzení vlivu poruchy prvku nebo skupiny vozidla (s aplikací prvků vetroniky a bez nich) a zhodnocení její významnosti ve vztahu k vozidlu jako celku. Poruchy se na vozidle mohou vyskytnout z vnitřních příčin (např. funkční selhání), nebo naopak z vnějších příčin (např. vlivem vedení bojové činnosti). V práci jsem se zabýval pouze selháním z vnitřních příčin.

5. Matematický model

Obecně předpokládejme, že kterákoliv vozidlová skupina bojového vozidla se může nacházet v libovolném časovém okamžiku v kterémkoliv funkčním stavu. Přejít mezi těmito stavy je z velké části podřízen stochastickým zákonitostem. Jako vhodný prostředek pro znázornění přechodů mezi jednotlivými funkčními stavy se jeví použití teorie Markovových procesů. Většinu pozornosti soustředíme na matematické modelování důsledků spojených s přechodem mezi jednotlivými stavy. Pro tento účel jsme se rozhodli použít teorii fuzzy množin. Závažnosti důsledků poruch jednotlivých skupin budou touto metodou přiřazeny do fuzzy množin. Zde se omezujeme na to, že jednotlivé fuzzy podmnožiny jsou sestaveny z koeficientů závažnosti důsledků poruchy. Na základě závažnosti těchto důsledků se později určí, do jaké míry jsou dané skupiny významné ve smyslu nepostradatelnosti při plnění bojového úkolu. Veškeré postupy včetně matematických závislostí jsou uvedeny v příspěvku

6. Závěr

Dle sestaveného postupu pro analýzu závažností důsledků poruch na jednotlivých vozidlových skupinách provedeme posouzení těch vozidlových skupin, které mají bezprostřední vazbu na zabezpečení požadavků splnění bojového úkolu ve vztahu ke sledované vlastnosti (např. mobilitě). Při posouzení provedeme následně vyhodnocení a porovnání jednotlivých skupin bez aplikace prvků vetroniky a s aplikací těchto prvků.

Výsledky nám ukáží nejenom závažnosti důsledků poruch daných skupin, ale také úroveň významnosti dané skupiny pro naplnění požadavků vyplývajících ze splnění bojového úkolu. Příklad můžeme demonstrovat na modernizačním provedení tanku T-72/97 M4 CZ, které bohužel nenaplnilo počáteční očekávání. Jiné možné výstupy z navržené metodologie jsou uvedeny v příspěvku.

INFLUENCE OF VELOPHARYNGEAL INSUFFICIENCY ON PHONATION OF CZECH VOWELS

T. Vampola^{*}, J. Horáček^{**}

Summary: *The effects of velopharyngeal insufficiency on acoustic frequency–modal characteristics of human supraglottal spaces are investigated. The finite element model was developed from magnetic resonance images (MRI) of the subject during phonation. The influence of the velopharyngeal insufficiency on phonation of the Czech vowels /A,I,U/ is numerically simulated in time domain. The Liljencrants-Fant's pulse is used for excitation of the acoustic system.*

1. Úvod

Obor biomechaniku hlasu, zabývající se generováním zvuku hlasivkami a šířením zvukových vln vokálním traktem člověka je vědním oborem, který se v současné době velmi dynamicky rozvíjí. Analýza generace zvuku hlasivkami a jeho šíření vokálním traktem, lebečními kostmi, měkkými tkáněmi lidské hlavy až k percepci zvuku příslušnými mozgovými centry představuje velmi složitý komplexní problém. Defekt některého z prvků přenosového systému má za následek poruchu vnímání zvuku člověkem a tím i vlastního hlasového projevu. Proto je nutné věnovat náležitou pozornost analýze reálných cest šíření zvuku a jejich vibroakustických charakteristik. Výpočtové modely a zejména numerické simulace fonace v časové oblasti mohou být využívány při studiu generace hlasu, k modelování vlivu vrozených vad v oblasti vokálního traktu člověka, k simulacím pooperačních stavů osob s nedomykavostí uzávěru měkkého patra, resp. pacientů po odstranění nádorů.

V příspěvku je prezentován způsob sestavení matematických modelů vokálního traktu vhodných pro analyzování vlivu nedomykavosti uzávěru měkkého patra na fonační charakteristiky českých samohlásek.

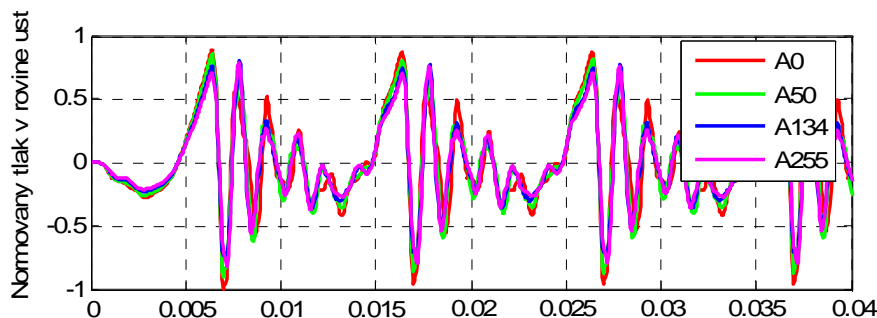
2. Nedomykavost uzávěru měkkého patra

V příspěvku je analyzován vliv nedomykavosti uzávěru měkkého patra na fonaci hlásek postiženého subjektu. Z lékařské literatury je známo (Vohradník, M., 2001), že míra huhňavosti závisí na rezonančních vlastnostech dvou spojených rezonátorů – orálního a nazálního, přičemž je upozorováno, že při tvorbě samohlásek je tzv. otevřenou huhňavostí nejméně ovlivněna samohláska /A/ a nejvíce samohlásky /I/a/U/. Akustická analýza velofaryngeální insuficience je zaměřena především na změnu barvy hlasu, protože se jedná především o změny rezonanční. Pro modelování tohoto defektu řeči byl použit model vokálního traktu pro samohlásky /A/, /I/ a /U/. ke kterým byl dodefinován akustický prostor

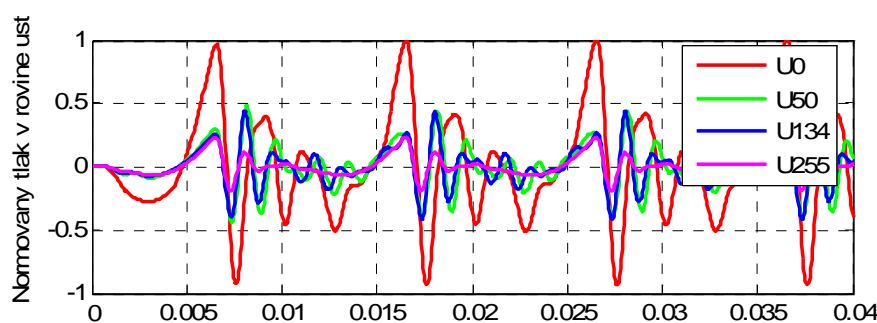
* Dr. Ing. Tomáš Vampola, Ústav mechaniky FS ČVUT v Praze, Karlovo náměstí 13, 121 35 Praha 2,
e-mail: tomas.vampola@fs.cvut.cz

** Ing. Jaromír Horáček, DrSc, Ústav termomechaniky AV ČR, Dolejškova 5, 182 00 Praha 8,
e-mail: jaromirh@it.cas.cz

nazálního traktu. Akustické prostory byly propojeny dodatečným akustickým objemem proměnné velikosti modelující různý stupeň nedomykavosti uzávěru měkkého patra (Vampola, 2005). Na obr.1 a obr.2 jsou prezentovány tlakové charakteristiky v rovině úst.



Obrázek 1 Měrný tlak, hláska /A/



Obrázek 2 Měrný tlak, hláska /U/

Uvedené průběhy jsou v souladu s klinickým ověřením, že huhňavostí je nejméně ovlivněna samohláska /A/ a nejvíce samohlásky /I/a/U/.

3. Závěr

V příspěvku je prezentován způsob sestavení matematických modelů vokálního traktu vhodných pro analýzu vlivu nedomykavosti uzávěru měkkého patra na fonační charakteristiky českých samohlásek. Sestavené modely fokálního traktu člověka modelující nedomykavost uzávěru měkkého patra byly využity k predikci změny hlasové kvality. Pomocí numerických simulací fonací byly získány průběhy tlakových polí v rovině úst a nosu. Na modelech se podařilo prokázat závěry vyplývající z klinické praxe, že nedomykavostí uzávěru měkkého patra jsou narušeny od samohlásky /A/ nejvíce ovlivněny samohlásky /U/a/I/.

4. Poděkování

Tato práce vznikla v rámci podpory GA ČR v grantovém projektu č. 106/04/1025 „Modelování vibroakustických systémů se zaměřením na vokální trakt člověka“.

5. Literatura

Vampola, T.; Horáček, J.; Veselý, J.; Vokřál, J., 2005. Modelling of influence of velopharyngeal insufficiency on phonation of vowel /A/. In: *Proc. MAVEBA*, Okt.29-31, 2005, Firenze, pp. 43-46.

Vohradník, M., 2001. *Communication disorders by velopharyngeal insufficiency*. Prague - Dolní Brezany: Scriptorium, 2001, pp.134-145.

SIMULTANEOUS RADIOGRAPHIC OBSERVATION OF DAMAGING AND OPTICAL MEASUREMENT OF 3D SURFACE DISPLACEMENT EVOLUTION IN LOADED SPECIMEN

**D. Vavřík^{*}, J. Bryscejn^{*}, J. Jakůbek[†], M. Jakůbek[†], T. Holý[†], J. Valach^{*},
Z. Vykydal[†]**

Summary: *This work reports on the results of the experimental observation of generation and evolution of internal material damage during loading process in aluminium alloy flat specimen with stress concentrator. Material damage is investigated by means of the “X-ray Dynamic Defectoscopy” technique. To understand related physical processes, the surface plastic strain field is investigated by the optical Method of Interpolated Ellipses while the out-of plane displacement field is inspected simultaneously by the optical Coded photometric stereo method. Related experiments have been realized using unique experimental setup which consists of microfocus X-ray source, compact loading device, CCD camera, LED red-green-blue lights and single X-ray photon counting device Medipix-2.*

1. Úvod

V práci jsou představeny nové experimentální výsledky radiografického sledování rozvoje procesní zóny před čelem trhliny plochého vzorku, spolu se optickým měřením 3D pole deformací na jeho povrchu. Úroveň vnitřního poškození byla analyzována radiografickou X-ray dynamickou defektoskopií (Vavřík et al., 2005). 3D pole deformací bylo sledováno pomocí dvou nezávislých optických metod (Vavřík et al., 2005 b), kdy jsou rovinné deformace analyzovány metodou interpolovaných elips (Vavřík 2004) a mimorovinná posunutí jsou paralelně vyhodnocována variantou metody fotometrického sterea (Woodham 1980).

X-ray dynamická defektoskopie (XRDD) kvantifikuje vnitřní poškození vzorku měřením kumulativního zeslabení jeho tloušťky objemovým podílem dutin a mikrotrhlin. Optickou metodou interpolovaných elips (MIE) jsou vyhodnocována přetvoření hexagonální mřížky bodů na povrchu zkoumaného tělesa. Metoda fotometrického sterea staví na jednoznačném vztahu mezi sklonem plochy a světlem, které tato plocha nasvícená směrovým světlem odrazí směrem ke kameře. Prostřednictvím tří nezávislých scénérií, které se odlišují směrem nasvícení, lze jednoznačně rekonstruovat změny v rovinnosti vzorku, které vznikly díky mimorovinným deformacím. Vhodnou volbou barev použitých LED osvětlovačů je možné tři nezávislé scénérie zakódovat do jednoho kompozitního obrázku.

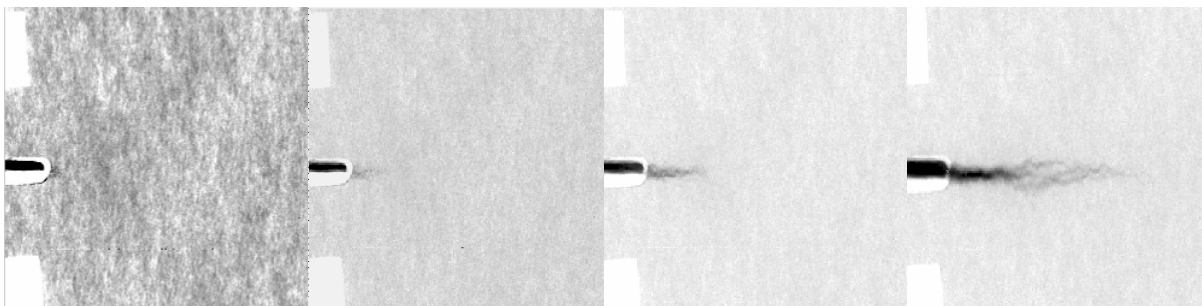
^{*} Ing. Daniel Vavřík, Ph.D., Ing. Jan Bryscejn, Ing. Jaroslav Valach, Ph.D.: Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, Prosecká 76, 190 00 Praha 9; tel.: +420.286 882 121, e-mail: vavrik@itam.cas.cz;

[†] Ing. Tomáš Holý, Ing. Jan Jakůbek, Ph.D., Ing. Martin Jakůbek, Ing. Zdeněk Vykydal: Ústav technické a experimentální fyziky ČVUT, Horská 3a/22, 128 00 Praha 2; tel. +420.224 359 290

Při paralelním užití uvedených optických metod jsou informace o 3D deformacích na dané hladině zatížení obsaženy v jediném barevném snímku (blíže článek 301).

Podrobné sledování chování vysoce houževnatých vzorků je možné pouze při precizním řízení zatěžujícího posuvu. S tímto záměrem byl vyvinut kompaktní zatěžovací stroj pro tahové vzorky, který vyniká mimořádnou tuhostí a nízkou hmotností. Nízká úroveň akumulace elastické energie ve stroji dovoluje pozorovat fyzikální děje i během podkritického růstu trhliny. Celá experimentální sestava (Vavřík et. al., 2005 c) sestává z mikrofokusové rentgenky, zatěžovacího stroje, digitálního fotoaparátu (případně kamery), tří LED osvětlovačů a detektoru RTG záření Medipix-2 (<http://www.cern.ch/MEDIPIX/>).

Během zatěžovacích experimentů byly zjištěny jednoznačné souvislosti mezi závislostí posunutí-zatěžující síla, poškozujícími procesy, přírůstky plastické deformace na povrchu vzorku a změnami mimorovinných posunutí. Na obrázku je zobrazen časový rozvoj procesní zóny, sledovaný XRDD metodou. Skutečný rozměr každého snímku je 5x5 mm. Na prvním snímku je patrná vnitřní struktura materiálu. Trhlina je vždy nalevo uprostřed.



2. Závěr

Představená experimentální sestava umožňuje komplexní sledování dějů, probíhajících během porušování houževnatých vzorků. Měřené veličiny vykazují značné souvztažnosti.

3. Poděkování

Tato práce vznikla za podpory grantového projektu GA ČR 106/04/0567, podpořena byla i výzkumnými záměry AV0Z20710524 a MSM006840770029.

4. Literatura

- Vavřík, D.; Jakůbek, J.; Pospíšil, S.; Visschers, J. (2005) Non-destructive Observation of Damage Processes in Loaded High Ductile Specimens with Different Crack Configuration by X-Ray Dynamic Defectoscopy, *Materials Science Forum*, Vol. 480, pp. 231-236
- Vavrik D., Bryscejn J., Jakubek J., Valach J. (2005 b) Optical measurement of 3D displacement field using one camera, *Computational Methods and Experiments in Material Characterisation II*, Wit Press, Southampton, UK, Vol 51, 2005, pp. 229-237
- Vavřík, D. & Zemánková, J. (2004) Crack Instability in Ductile Materials Analyzed by the Method of Interpolated Ellipses., *Experimental Mechanics*, Vol. 44, pp. 327-335
- Woodham, R. J. (1980), Photometric method for determining surface orientation from multiple images, *Optical Engineering*, Vol. 19, pp. 139-144
- Vavřík D.; Holý T.; Jakůbek, J.; Jakůbek M.; Vykydal Z. (2005 c), Radiographic Observation of Damage Zone Evolution in High Ductile Specimen, In *Proc. Engineering Mechanics 2005*, Svratka, ČR

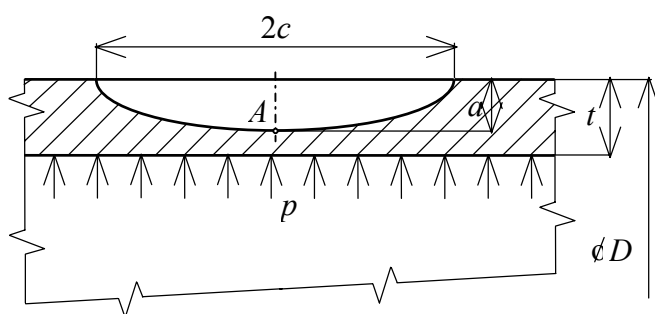
PROBABILISTIC EVALUATION OF UNSTABLE CRACK PROPAGATION IN PIPELINE USING SBRA METHOD

L. Václavek^{*}, P. Marek^{**}, E. Gajdoš^{***}

Summary: *The advances in computer technology and reliability theory allow for introduction of probabilistic reliability assessment methods, such as SBRA (Simulation-Based Reliability Assessment) in designer's work. Using a pilot example, the subject of the paper is a demonstration of the probabilistic safety assessment of a pressure pipeline containing a crack. The assessment procedure is briefly indicated and the results are discussed.*

Předmětem příspěvku je aplikace pravděpodobnostní metody SBRA při posuzování bezpečnosti potrubí oslabeného podélnou povrchovou neprůchozí trhlinou. Deterministický posudek je porovnán s posudkem pravděpodobnostním. Výsledek má naznačit možný přínos pravděpodobnostního přístupu využívajícího simulační techniku oproti dosavadnímu pojetí.

V plynovodním potrubí DN900 z oceli X52, provozovaném při nominální hodnotě tlaku $p = 6.0$ MPa byla zjištěna podélná povrchová neprůchozí trhlina o povrchové délce $2c = 300$ mm a hloubce $a \approx 8.0$ mm. Vnější průměr potrubí $D = 920$ mm a nominální tloušťka



stěny $t = 12.0$ mm. Tolerance tloušťky stěny t je ± 0.2 mm a uvažovaný úbytek tloušťky stěny v důsledku koroze během provozu plynovodu je 0.2 mm. Přesnost určení hloubky trhliny je ± 0.5 mm. Vnitřní tlak plynu může během dne kolísat v mezích $p_{min} = 5.0$ MPa a $p_{max} = 6.0$ MPa. Geometrické parametry trhliny a trubky jsou obecně vyznačeny na obr. 1.

Obr. 1 Trubka s podélnou neprůchozí trhlinou

Jak je podrobně uvedeno v plném znění příspěvku vede deterministické řešení po dosazení vstupních dat k hodnotám J integrálu $J = 216.6$ N/mm pro stav rovinné napjatosti a $J = 197.1$ N/mm pro stav rovinné deformace. V obou případech jsou to hodnoty menší, i když ne o mnoho, než střední hodnota přepočtené naměřené kritické hodnoty integrálu $J_c = 218.3$ N/mm. Provedený výpočet nic neříká o tom,

* Ing. Leo Václavek, CSc.: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra pružnosti a pevnosti; 17.listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba; tel.: +420.597324555; e-mail: leo.vaclavek@vsb.cz

** Prof. Ing. Pavel Marek, DrSc.: Ústav teoretické a aplikované mechaniky, Akademie věd České republiky; Prosecká 76/809, 190 00 Praha 9; tel.: +420.283882462; e-mail: marek@itam.cas.cz

*** Ing. Lubomír Gajdoš, CSc.: Ústav teoretické a aplikované mechaniky, Akademie věd České republiky; Prosecká 76/809, 190 00 Praha 9; tel.: +420.286882121; e-mail: gajdos@itam.cas.cz

jaká je pravděpodobnost překročení kritické hodnoty J_c , tedy jaká je pravděpodobnost poruchy P_f .

K výpočtu pravděpodobnosti poruchy potrubí s trhlinou je použita metoda SBRA (viz Marek et al. 1995, 2001, 2003) charakterizovaná takto: Vstupní veličiny, jako jsou zatížení, materiálové charakteristiky, geometrické charakteristiky průřezů, geometrické odchylky, strukturální nedokonalosti, konstrukční imperfekce, jsou považovány za náhodně proměnné veličiny X_i . Rozdělení vstupních náhodných veličin jsou považována za omezená a jsou aproximována neparametrickými rozděleními, která mají vyjadřovat skutečné vlastnosti používaných veličin. Přímou simulací Monte Carlo jsou opakovaně generovány jednotlivé náhodné realizace vektoru vstupních veličin x_i . Funkce spolehlivosti FS je náhodně proměnná veličina. Program Anthill™ umožňuje odhadnout pravděpodobnost poruchy P_f , tj. pravděpodobnost s jakou je $FS < 0$, z empirické distribuční funkce veličiny FS , nebo jako poměr $P_f = N_f / N$, kde N_f je počet simulací při nichž bylo $FS < 0$ a N je celkový počet simulací. Posudek spolehlivosti spočívá ve srovnání vypočtené pravděpodobnosti poruchy P_f a návrhové pravděpodobnosti poruchy P_d . Ve smyslu výše uvedených zásad metody SBRA je dále pojato zadání úlohy a vypočtena pravděpodobnost P_f poruchy potrubí. Spolehlivost potrubí by bylo možno posoudit po stanovení návrhové pravděpodobnosti poruchy P_d .

Účinek zatížení S ve funkci spolehlivosti je vyjádřen hodnotou J integrálu pro stav rovinné napjatosti a pro stav rovinné deformace. Referenční hodnotou R je kritická hodnota J_c integrálu J . Za krajní hodnoty jsou vzaty nejmenší a největší hodnoty J integrálu J_c přepočtené z hodnot naměřeného kritického otevření trhliny δ_c . Funkce spolehlivosti FS má tedy v tomto případě tvar $FS = J_c - J$. Výsledky výpočtů pravděpodobnosti poruchy jsou shrnuty v tabulce 2 (viz plné znění příspěvku). Pravděpodobnost poruchy potrubí P_f , takto odhadnutá výpočtem popsaným v kapitole 3, je nepřijatelně vysoká.

Dále je odhadnuta také pravděpodobnost poruchy potrubí metodou SBRA vzhledem k překročení $J_c(Q)$. Výpočet pravděpodobnosti poruchy P_f přihlíží ke stísněnosti deformací (constraint) na čele trhliny, vyjádřené bezrozměrným parametrem Q . Podrobnosti jsou v plném textu příspěvku. Funkce spolehlivosti je dána rovnicí $FS = J_c(Q) - J$. Respektování stísněnosti deformací na čele trhliny pomocí parametru Q vede k výrazně vyšší vypočtené lomové houževnatosti $J_c(Q)$, než je hodnota J_c uvažovaná výše.

Porovnání deterministického a pravděpodobnostního posudku obrací pozornost k volbě transformačního modelu, k vlivu náhodně proměnných veličin ovlivňujících výsledek a rovněž k problematice, které by zasloužila pozornost v dalších studiích, včetně změny způsobu myšlení projektantů při přechodu od deterministických metod k pravděpodobnostnímu pojetí posudku.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím

- a) Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je 103/04/1451.
- b) Ministerstva průmyslu a obchodu. Číslo projektu FT-TA/091.

INFLUENCE OF THE INPUT MUSCLE PARAMETERS TO THE RESULTING MUSCLE FORCES

J. Vejpustková*, M. Vilímek*, M. Sochor*

Summary: *Determination of the muscle force that produce particular muscles is extremely difficult, because of the technical problems of defining muscle parameters. However, orthopedists, biomechanical engineers and physical therapists need to take muscle forces into consideration, because joint contact forces, as well as muscle forces, need to be estimated in order to understand the joint and bone loading. The magnitude of the muscle force varies with mechanical and physiological characteristics of relevant muscle and with muscle activity. In terms of these facts was proposed the neural network object to determine the muscle force from particular muscles and evaluate the sensitivity to input muscle parameters.*

1. Introduction

Years, biomechanical engineers have been trying to solve the complexity of the musculoskeletal system. By one of serious and important issues is find simple determination of muscle forces in order to understand joint function, bone loading and pathology. There are number of intrinsic and extrinsic design parameters in the musculoskeletal system, which have a different influence on the relevant muscle force, therefore, the objective of our work was evaluated these muscle parameters.

Our approach is new, because presents an effective, readily method to evaluate the sensitivity of input muscle parameters and it has not been performed by NNs yet. For muscle parameters were taken 14 muscle properties which were the physiological characteristics of the participating muscles of the particular joint mechanism, together with further data about the movement and electric activity of the muscles.

Numerous muscle parameters are difficult to obtain from noninvasive methods, therefore muscle parameters are most often taken from literature, where the data are compiled from both human and animal muscle experiments and have different initial conditions. This may cause the variation in results, therefore the influence of muscle parameters on the musculoskeletal simulations was evaluated.

2. Materials and methods

The neural network (NN) was proposed to evaluate 14 input muscle parameters, which influence the resulting muscle forces. The architecture of BPG was the feed-forward three layer network. The training sets were created for 7 musculotendon actuators in the elbow

* Ing. Jana Vejpustková, Ing. Miloslav Vilímek, Ph.D., Doc. Ing. Miroslav Sochor, CSc.: Department of Mechanics, Faculty of Mechanical Engineering, CTU in Prague; Technická 4; 166 07 Prague 6, Czech Republic; tel.: +420 224 352 654, fax: +420 233 322 482; e-mail: vejpustk@biomed.fsid.cvut.cz

To train the proposed NN object was necessary to know the output parameter (OP). As OP, the muscle force, applying the Virtual Muscle system (Cheng et al., 2000), was used in order to relate this to the real muscle force. The input muscle parameters were: musculotendon length, L_{MT} , velocity of muscle shortening, v , maximum isometric muscle force, F_0 , force-velocity factor, F_v , active force-muscle length factor, Fl_a , passive force-muscle length factor, Fl_p . Some of the muscular parameters were reported in Veger (1997) (the optimal muscle fiber length, l_0 , the optimal pennation angle, α_0). Because PCSA crossing across all fibres of the muscle is estimated the optimal pennation angle, α_0 , which determines organization fibres in a muscle. The tendon slack lengths, L_{ST} , were theoretically calculated by method published in (Garner & Pandy, 2003). The elbow flexion/extension movements were recorded using the 6-camera 60Hz VICON Motion Analysis system and two movement speeds and two loading conditions were studied. The electric activation of the observed muscles was recorded by EMG (De Luca, 1997). The processed EMG signal and the normalized EMG signal were taken as the input of muscle activity and the history of muscle activity.

3. Results

After evaluated sensitivity some of IMPs could be eliminated the tendon slack length, L_{st} , and the passive force-muscle length factor, Fl_p , because without them the error of NN did not increase rapidly. Next IMPs were eliminated with regard to the biomechanical relations – the velocity of muscle shortening, v , the maximal isometric muscle force, F_0 , and the optimal pennation angle, α_0 . The maximal isometric muscle force, F_0 , could be eliminated, because exists the biomechanical relation between the physiological crosssectional area, PCSA, and F_0 .

4. Conclusions

This study presents an method to evaluate the sensitivity of the input muscle parameters (IMPs) to the resulting muscle forces. It is obvious that exact measurement of some IMPs is an invasive or very difficult. Therefore decrease of IMPs, which are difficult to obtain increase accuracy. This analysis points out the importance of careful selection, accurate measurements of the most sensitive muscle parameters.

5. Acknowledgements

The research has been supported by the Ministry of Education project: Transdisciplinary research in Biomedical Engineering II. No. MSM 6840770012.

6. References

- De Luca, C.L. (1997) The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*, 13, pp. 135–163.
- Garner, B.A. & Pandy, M.G. (2003) Estimation of musculotendon properties in the human upper limb. *Annals of Biomedical Engineering*, 31, pp. 207–220.
- Cheng, E.J., Brown, I.E. & Loeb, G.E. (2000) Virtual muscle: a computational approach to understanding the effects of muscle properties on motor control, *Journal of Neuroscience Methods*, 101, pp.117–130.
- Veger, H.E.J., Yu, B., An, K.N. & Rozendal, R.H. (1997) Parameters for modeling the arm. *Journal of Biomechanics*, 30, pp.647–652.

SOLUTION OF TEMPERATURE AND STRESS FIELDS FOR COMBUSTOR FLAME TUBE

S.Veselý*

Summary: *The flame tube separating the air stream area from the area, in which the combustion takes place, is a very important part of the combustor design. The flame tube separates the air along the combustion space while on its border an air loss Δp_L develops, which corresponds to the velocity of air streams from the flame tube edge to the combustion and mixing space. The flame tube is exposed to radiating heat flow from the flame to the flame tube wall and this flow can achieve the values $E = 300 - 500 \text{ kWm}^{-2}$. The paper analyses one design variant of film cooling of the flame tube wall and its impact on the formation of temperature stresses.*

1. Axiální nerovnoměrnost teplot v plamenci

Při chlazení stěn plamence závojem chladicího vzduchu vzniká na každém chlazeném kroužku axiální nerovnoměrnost teploty vnitřního i vnějšího povrchu plamence. Přitom rozdíl teplot na počátku a konci kroužku může činit až 400°C . Tato axiální nerovnoměrnost může způsobit takové teplotní napětí, která mohou být pro danou konstrukci nebezpečná z hlediska nízkocyklové únavy nebo mohou způsobit tvarovou nestabilitu.

2. Konvektivní přestup tepla na vnitřní straně plamence

Vnitřní strana plamence je chlazena závojem chladicího vzduchu, který se přivádí do každého segmentu soustavou otvorů.

Pro geometrické, termodynamické a aerodynamické parametry můžeme vypočítat zvláštním programem součinitel přestupu tepla konvekcí na vnitřní straně plamence α_{1K} podél chlazeného povrchu a rovněž teplotu na hranici mezní vrstvy mezi chladicím závojem a přechodovou mezní vrstvou T_m podél chlazeného povrchu. Program dále počítá účinnost chlazení a teploty stěny podél kroužku. Výsledky jsou uvedeny v grafické formě. Je zřejmé, že součinitel přestupu tepla na vnitřní straně plamence rychle klesá a zároveň roste teplota stěny. Příčiny jsou v narůstání mezní vrstvy u stěny.

3. Výpočet teplotního a napět'ového pole segmentu č.5 pro závoje chlazení. Výpočet teplotních deformací.

Úloha je řešena jako rotačně symetrické stacionární teplotní pole, na které navazuje z tohoto teplotního pole odvozený výpočet teplotních napětí a teplotních deformací.

Materiál plamence je ČSN 17 246.4, ekvivalentní materiál je Ch 18 N 12 T. Výpočet byl proveden programem RELAX 2002. Programem RELAX 2002 je možné řešit rovinné a rotačně-symetrické teplotní pole stacionární a nestacionární při okrajových podmínkách 1., 2. a 3. druhu a při okrajové podmínce sálání.

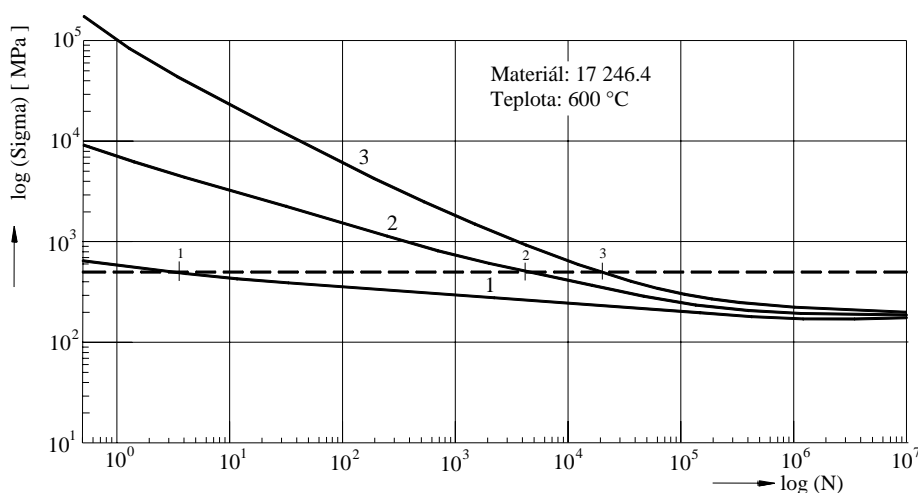
* Doc.Ing.Stanislav Veselý,CSc., EKOL spol. s r.o., Křenová 65, 60200 Brno, tel.:+420 543531702,
fax.: +420 543242912, e-mail:ekolsro@ekolbrno.cz

Jsou vypočtena teplotní pole segmentu, která vlastně kopírují zadané teploty na povrchu, poněvadž tloušťka stěn je malá. Teplotní pole je výrazně ovlivněno chlazeným vzduchem, přičemž minimální teploty jsou v místě přívodu chladicího vzduchu do chladicí závojevné mezní vrstvy.

V navazujícím výpočtu teplotní napjatosti je v místě minimální teploty dosaženo nejvyššího napětí, a to tahového, které je nepříznivé z hlediska nízkocyklové únavy. Naopak v tenkých částech plamence vznikají tlaková napětí, která mohou způsobit tvarovou nestabilitu. Z hlediska dlouhodobého provozu plamence spalovací komory nepředstavují vypočtená napětí nebezpečí a to jak z hlediska statických napětí, tak z hlediska nízkocyklové únavy. Analýza napětí však může vést k úpravě tvaru kovaného kroužku tak, aby přechody mezi tenkým válcovým kroužkem a silnějším nakovaným výstupkem pro přívod chladicího vzduchu do závojevné vrstvy byly pozvolné. Tím se odstraní koncentrace napětí v přechodech, které mohou být zdrojem trhlin.

4. Hodnocení teplotních napětí. Napětí silového a deformačního původu

Teplotní napětí jsou zvláštním případem napětí deformačního původu. Při jednorázovém působení teplotních napětí v tažném materiálu k destrukci nemůže dojít. Při opakovaném působení teplotních napětí však dochází k tzv. nízkocyklové (tepelné) únavě materiálu. Pro představu o působení nízkocyklové únavy jsou na obrázku 1 zobrazeny únavové křivky materiálu 17 246 při teplotě 600°C. Na vodorovné ose je vyneseno počet cyklů do porušení N , na svislé ose je vynášeno lineárně (podle Hookeova zákona) vypočtené napětí. Obě osy jsou znázorněny v logaritmických souřadnicích. Vodorovná přímka, označující amplitudu napětí 500 [MPa] protíná tři únavové křivky v bodech 1, 2 a 3. Křivka 1, procházející bodem 1 platí pro nízkocyklovou únavu silově namáhané součásti. V našem případě by k porušení došlo asi po 4 cyklech zatížení. Bodem 2 prochází tzv. Neuberova čára, která platí pro zatěžování ve vrubech. Součást, která by ve vrubu dosahovala napětí 500 [MPa] by dosáhla životnost asi 4000 cyklů. Bodem 3 prochází křivka celkové deformace, která platí pro čistě teplotní napětí (teplotní napětí mimo vruby). V tomto případě by životnost při téže amplitudě napětí dosáhla asi 25000 cyklů.



Obr. 1: Křivky nízkocyklové únavy materiálu 17246.4 při teplotě materiálu 600 ° C

Křivka 1 : Silové namáhání

Křivka 2 : Neuberova křivka pro teplotní zatěžování ve vrubech

Křivka 3 : Čistě teplotní namáhání součásti bez vrubů

INFLUENCE OF CONSTRAINT ON DETERMINATION OF CONCRETE FRACTURE ENERGY

V. Veselý, Z. Keršner, L. Řoutil ¹

Summary: *The knowledge of fracture-mechanical parameters is fundamental for failure modelling of concrete structures. Problems of the true fracture energy of this quasi-brittle material are analysed. The fracture energy of concrete, which is necessary for the true fracture energy determining, could be obtained by testing of notched-beam specimen subjected to three-point bending. The FEM model of this test is used in this paper. The influence of constraint on determination of the fracture energy of concrete is studied in this paper.*

1. Úvodem k lomové energii betonu

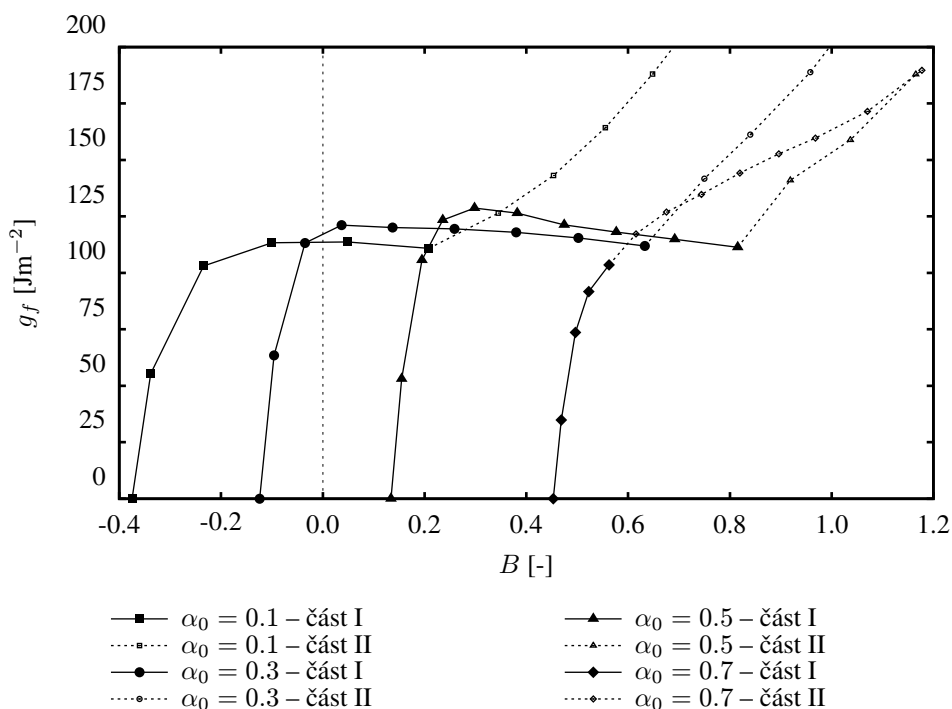
Lomová energie patří k nejzákladnějším charakteristikám chování v teoriích porušování kvazikřehkých materiálů. Neodpovídá pouze povrchové energii nově vytvořených líců trhliny, nýbrž zahrnuje i energii disipovanou při procesech probíhajících v tzv. lomové procesní zóně (LPZ). Pro určování hodnoty lomové energie, jako parametru potřebného ke konstrukční analýze pomocí kohezivních modelů, se používá metoda doporučená organizací RILEM, podle které se lomová energie stanoví z podílu lomové práce, určené jako plocha pod křivkou závislosti mezi zatížením a průhybem uprostřed rozpětí zaznamenané při zkoušce tříbodově ohýbaného trámce se zářezem, a plochy ligamentu zkoušeného trámce. Výsledná hodnota představuje průměrnou energii disipovanou v LPZ při šíření trhliny přes celý ligament zkoušeného tělesa.

Autoři se dlouhodobě zabývají vlivy geometrie a velikosti vzorků na hodnoty experimentálně určovaných lomových parametrů kvazikřehkých materiálů. V předkládaném příspěvku vyšetřují závislost hodnoty lomové energie disipované v LPZ v jednotlivých stádiích růstu kohezivní trhliny na geometrii, resp. délce ligamentu zatěžované konstrukce. Vztažení lomového chování konstrukce k její geometrii bylo v této studii provedeno prostřednictvím parametru constraintu napětí u čela trhliny.

Pro analýzu jsou použity simulované zkoušky tříbodově ohýbaného trámce se zářezem pro několik počátečních relativních délek zářezů. Lomová energie disipovaná v jednotlivých stádiích šíření trhliny je určována metodou „work-of-fracture“ z části zatěžovacího diagramu odpovídající danému stádiu, přičemž korespondující přírůstek plochy trhliny je určen na základě změny

¹ Ing. Václav Veselý, Ph.D., doc. Ing. Zbyněk Keršner, CSc., Ing. Ladislav Řoutil, Institute of Structural Mechanics, Faculty of Civil Engineering, Brno University of Technology, Veveří 331/95, 602 00 Brno, tel. +420 541 14 73 62, e-mail vesely.v1@fce.vutbr.cz

poddajnosti tělesa aplikací modelu ekvivalentní elastické trhliny. Numerické simulace zkoušek byly provedeny v programu ATENA 2D.



Obrázek 1: Závislost lokální lomové energie g_f na faktoru biaxiality B

Obr. 1 znázorňuje průběhy lokální lomové energie na relativní délce trhliny α_0 a jí odpovídající hodnotě faktoru biaxiality. Z uvedených výsledků není jednoznačně zřejmá závislost lokální lomové energie na relativní délce trhliny, její mírný pokles s přibližováním čela trhliny k volnému okraji trámce je však pro jednotlivé simulované zkoušky patrný. Obdobně lze zhodnotit závislost lokální lomové energie na constraintu napětí reprezentovaného faktorem biaxiality B . Jednoznačný závěr nelze stanovit, dá se však očekávat snižování g_f s rostoucím constraintem.

2. Závěry

V plném textu příspěvku byly prezentovány hodnoty lomových parametrů stanovených na základě vyhodnocení zatěžovacích diagramů simulovaných lomových zkoušek. Virtuální experimenty zahrnovaly tříbodový ohyb trámce se zářezem pro čtyři různé délky zářezů. Z částí zatěžovacích křivek se stanovovala lomová energie disipována v jednotlivých stádiích lomového procesu. Tato lokální lomová energie byla vztahena ke geometrii konstrukce prostřednictvím parametru biaxiality. Jednoznačná závislost mezi geometrií konstrukce a hodnotou lokální lomové energie nebyla pozorována. Předpokládá se, že konkrétnější závěry bude dosaženo při vyhodnocení výsledků skutečných lomových experimentů, přičemž zaznamenání odtěžovací poddajnosti by mělo být provedeno v dostatečném počtu bodů zatěžovacího diagramu.

3. Poděkování

Tento výsledek byl získán za finančního příspěví MŠMT, projekt 1M6840770001, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS.

FAST SOLUTION OF THE MOBILE ROBOT LOCALIZATION PROBLEM

S. Věchet¹, J. Krejsa²

Summary: *The localization and path planning problem belong to basic tasks in navigation of mobile robots. Markov localization seems to be a good way to successful localization. However it is difficult to use this method for real-time applications. To avoid this limitation we developed, implemented and tested a new algorithm of robot localization in real-time. In this paper we describe theoretical principles and practical results for the new localization algorithm.*

1. Introduction

Mobile robot localization is the problem of estimating a robot's pose (location, orientation) relative to its environment. The localization problem is a key problem in mobile robotics, it plays a main role in various mobile robot systems.

As the Markov localization seems to be a good way to robot localization, in our initial experiments we discovered that this method is problematic in real-time application due to its computational requirements. Standard estimating time for complex environment can extend to the magnitude of minutes.

2. Localization method

To meet the localization method requirements, new algorithm based on pre-computed world scan and comparison with actual neighborhood scan was developed, implemented and tested. The key idea is to estimate a probability density over the state space conditioned on the data. This is typically called the "belief" and is denoted as

$$Bel(x) = r(x, a, S) \quad (1)$$

where x is the state (robot pose), a denotes the actual perceptual data reading by robot in given state (such as infrared sensor measurements), S represents a set of m samples distributed uniformly in state space, r is a reward function which return the „belief“ for given inputs x, a, S .

3. Simulation experiments

For tests in real world and verification of theoretical and simulation results we built simple mobile test robot MLOK I, controlled from PC and equipped with proximity sensors (pair of GP2D12 infrared sensors with 100-800 mm range in full 360° scan range) and step motors

1 Ing. Stanislav Věchet, PhD. Institute of Automation and Computer Science, Brno University of Technology, Technická 2, 616 69, Brno, Czech Republic, tel: +420 541 143 356, email: vechet.s@fme.vutbr.cz

2 Ing. Jiří Krejsa, PhD. Institute of Thermomechanics – Brno branch, Czech Academy of Sciences, Technická 2, 616 69, Brno, Czech Republic, tel: +420 541142885, email: jkrejsa@umt.fme.vutbr.cz

giving the robot maximum speed of 100mm/sec. The minimal resolution of the step move in straight direction is limited to 1 cm and to 5° for the rotation.

The robot's task was to localize itself in the room. The influence of number of localization parameters (e.g. the number of sensor beams used for robot's neighborhood scan, sensor reading error, number of samples, ...) to localization time and position estimate error was tested.



Fig. 1: Localization in simulation experiments. Room dimensions: 6x8m, 1600 samples, 72 beams, localization time 120ms, noise 20%

Typical results of localization task are shown on the figure 1. The gray scale rectangles represent the belief that the robot is on given pose. Based on these results the experiments in real world were prepared. Localization method was successful, but the limitations of small sensor range little distorted the results in comparison with simulation.

4. Conclusions

In present time a final localization experiments on simple mobile robot MLOK II are performed. This robot is equipped with infrared sensors of higher measurement range compared to MLOK I (about 1.5m). These experiments form a basement for more sophisticated navigation method which belongs to the SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) problems, capable of localization with initially unknown map, when robot's goal is to create consistent map and find itself on the real position.

5. Acknowledgement

This work was supported by Czech Ministry of Education under project MSM 0021630518 "Simulation modelling of mechatronic systems".

6. References

- [1] Krejsa Jiří, Věchet Stanislav: Markov Localization for Mobile Robots: Simulation and Experiments, *Engineering Mechanics 2005*, 2005
- [2] Věchet Stanislav, Krejsa Jiří: Real Time Localization for Mobile Robot, *Engineering Mechanics journal*, Volume 12, Number A1, pp. 3-10, 2005

STRAIN MEASUREMENT ON THE MAIN CIRCULATING PUMP PIPELINE SYSTEM TF41 DURING RUNNING UP OF THE NUCLEAR POWER PLANT DUKOVANY, UNIT IV.

D. Vincour*, L. Charvát**

***Summary:** The strain gauges instrumentation in chosen cross-sections on the pipeline of TF10 system is presented. The way of data saving and processing it as time dependent, internal forces and moments calculation during running up of unit are shown too.*

1. Úvod

Podle informací ze Správy primární části Jaderné elektrárny Dukovany dochází během nahřívání bloku k mírnému zvýšení vibrací některých hlavních cirkulačních čerpadel (HCC). Jako jedna z možných příčin je uvažována změna silových účinků od potrubního systému TF, působících na příruby chladičů autonomního okruhu a ucpávkové vody během nahřívání bloku, který je umístěn na konzolách připojených k lucerně čerpadla, uvnitř které prochází hřídel rotoru HCC. Předpokládá se, že silové účinky mohou způsobit vychýlení osy celé konstrukce od svislice, které by mohlo vést ke zvýšeným vibracím tělesa HCC během provozu. Na tomto místě je třeba zdůraznit, že HCC nemá klasický pevný základ, ale je instalováno na kulových oporách, které umožňují jeho posun při náhřevu primárního okruhu.

Cílem tohoto úkolu je zjištění vnitřních sil na potrubí TF pomocí tenzometrického měření lokálních deformací v jednotlivých potrubních řezech podle metodiky uvedené v práci Vejvoda, S. (2000)

Byly použity dvě měřicí ústředny EMS, které pracovaly během měření nezávisle na obsluze. Data byla automaticky zapisována do vnitřní paměti typu FLASH s pevnou periodou záznamu 1s. Současně bylo nastaveno dynamické vzorkování frekvencí 1kHz, které se automaticky spouští pro každý měřicí kanál zvlášť v případě rychlých změn signálu. Ústředny jsou vybaveny procesorem a speciálním algoritmem, který průběžně kontroluje stav signálů a případně spouští automatické vzorkování.

Potrubí TF není během provozu zaizolováno, proto termočlánky měří střední integrální teplotu povrchu potrubí a okolí. Pro případnou teplotní korekci a jako orientační hodnota je měřená teplota považována za dostačující.

Během instalace byla také provedena měření tloušťek stěn potrubních úseků s měřicími řezy ultrazvukovým tloušťkoměrem. Průměrné naměřené hodnoty byly zohledněny ve výpočtu vnitřních sil.

* Ing. Dušan Vincour, Ph.D: Ústav aplikované mechaniky Brno, s.r.o., Veverí 95, 611 00 Brno; tel.: +420 541 321 291
fax: +420 541 211 189; e-mail: vincourd@uam.cz

** Ing. Lubomír Charvát: ČEZ,a.s. JE Dukovany, 675 50 Dukovany 269; e-mail: charv1.edu@mail.cez.cz

2. Měřená data a vypočtené průběhy sil a momentů.

Sběr naměřených hodnot byl prováděn pracovníky Ústavu aplikované mechaniky Brno, s.r.o. v nepravidelných intervalech v průběhu listopadu a prosince 2005. Vzhledem k velkému objemu dat se odebírala data v kratších obdobích a to samostatně z jednotlivých ústředí. Ústředny byly umístěny v hermetické zóně, kde je velmi omezen vstup, a proto bylo využito každé příležitosti ke kontrole měřícího řetězce, kopii měřených záznamů a vyčištění paměti. Obavy z rychlého zaplnění paměti automatickým ukládáním dat zvýšenou vzorkovací frekvencí z důvodu vibrace potrubí se nakonec nepotvrdily.

Likvidace měřeného řetězce byla provedena dne 13.12.2005 v dopoledních hodinách.

3. Závěr

Bylo realizováno krátkodobé tenzometrické měření na vstupní i výstupní větvi systému TF na HCČ41 během najíždění IV.bloku Jaderné elektrárny Dukovany v období od 23.11.2005 do 13.12.2005. Každá větev byla osazena dvěma měřícími řezy, každý o 12 tenzometrech. Současně byla také měřena povrchová teplota pomocí termočlánků.

Maximální přírůstky osových sil v potrubních úsecích v řezech IN1 a IN2 dosahují hodnot až 60kN, v řezech OUT1 a OUT2 je osová síla zhruba poloviční. Posouvající síly dosahují maximálních hodnot v řezech IN1 a IN2 a pohybují se kolem 5kN a v řezech OUT1 a OUT2 kolem 18kN. Průměrné osově napětí dosahuje maximálních hodnot v řezu IN1 -34MPa a v řezu IN2 -36MPa . V řezech OUT1 je to -10MPa a v řezu OUT2 -6MPa . Celkové ohybové napětí dosahuje maximálních hodnot v řezu IN1 $+8\text{MPa}$ a v řezu IN2 $+13\text{MPa}$. V řezech OUT1 je to $+24\text{MPa}$ a v řezu OUT2 $+23\text{MPa}$.

Dominantní zatížení vstupní potrubní větve v úsecích s měřícími řezy IN1 a IN2 je osový tlak, v měřících řezech OUT1 a OUT2 je to kroucení, ohyb a posouvající síla. Odhadnutý maximální přírůstek celkové síly působící na HCČ v místě TF filtru může vychýlit svislou osu HCČ až o 1mm v místě horní části motoru. Vzhledem k mohutnosti konstrukce a vůlích v uložení rotačních částí není na první pohled zjištěné zatížení příliš významné. Přesto se provozovatel pravděpodobně rozhodne umístit do potrubních tras systému TF kompenzátory. Předpokládá se využití současné instrumentace k dalšímu měření po umístění kompenzátorů.

4. Literatura

Vejvoda, S. (2000) *Background for TEPO software*. Internal report N° 2969/00. Institute of Applied Mechanics Brno, Ltd.

Vincour, D. (2002) *Residual life assessment of chosen main components parts on the nuclear power plant unit VVER 440 MW. Measuring on the hot primary connection bolts N° 10 and 20 evaluations*. Internal report N°. 3346/02. Institute of Applied Mechanics Brno, Ltd.

NEW APPROACH OF ELECTRIC MACHINE WINDING WATER COOLING

R. Vlach, P. Krejčí, R. Grepl*

Summary: *The paper is concerned with new conception of direct winding slot water cooling. The heat flow from winding slot to frame is very complicated. The new approach solves transfer heat losses direct from winding slots. The special structure of brass tubes will be placed in the winding slot. Computational simulation of new cooling system concept is realized by using CFD analyze. Software FLUENT was used for computational simulation of water cooling drive.*

1. Úvod

Příspěvek se zabývá novou koncepcí vodního chlazení vinutí synchronního motoru s permanentními magnety. Na vysoko momentové motory jsou kladeny požadavky velkého poměru hmotnost-výkon. Ve většině případů jsou tyto motory umístěny tak, že není možné efektivně odvádět tepelné ztráty. Proto se používá vodní chlazení na plášti motoru. Cesty tepelného toku s vinutí do pláště jsou však značně komplikované. Projekt se zabývá odvodem tepelných ztrát přímo z drážky vinutí.

První koncepce [1] přímého chlazení vinutí v drážce uvažuje mosaznou trubičku ve středu drážky, kterou proudí chladicí voda. Nevýhodou je, že voda na jednom konci vstupuje a na druhém vystupuje, což vede na komplikované vodní hospodářství, zajišťující chlazení. Výše zmíněné motory jsou navíc zabudovány do konstrukce která umožňuje připojení vodního systému na jedné straně stroje. Tyto skutečnosti vedly k vývoji nové koncepce vodního chlazení přímo v drážce vinutí, která nevyžaduje odvod chladicí vody z druhého konce stroje.

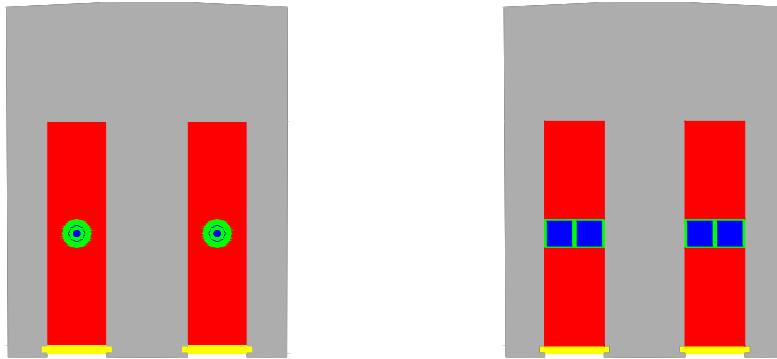
2. Systém vodního chlazení

Nová koncepce vodního chlazení přímo v drážce vinutí má tu výhodu, že voda vstupuje a vystupuje na jedné straně stroje. Tím se podstatně zjednoduší vodní hospodářství. Jsou uvažovány dvě konstrukční uspořádání (obr.1), jelikož vodiče v drážce mají buď kruhový nebo obdélníkový průřez. V případě kruhového uspořádání voda vstupuje vnitřní trubičkou a na konci dochází k ohybu do mezidruhového kanálu tvořeného vnitřní a vnější trubičkou. Pro obdélníkové vodiče jsou použity dva čtvercové jekly uložené v drážce vedle sebe, kde jedním voda vstupuje a druhým vystupuje. Na druhé straně je ohyb toku z jednoho jeklu do druhého.

* Ing. Radek Vlach, Ph.D., Ing. Robert Grepl, Ph.D., Ing. Petr Krejčí, Ph.D. : Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky FSI VUT Brno a Ústav termomechaniky AV ČR; Technická 2896/2, 619 69 Brno; tel. +420.5.41142888; E-mail: vlach.r@fme.vutbr.cz; www.sweb.cz/vlach.r/www_cz.

3. Výpočtový model

Pro dosažení požadovaného průtoku je nutné zajistit vhodný tlakový zdroj (čerpadlo). Závislost mezi tlakem a průtočným množstvím není lineární, ale závisí na charakteru proudění (laminární, turbulentní). Závislost mezi tlakem a průtokem byla stanovena na základě CFD analýzy parametrického modelu vytvořeného v programu FLUENT. Parametry je možné měnit rozměry mosazných trubiček nebo jeklů, ale také velikost tepelného zatížení. Na základě celé řady výpočtů byla stanovena závislost mezi tlakem a průtokem pro jednotlivá uspořádání, zejména vliv rozměrů. Rovněž bylo stanoveno množství tepla, které lze tímto systémem odvést z drážky vinutí.



Obr. 1 Tepelná síť a blokové schéma řízení chlazení synchronního motoru

4. Závěr

Výsledky ukazují na značný vliv tohoto systému chlazení na teplotu vinutí a zejména rychlost odezvy je podstatně vyšší než u běžného chlazení vodou. V dalších krocích je nezbytné provést experimentální ověření výpočtových simulací a provést realizaci na konkrétní elektrickém stroji.

5. Poděkování

Příspěvek byl vypracován za podpory pilotního projektu č.92033 „Nová koncepce řízení vodního chlazení vinutí vysoko momentových elektrických strojů“ v rámci výzkumného záměru AV0Z20760514.

6. Literatura

[1] Vlach, R. : “Computational and Experimental Modelling of Non-convective Winding Slot Cooling”, International conference Mechatronics, Robotics and Biomechanics 2005, Třešť, 26.-29. 9. 2005, Czech Republic

DRIVE OF NONCONVECTIONAL STATOR WINDING SLOT COOLING BY WATER

R. Vlach , R. Grepl , P. Krejčí*

Summary: *The paper is concerned with computational simulations of stator winding heating of synchronous machine. The aim was to find algorithm for drive pump, so that the temperature of stator winding was below safe limit. Computational simulations describe direct stator winding cooling by water. Software MATLAB/SIMULINK was used for computational simulation of water cooling drive.*

1. Úvod

Příspěvek se zabývá problematikou chlazení statorového vinutí. Cílem je nalézt co nejefektivnější cestu odvodu tepla z drážky vinutí, zvláště pak ze středu svazku plechů. Jednou možností je umístění mosazné trubičky do středu drážky, ve které bude proudit chladící kapalina.

Tento způsob chlazení je aplikován na vysoko-momentový synchronní motoru, který pracuje v proměnném zatěžovacím režimu. Oteplení stroje je nejvíce závislé na velikosti zátěžného momentu. V okamžiku zatížení motoru dochází k nárůstu teploty a proto je nutné stroj chladit.

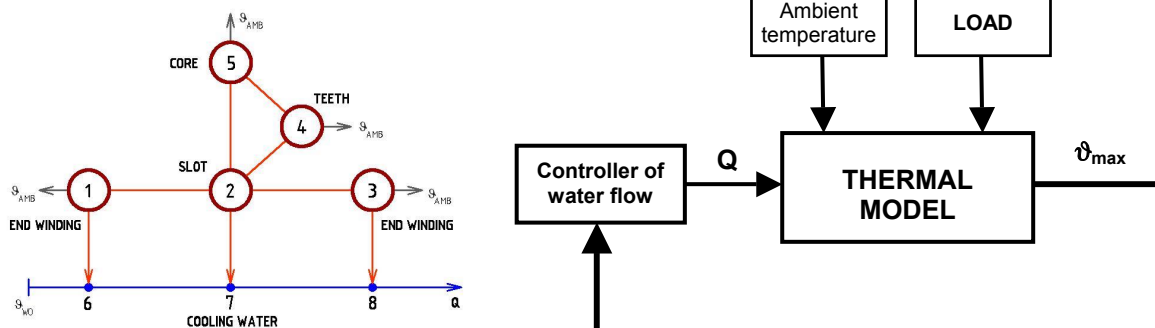
Vzhledem k proměnnosti režimu zatěžování se přímo nabízí možnost řízení chlazení stroje v závislosti na zatížení. Obvyklý způsob vodního chlazení je realizován pomocí labyrintu kanálů v plášti motoru, ve kterém proudí chladící voda o konstantním množství. Jelikož veškeré tepelné ztráty jsou ve vinutí statoru bylo by podstatně efektivnější ztráty odvádět přímo ze zdroje, čímž by reakce na zvýšení chladícího účinku byl podstatně rychlejší. Navíc intenzita chlazení by byla závislá na zatížení stroje.

2. Výpočtový model

Geometrie výpočtového modelu odpovídá reálnému synchronnímu motoru. Vzhledem k symetrii stroje je uvažována pouze výseč zahrnující dvě drážky statorového vinutí. Model navíc odpovídá experimentálnímu přípravku, na kterém budou provedeny ověřovací měření. Výpočtový model je navrhnout jako parametrický a je možné měnit jak geometrii, tak okrajové podmínky.

* Ing. Radek Vlach, Ph.D., Ing. Robert Grepl, Ph.D., Ing. Petr Krejčí, Ph.D. : Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky FSI VUT Brno a Ústav termomechaniky AV ČR; Technická 2896/2, 619 69 Brno; tel. +420.5.41142888; E-mail: vlach.r@fme.vutbr.cz; www.sweb.cz/vlach.r/www_cz.

Pro popis oteplení synchronního modelu byla využita metoda tepelných sítí. Tepelná síť je tvořena pěti uzly. Další tři uzly popisují oteplení chladicí vody při průchodu drážkou vinutí. Tepelný model popisuje transienční stav, čímž je možné vystihnout vliv proměnnosti zatížení na oteplení stroje. Parametry modelu byly sladěny na základě tepelného modelu vytvořeného pomocí MKP [4].



Obr. 1 Tepelná síť a blokové schéma řízení chlazení synchronního motoru

3. Závěr

Výsledky simulací ukazují podstatně lepší chladicí účinek na oteplení stroje než obvykle používané systémy chlazení. Výsledky výpočtových simulací je nutné potvrdit měřením na skutečném stroji. Experimentální přípravek je již vyroben a připraven pro ověření řízení chlazení vinutí přímo v drážce.

4. Poděkování

Příspěvek byl vypracován za podpory GAČR v rámci projektu č. 101/05/P081 „Výzkum netradičních metod chlazení elektrických strojů“ a projektu MSM 0021630518 „Simulační modelování mechatronických systémů“.

5. Literatura

- [1] Hak, J. , Ošlejšek, O. : Výpočet chlazení elektrických strojů , 1.díl. VUES Brno 1973
- [2] Ondruška, E. , Maloušek, A. : Ventilace a chlazení elektrických strojů točivých. SNTL Praha 1985
- [3] Thayer, J. : Analysis of a Heat Pipe Assisted Heat Sink. Thermacore International, www.thermacore.com
- [4] Vlach, R. : “Computational and Experimental Modelling of Non-convictional Winding Slot Cooling”, International conference Mechatronics, Robotics and Biomechanics 2005, Třešť, 26.-29. 9. 2005, Czech Republic

EFFECT OF SHEARING, COARSE PARTICLE AND DRAG REDUCING ADDITIVES CONTENTS ON FLOW BEHAVIOUR OF DENSE FLY ASH-WATER MIXTURES

P. Vlasák^{*}, Z. Chára^{*}, J. Konfršt^{*}

Summary: *Presence of bottom ash or chemical agent affects favourably the flow behaviour of dense fluidic ash-water mixtures. The paper is focussed on the experimental study of the effect of concentration, time and intensity of shearing and particle size distribution on the pressure drop vs. the average flow velocity relationship in the laminar, transitional and turbulent regimes.*

The flow behaviour of highly concentrated slurries with colloidal particles is strongly affected by the mutual particle-particle and particle-liquid interactions, by the effect of the attractive and repulsive forces between the solid particles. When solid particles are mixed with water, attractive and repulsive forces between colloidal particles initiate the process of coagulation. In the voluminous particle aggregates a great deal of water is fixed what contributes to the increasing of yield stress and apparent viscosity of the slurry. During the slurry flow a great deal of energy is consumed on aggregates deformation. To break the aggregates, it is necessary to modify the physical-chemical environment or to introduce high level of turbulence to produce adequate repulsive forces. Water originally fixed in aggregates is liberated and the slurry is liquefied.

The effects of intensity and time of shearing and effect of change of chemical environment for fluidic ash-water mixtures were studied. To prove the flow behaviour of ash-water mixtures two fly ashes from Trinec and from Porici and their mixtures with bottom ashes were used. The mean diameter of fly ash Porici (8 μ) is only half of that of Trinec (14 μ), the bottom ash Porici (450 μ) is significantly coarser compared with the Trinec (300 μ) bottom ash. Significant difference was also found in the contents of colloidal particles and particles less than 10 μ m.

On the contrary to kaolin slurry the fluidic ash-water mixtures are time dependent, yield pseudo-plastic slurries, Vlasak et al. (2004). The effect of concentration, average slurry velocity and different course of shearing on hydraulic gradient showed several intervals of hydraulic gradient vs. slurry velocity relationship due to the different effect of time and intensity of shearing. Shearing effect is more evident for more concentrated slurries ($c_v > 20\%$) where even “plateau” on pressure drop vs. flow velocity relationship can be observed. The hydraulic gradient remains constant or even slightly decreases with the growing slurry velocity.

^{*}Ing. Pavel Vlasák, DrSc., Ing. Zdeněk Chára, CSc., Ing. Jiří Konfršt, Ph.D.: Institute of Hydrodynamics AS CR; Pod Patankou 30/5, 166 12 Praha 6; tel.: + 420 233323748, fax: + 420 233324361; e-mail : vlasak@ih.cas.cz

The turbulent shearing has significant and permanent effect on decreasing of the slurry hydraulic gradient. The effect of shearing on the hydraulic gradient in the laminar region and also on the laminar vs. turbulent transition point position is evident from considerably different course of pressure drop/flow velocity relationship for stabilised and “fresh” slurry. Laminar flow of concentrated fly ash slurry can be well described by Bulkley-Herschel model in the turbulent region the models of Wilson-Thomas or Slatter could be used.

The flow behaviour of the ash-water mixture could be controlled by a physical-chemical environment change, which affects the attractive and repulsive forces between the solid particles and between particles and carrier liquid Vlasak et al. (1999, 2004). Effects of two different kinds of chemical additives were studied; the both affect significantly flow behaviour of fly ash slurry and help to reach lower pressure drops during the slurry flow in a pipe.

The study revealed the possibility of substantial reduction of the flow resistance by mechanical treatment and by arrangement of particle size distribution or by addition of chemical agents.

The water mixtures containing fluidic fly and fly/bottom ashes are time-dependent yield pseudo-plastic slurries, whose flow behaviour can be approximated by Bulkley-Herschel model in the laminar region and by Wilson or Slatter models in the turbulent region. The rheological parameters are dependent also on history of. A remarkable hysteresis was observed as a result of shearing for the fluidic ash slurries in the laminar region.

An intensive turbulent and even long time laminar shearing or addition of the bottom ash results in the marked change of the flow behaviour what results in the significant decreasing of the flow resistance in the laminar region and the velocity of the laminar/turbulent transition. The effect of shearing is more significant for the higher slurry concentrations and for the fly ash slurry than for the fly/bottom ash slurry. The addition of bottom ash causes decreasing of the hydraulic gradient in the laminar region and decreasing of the velocity of the laminar/turbulent transition. The lower operational velocity for fresh or stabilised slurry with bottom ash contents can be used what brings the significant reduction of pressure drops.

The control of the physical-chemical behaviour, of an inner structure and time and intensity of shearing makes possible to optimise both the energy and water consumption, to improve quality and economy of the transport, handling and processing of the slurry.

Acknowledgements

The support under the project No. IAA 200600503 of GA ASCR and the IRP AV0Z20600510 of Academy of Sciences of the Czech Republic are gratefully acknowledged.

References

- Vlasak, P., Chara, Z., Stern, P. (1999) Effect of peptisation on flow behaviour of clay suspension, in: HYDROTRANSPORT 14, BHR Group, Maastricht, pp. 347-358
- Vlasak, P., Chara, Z., Konfrst, J. (2004) Effect of concentration and shearing time on flow behaviour of ash-water slurries, in: HYDROTRANSPORT 16, BHR Group, Santiago de Chile (Chile), 26-28 April 2004, Vol. I, pp. 93-105

INFLUENCE OF TONSILLECTOMY ON VOICE AND 3D MATHEMATICAL MODELS

J. Vokřál*, L. Černý*, L. Lavička*, P. Švancara, J. Horáček****

Summary: *After the phoniatic examination the tape-recording of voice was carried out on 14 patients (6 male, 8 female, age from 16 to 39 years) in a studio. The second recording was performed approximately 1 month after tonsillectomy. Patients phonated five Czech vowels /a:/, /e:/, /i:/, /o:/, /u:/. The acoustic analysis was performed by Multi-Dimensional Voice Program and the position of the first four formants was evaluated. The finite element (FE) models of the acoustic spaces corresponding to the human vocal tract for the Czech vowels /a:/ and /i:/ were used in the mathematical modelling. The acoustic resonant characteristics of the FE models were studied by modal and transient analyses. The acoustic analyses were realised by the software code SYSNOISE.*

1. Úvod

Pravidelně, když hlasový profesionál stojí před rozhodnutím, zda by krční mandle měly či neměly být odstraněny, jednou z otázek je, jak by tonzilektomie mohla ovlivnit jejich hlas. Odpověď na tuto otázku není jednoduchá i když v zahraničí bylo provedeno několik podobných studií. Nedostatkem těchto studií je, že pacienti nejsou schopni opakovat stejný způsob hlasové produkce před a po tonzilektomii. Výsledky mohou být hodnoceny pouze statisticky. V úvahu zde tedy přicházejí metody matematického modelování, které mohou dát přesnější teoretické výsledky.

2. Materiál a metodika

Po foniatickém vyšetření byly provedeny záznamy hlasu 14 pacientů ve studiu foniatické kliniky (6 mužů, 8 žen, věk: 16 až 39 let) a byly získány fotografie jejich ústní dutiny před i po operaci. Druhé vyšetření bylo uskutečněno přibližně 1 měsíc po tonzilektomii. Věk pacientů byl vybrán tak, aby přibližně odpovídal matematickému modelu. Akustická analýza 5 českých vokálů /a:/, /e:/, /i:/, /o:/, /u:/ byla provedena programem Multi-Dimensional Voice Program (MDVP Advanced, Kay Elemetrics Corp.) a byla hodnocena pozice prvních 4 formantů. Statistické hodnocení změn poloh formantů před a po tonzilektomii bylo provedeno

* Dr.Ing. Jan Vokřál, MUDr. Libor Černý, MUDr. Lukáš Lavička: Foniatická klinika 1. LF UK a VFN, Žitná 24, 120 00 Praha 2, tel.: 224 964 908, vokral@LF1.cuni.cz

** Ing. Pavel Švancara, Ing. Jaromír Horáček, DrSc.: Ústav termomechaniky AV ČR, Dolejškova 5, 182 00 Praha 8

neparametrickým Wilcoxonovým t-testem. Velikost mandlí před operací byla odhadnuta z fotografií ve stupnici: 1- malé mandle (5 pacientů), 2 – střední mandle (6 pacientů), 3 – velké mandle (3 pacienti).

Matematické konečněprvkové modely akustických prostorů pro české vokály /a:/, /i:/ odpovídajících mužskému vokálnímu traktu byly vytvořeny na základě snímků magnetické rezonance pořízených během fonace subjektu. Modely byly vytvořeny pro dvě velikosti krčních mandlí 1.6 cm^3 a 0.8 cm^3 . Akustické rezonanční charakteristiky byly studovány modální analýzou a transientní analýzou při použití krátkého budícího pulsu. U transientní analýzy byl uvažován i akustický prostor okolo hlavy, kde poslední okrajová vrstva konečných prvků byla dokonale pohltivá. Akustické analýzy byly provedeny softwarem SYSNOISE.

3. Výsledky

V experimentální studii na pacientech byly nalezeny statisticky signifikantní změny na 1% hladině významnosti u formantu F3, a to u vokálu /a:/ (průměrné snížení o 200 Hz), /e:/ (průměrné snížení o 150 Hz) a /o:/ (snížení o 240 Hz). Velikosti změn polohy formantů jsou závislé na velikosti mandlí. Největší posun byl nalezen u formantu F3 obdobně jako v zahraničních studiích. Subjektivně je změna hlasu zachytitelná pouze tehdy pokud oba dva zvukové vzorky následují ihned po sobě.

U matematického modelování byly nejprve vypočteny rezonanční charakteristiky vlastního vokálního traktu modální analýzou bez okolního akustického prostoru kolem hlavy člověka. Stěny vokálního traktu byly považovány jako nepohltivé, u rtů byl definován nulový akustický tlak. U transientní analýzy bylo modelováno vyzařování zvuku do okolního prostoru kolem hlavy, výpočet byl realizován programem SYSNOISE s časovým krokem 10^{-5} s. FE model byl buzen krátkým pulsem (doba trvání 0.25 ms) v oblasti hlasivek a z odezvy byla vypočtena spektra akustického tlaku u rtů. Odtud pak byly odečteny rezonanční frekvence odpovídající jednotlivým formantům.

Rozdíly mezi polohami formantů získaných modální a transientní analýzou jsou malé. Vypočtené rezonanční frekvence odpovídají experimentálním výsledkům pro české vokály /a:/ a /i:/. Tonzilektomie u vokálu /a:/ způsobila snížení formantu F3 o 180 Hz a snížení formantu F4 o 118 Hz. U vokálu /i:/ došlo ke snížení formantů F2, F4 a F5 asi o 100 Hz.

4. Závěr

Statistická analýza hodnocení experimentálních výsledků poloh formantů u pacientů před a jeden měsíc po tonzilektomii prokázala statisticky významné změny polohy formantu F3 u českých vokálů /a:/, /e:/ a /o:/. Největší snížení polohy formantu F3 bylo nalezeno u vokálu /o:/. Obdobný výsledek byl zjištěn v zahraničních studiích i u jiných jazyků. Velikost posunu formantu je závislá na velikosti zvětšených mandlí před operací.

Vypočtené vlastní frekvence FE modelů akustických dutin vokálního traktu odpovídají experimentálně zjištěným údajům publikovaným v literatuře pro české vokály /a:/ a /i:/. Změny poloh formantů v důsledku tonzilektomie jsou v souladu s akustickým hodnocením hlasu pacientů před a po tonzilektomii.

5. Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory grantu GAČR 106/04/1025: Modelování vibroakustických systémů se zaměřením na vokální trakt člověka.

INVESTIGATION OF VERTICAL VIBRATIONS OF THE ŠKODA 21 Tr LOW-FLOOR TROLLEYBUS MODEL - II

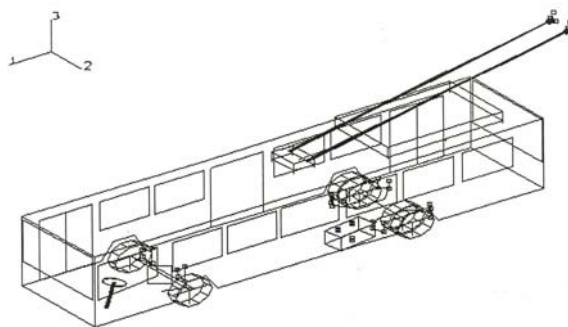
J. Volek, J. Soukup¹, P. Polach, M. Hajžman²

Summary: *The paper introduces the methodology of analytical solution of vertical dynamic response of the multibody model of the ŠKODA 21 Tr trolleybus when driving along an uneven road surface, with consideration of influence of viscous damping and asymmetry of the mechanical system.*

1. Úvod

V návaznosti na předcházející příspěvky k vyšetřování vertikálního kmitání vozidel za různých podmínek Hajžman et al. (2005), Volek & Soukup (2005), Volek et al. (2006) je uvedeno analytické řešení vertikálního kmitání modelu nízkopodlažního trolejbusu ŠKODA 21 Tr jako soustavy čtyř tuhých těles vázaných lineárními pružnými a disipativními (viskózními) prvky se sedmi stupni volnosti, s uvažováním vlivu nesymetrie, např. rozložením hmoty, a s obecným kinematickým buzením jednotlivých kol.

Využití zjednodušených modelů pro dynamickou analýzu kolových vozidel má své opodstatnění v jejich snadnější implementaci a transparentnosti jednotlivých postupů a dílčích etap řešení umožňujících interpretaci výsledků, v určení váhy vlivu jednotlivých nejen vstupních veličin a předpokladů, ale i parametrů umožňujících popis procesu kmitání mechanického systému. Analytický přístup k řešení kmitání modelu je vhodným doplněním ostatních, dříve publikovaných, přístupů (např. Hajžman et al., 2005) založených na numerickém řešení.



Obr.1 Reálné vozidlo a příklad vizualizace výpočetního modelu trolejbusu ŠKODA 21 Tr.

¹ PhDr. Ing. Jan Volek, Doc. Ing. Josef Soukup, CSc.: Ústav techniky a řízení výroby UJEP v Ústí nad Labem; Na Okraji 1001; 400 96 Ústí nad Labem; e-mail: soukupj@utrv.ujep.cz

² Dr. Ing. Pavel Polach, Ing. Michal Hajžman: ŠKODA VÝZKUM s.r.o.; Tylova 1/57; 316 00 Plzeň; tel.: +420.378 182 246, fax: +420.378 182 217; e-mail: {pavel.polach,michal.hajzman}@skoda.cz

2. Řešení

Pro uvažované modely kolových vozidel (silničních i kolejových, ale i pružného uložení strojů) mají pohybové rovnice v obecném případě tvar

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{B}\dot{\mathbf{q}} + \mathbf{K}\mathbf{q} = \mathbf{F} , \quad (1)$$

kde matice hmotnosti \mathbf{M} je při symetrickém uspořádání, tj. při diagonální matici setrvačnosti, diagonální. Při nesymetrickém rozložení hmoty ($D_{ij} \neq 0$) jsou některé prvky matice mimo diagonálu nenulové. Matice tlumení \mathbf{B} a tuhosti \mathbf{K} jsou symetrické. Vektor zobecněné souřadnice: $\mathbf{q} = \mathbf{q}_j^T = (\varphi_x, \varphi_y, w, w_1, w_2, w_3, \varphi_{x3})^T$, pro $j = 1, 2, \dots, 7$. Vektor budící funkce: $\mathbf{F} = (F_i(t))^T$, pro $i = 1, \dots, 7$. Rovnici (1) je možno analyticky řešit aplikací Laplaceovy transformace (Volek et al., 2006) a získat pro hledané zobecněné souřadnice q_j vztah ve tvaru

$$q_j(t) = \sum_{i=1}^{n/2} (-1)^{j+i} \sum_{k=1}^{n/2} \left[K_{ji,k} \int_0^t F_i(\tau) e^{-b_k(t-\tau)} \cdot \cos \Omega_k(t-\tau) d\tau + \frac{L_{ji,k} - b_k K_{ji,k}}{\Omega_k} \int_0^t F_i(\tau) e^{-b_k(t-\tau)} \cdot \sin \Omega_k(t-\tau) d\tau \right] . \quad (2)$$

V tomto vztahu je j -tá souřadnice q_j dána součtem konvolutorních integrálů součinu i -tých prvků vektoru budící funkce F_i určené nerovností povrchu a k -tých harmonických složek s vlastní tlumenou frekvencí Ω_k , s koeficientem lineárního viskózního tlumení b_k a s amplitudami určenými koeficienty $K_{ji,k}$, $L_{ji,k}$, vyjadřujících vlastnosti mechanické soustavy.

3. Závěr

Výrazy umožňující vypočítat časový průběh zobecněných souřadnic q_j , pomocí nichž je možno určit vertikální posuv, rychlost i zrychlení libovolného bodu soustavy, jsou uvedeny v plném textu příspěvku.

Navržené řešení umožňuje analyzovat obecný případ buzení, kdy každé kolo přejíždí přes jinou nerovnost.

4. Poděkování: Problém je řešen s finanční podporou grantů GAČR 101/05/2371 a MSM 4771868401.

5. Literatura

Hajžman, M., Polach, P. & Lukeš, V. (2005) Dynamická odezva trolejbusu při přejezdech výrazných nerovností na městském okruhu, in: *Sb. III. konference s mezinárodní účastí Dynamika tuhých a deformovatelných těles 2005* (B. Skočilasová ed.), ÚTŘV UJEP, Ústí nad Labem, str. 33-40.

Volek, J. & Soukup, J. (2005) Kmitání symetrické a nesymetrické mechanické soustavy při nesymetrickém buzení, in: *Sb. III. konference s mezinárodní účastí Dynamika tuhých a deformovatelných těles 2005* (B. Skočilasová ed.), UJEP, Ústí nad Labem, str. 121-126.

Volek, J., Soukup, J., Polach, P. & Hajžman, M. (2006) Vyšetřování vertikálního kmitání modelu nízkopodlažního trolejbusu ŠKODA 21 Tr, in: *Sb. National colloquium with int. participation Dynamika strojů 2006* (L. Pešek ed.), ÚT AV ČR, Praha, str. 169-174.

EVALUATION OF EFFECTIVE THERMOMECHANICAL PROPERTIES OF MASONRY BASED ON NUMERICAL HOMOGENIZATION

J. Vorel*, J. Sýkora*, M. Šejnoha*

Summary: *The present study deals with the definition of a periodic unit cell (PUC) that is constructed on the mesoscopic level of the two-scale model. The PUC serves as a suitable tool to determine the effective properties of the masonry and loading paths that become the input data for modeling on the macroscopic level. This work takes into account the impaired properties of the interfacial transition zone (ITZ). Therefore, in the proposed material model the reduced properties of the ITZ are described using the contact elements and Mohr-Coulomb law with tension cut off. The units (stone blocks) and the mortar beds are discretized using finite elements.*

1. Abstrakt

Zděné konstrukce jsou používány po dlouhá tisíciletí existence lidstva a i v dnešní době jsou stále používány pro svou dostupnost a dobré mechanické vlastnosti. Zdivo je heterogenní materiál, sestávající se ze složek s kvazikřehkými vlastnostmi. Je proto zřejmé, že pro realistické numerické řešení celé konstrukce je nutné použít tzv. víceúrovňové modelování.

Tato práce byla motivována výpočty prováděnými na Karlově mostě. Dále ukázaná periodická buňka se používá pro mezoskopickou úroveň při dvouúrovňovém modelování. Na mezoskopické úrovni jsou získávány efektivní vlastnosti zdiva, které lze následně použít pro modelování konstrukce na makroskopické úrovni. Zde je ukázáno počítačové modelování složité struktury opukového výplňového zdiva.

Periodická buňka je vytvořena na základě fotografií vzorku použitého při tlakové zkoušce v Kloknerově ústavu. Na mezoúrovni model respektuje kvazikřehké vlastnosti jak kamene, tak malty, a vyjadřuje vliv struktury materiálu na makroskopické vlastnosti.

Přesné definování periodické buňky a vztahy zajišťující periodicitu byly již mnohokrát popsány v jiných pracích, proto zde pouze představujeme základní deformační stavy periodické buňky a možné způsoby zatěžování vzorku (deformace, síly). Pro zjištění nelineárního chování materiálu je periodická buňka zatěžována řízenou deformací. Pro numerickou simulaci je zvolen program ATENA 2D.

Jak je zřejmé z běžně se vyskytujících konstrukcí, přechodová vrstva mezi jednotlivými komponenty zdiva bývá častým místem vzniku poruch, proto vlastnosti této vrstvy velmi ovlivňují celkovou odolnost zdiva vůči zatížení. U historických konstrukcí je obtížné a přesné stanovení potřebných vlastností přechodové vrstvy způsobeno nedostatkem provedených

* Ing. Jan Vorel, Ing. Jan Sýkora, Doc. Ing. Michal Šejnoha, Ph.D.: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Thákurova 7, 166 29 Praha 6 – Dejvice, tel.: +420 777 234 262, e-mail: Honza-Jan@seznam.cz

zkoušek, a tak jsou zde tyto charakteristiky stanoveny tzv. zpětnou analýzou z makroskopické zatěžovací zkoušky v tlaku. Experiment použitý pro zpětnou analýzu byl proveden v Kloknerově ústavu. Pro numerický výpočet je zvolen detailní model vzorku, ve kterém jsou snižené vlastnosti přechodové vrstvy vystiženy kontaktními prvky a Mohr-Coulombovým zákonem s omezením v tahu. Skladebné prvky (kameny) a malta jsou diskretizovány konečnými prvky. Následně je použito náhodné generování sedmi sad vstupních parametrů přechodové vrstvy při uvažování Gaussova rozdělení pravděpodobnosti těchto veličin. Z vypočtených simulací je vybrána metodou nejmenších čtverců ta simulace, která se nejvíce přibližuje skutečné zkoušce.

Přechodová vrstva mezi jednotlivými složkami zdiva je dále také definována u periodické buňky z důvodu většího přiblížení skutečnému chování. Ze získaných pracovních diagramů je vypočtena efektivní lomová energie, která je rovna práci potřebné na porušení vzorku vztažené k ploše porušení. Aktuální lomovou energii lze také určit pomocí přírůstkového řešení, při němž je uvažována hodnota lomové energie rovna potřebné energii na rozvoj porušení vzorku vztažené k ploše vzniklého porušení.

2. Poděkování

Tento příspěvek byl vypracován za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M6840770001, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS a vychází z teoretických výsledků získaných řešením grantů projektu GAČR 103/04/1321 a GAČR 106/03/H150.

3. Literatura

[Červenka Consulting, 2003] Červenka Consulting (2003) *SARA User's manual*, Praha, 26 str.

[Červenka V. a kol., 2003] V. Červenka, L. Jendele, J. Červenka (2003) *ATENA Program Documentation*, Praha, 129 str.

[ESSroc] ESSroc *ESStech – M20: Properties of Masonry Mortars*, <http://essroc.com/default.aspx?pageid=171>

[Roca a kol., 1998] P. Roca, J.L. González, E. Oñate a P.B. Lourenço (1998) *Structural analysis of historical constructions II - Experimental and numerical issues in the modelling of the mechanical behaviour of masonry*, in proceedings CIMNE, Barcelona, 35 pp.

[Sýkora, 2005] J. Sýkora (2005) *Diplomová práce – Počítačové modelování lomového zdiva*, Praha, 76 str.

[Šejnoha J. a kol., 2003] J. Šejnoha, V. Blažek, M. Šejnoha, J. Zeman (2003) *Počítačový model pro analýzu napětí a přetvoření Karlova mostu*, zpráva ČVUT Praha, 64 str.

[Vorel, 2005] J. Vorel (2005) *Diplomová práce – Efektivní termomechanické vlastnosti zdiva*, Praha, 77 str.

INTERPLAY OF SIZE EFFECTS IN CONCRETE SPECIMENS BY COMPUTATIONAL STOCHASTIC FRACTURE MECHANICS

M. Vořechovský, D. Matesová¹

Summary: *We attempt at identifying, studying and modeling possible sources of size effects in concrete structures both separately and brought together. We are particularly motivated by an interplay of several identified scaling lengths stemming from material, boundary conditions and geometry. We model well published results on direct tensile tests of dog-bone specimens with rotating boundary conditions performed by van Vliet and van Mier by methods of stochastic nonlinear fracture mechanics. Using the numerical example, we document how different sources of size effects on strength can interact and result in relatively complex processes in quasibrittle failure. The presented study documents the well known fact that an experimental determination of material parameters (needed for rational and safe design of structures) is very difficult for quasibrittle materials such as concrete.*

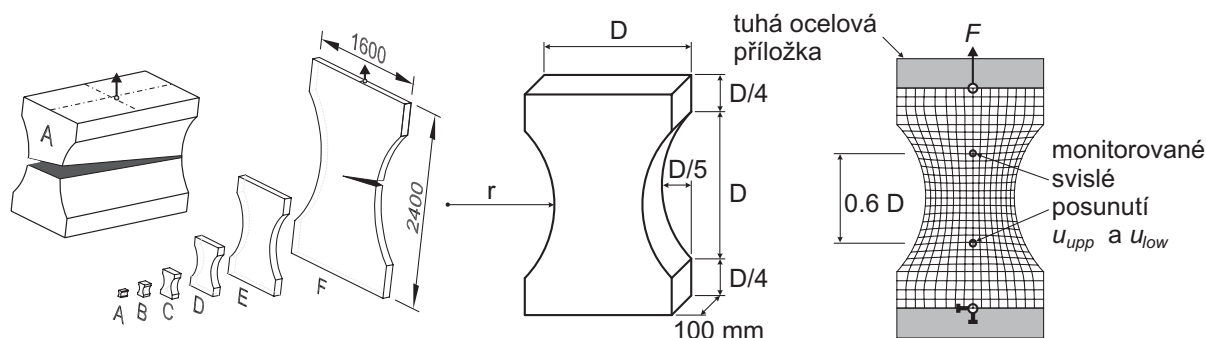
Příspěvek se zabývá studiem komplexního vlivu velikosti na pevnost betonových konstrukcí. Snahou je identifikovat jednotlivé možné zdroje tohoto vlivu a modelovat je každou zvlášť nebo společně v jednom komplexním modelu. Chceme ukázat jak spolu jednotlivé vlivy velikosti interagují. Zejména nás zajímá souhra a vzájemné ovlivnění několika materiálových délek a efekt takové souhry na vliv velikosti.

Přesto, že předložená práce má ambici studovat jevy obecně, pro jednodušší přiblížení čtenáři a možnost konkrétních výsledků článek představuje problematiku na nosnících konkrétní geometrie. Konkrétně se zabýváme studiem experimentálních výsledků vzorků tvaru psí kosti (tzv. dog-bones) různých velikostí (rozsah velikostí 1:32) namáhaných v přímém tahu s rotačními okrajovými podmínkami publikovaných van Vlietem a van Mierem. Konkrétně je studována „suchá“ série betonových vzorků A až F (rozměr D je v rozsahu od 50 do 1600 mm, viz obr. 1). Cílem tohoto příspěvku je vysvětlení komplexního vlivu velikosti na střední hodnotu a rozptyl nominální pevnosti kombinací (i) simulace lokálních materiálových vlastností náhodným polem, (ii) vlivu oslabeného okraje a (iii) nástroje nelineární lomové mechaniky založeném na modelu kohezivní trhliny.

Autoři příspěvku tedy modelují experimenty pomocí metod stochastické nelineární lomové mechaniky. Tažené vzorky jsou nejprve modelovány pomocí materiálového zákona microplane,

¹ Ing. Miroslav Vořechovský, Ph.D., Ing. Dita Matesová, Institute of Structural Mechanics, Faculty of Civil Engineering, Brno University of Technology, Veveří 95, 602 00 Brno, tel. +420 54114 7370, e-mail: vorechovsky.m@fce.vutbr.cz

kde je ukázán velký podíl vlivu nominální pevnosti na deterministické složce vlivu velikosti. Je zřejmé, že zde hraje roli více zdrojů vlivu velikosti, zde jsou uvažovány dva z nich. Konkrétně je modelována lokální materiálová pevnost pomocí autokorelovaných náhodných polí za účelem vystižení statistické složky komplexního vlivu velikosti se zahrnutím variability. Nezanedbatelná skutečnost je, že takový přístup má asymptotické chování pro velké velikosti ve shodě s klasickou Weibullovou teorií (mocninný zákon) zatímco asymptota pro malé velikosti se od Weibullova vlivu velikosti silně odchyluje. Experimentálně získaný pokles pevnosti nejmenšího vzorku je vysvětlen pomocí oslabené okrajové vrstvy konstantní tloušťky (způsobené např. vysycháním, poškozením povrchu, rozdílným obsahem kameniva na okrajích oproti vnitřnímu objemu vzorku, aj.). Všechny tři jmenované zdroje (deterministicko-energetický a statistický vliv velikosti a vliv oslabeného okraje) jsou zřejmě hlavní zdroje zjištěného vlivu velikosti na pevnost a model vystihující kombinaci všech tří vlivů je schopen postihnout měřená data. Výpočtový model reprezentuje sdružení výpočtové nelineární lomové mechaniky a simulačních technik pro náhodná pole reprezentující prostorově proměnlivé materiálové vlastnosti. S využitím numerického příkladu je dokumentována interakce různých zdrojů vlivu velikosti na pevnost vedoucí k relativně komplexnímu procesu v kvazikřehkých materiálech.



Obrázek 1: Vzorky testované van Vlietem and van Mierem: série A až F, 2D model v programu ATENA

Provedené numerické simulace náhodné odezvy zkoušky v tahu na vzorcích tvaru psí kosti s rotačními okrajovými podmínkami publikované van Vlietem a van Mierem jsou v dobré shodě s publikovanými výsledky. Na základě srovnání trendu závislosti nominální pevnosti na velikosti vzorku lze říci, že numerický model zahrnující tři délková měřítka je schopen postihnout nejdůležitější mechanismy porušení. Zejména bylo ukázáno, že část experimentálně naměřeného vlivu velikosti lze postihnout na deterministické úrovni s pomocí deterministické délky reprezentované v našem modelu šířkou pásu trhlin. V dalším je vliv velikosti na pevnost velkých vzorků modelován pomocí autokorelovaného náhodného pole. Důležitá statistická délka je zavedena formou autokorelační délky pole. Forma asymptotického vlivu velikosti způsobeného náhodnou pevností je klasický Weibullův mocninný zákon. Náhodným generováním pole lokální pevnosti jsme schopni modelovat také náhodný rozptyl výsledné nominální pevnosti. Poslední vliv zde prezentovaný je oslabená okrajová vrstva konstantní šířky. Tento oslabený okraj má za následek redukci pevnosti malých vzorků, což vede k opačnému trendu než u dvou předešlých vlivů velikosti. V dalším je studován model kombinující všechny zdroje dohromady s cílem vystihnout celkový vliv velikosti s uvažováním rozptylu.

Prezentovaná studie dokumentuje dobře známý fakt, že experimentální určování materiálových parametrů (potřebných pro racionální a bezpečný návrh konstrukcí) je velmi obtížné u kvazikřehkých materiálů jako je beton.

APPLICATION OF MAGNETORHEOLOGICAL DAMPER IN ABSORPTION SYSTEM OF CAR SEAT

R. Votrubec*

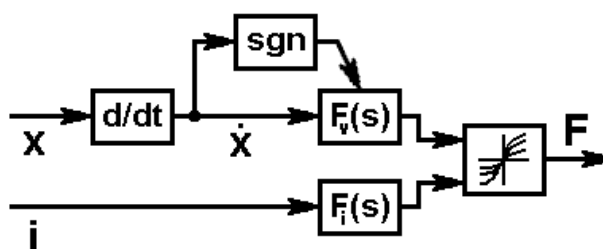
Summary: *This paper deals with application of magnetorheological damper for car seat absorption system. Magnetorheological damper is a kind of controlled damper. Its characteristic can be changed by the modification of properties of the working liquid using controlled magnetic field. To full analysis of magnetoreological damper it is necessary to identify damping force as function of velocity and actuating current of magnetic field. Its simulation model was used to design the control system with PID controller.*

1. Úvod

Příspěvek řeší dílčí problematiku projektu Aktivní vibroizolace v rámci několikaleté spolupráce Katedry řídicí techniky s Katedrou pružnosti a pevnosti na Fakultě strojní, při které se zabýváme možností použití magnetoreologického tlumiče jako aktivního prvku pro tlumící systém sedačky automobilu nebo sanitního lehátka.

2. Identifikace magnetoreologického tlumiče

Velikost tlumicí síly magnetoreologického tlumiče je ovlivňována magnetickým obvodem tlumiče. Charakteristika tlumiče je tvořena průběhem budicího proudu magnetického obvodu. Při identifikaci tlumiče včetně budicího proudu uvažujeme nelineární dynamický systém se dvěma vstupy, budícím proudem a rychlostí, a jedním výstupem, silou tlumiče, obr.1.



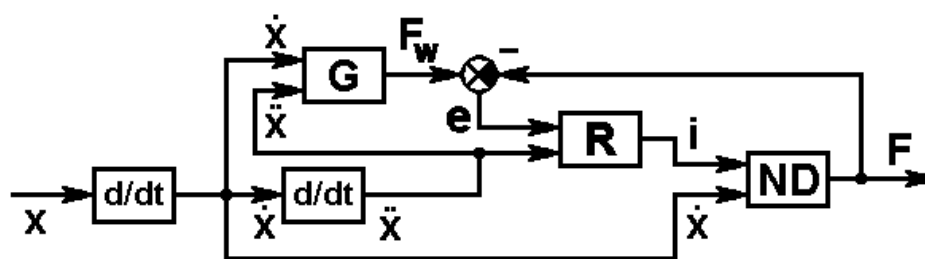
Obrázek 1 Struktura modelu magnetoreologického tlumiče

* Ing. Radek Votrubec, Phd. : Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Mechatroniky, Katedra řídicí techniky, Hálkova 6; 461 17 Liberec; tel.: +420.485 353 210, e-mail: radek.votrubec@tul.cz

Vytvořený model zkoumaného tlumiče projevilo dobrou shodu s naměřenými daty v celém spektru režimů, jak při malých, tak při velkých frekvencích vstupního signálu rychlosti i v celém rozsahu budicího proudu.

3. Řízení magnetoreologického tlumiče

Pro řízení magnetoreologického tlumiče byla zvolena struktura na obr.2, tj. kombinace přímovazebního regulátoru od zrychlení v kombinaci se zpětnovazebním PI regulátorem. Požadovaná charakteristika tlumiče se zadává pomocí jeho žádané globální charakteristiky.



Obrázek 2 Schéma řídicího obvodu

4. Závěr

Byla provedena kompletní identifikace magnetoreologického tlumiče. Model tlumiče byl použit k návrhu vlastního řídicího obvodu tlumiče, který umožňuje modifikovat požadovanou charakteristiku tlumiče. Tlumič byl simulačně použit ve čtvrtinovém modelu automobilu s odpruženou sedačkou.

5. Poděkování

Příspěvek byl podpořen Ministerstvem školství České republiky, výzkumným záměrem MSM4674788501 „Machines optimisation in interaction with working processes and human“.

6. Literatura

- Šklíba, J.: Inerciální složka výsledné síly jednovlášťového hydraulického tlumiče, *Dynamika, pevnost a pružnost stojících konstrukcí*, Svatka 1992
- Šklíba, J.; Svoboda, R.: Identifikace sekundární složky síly dvojpášt'ového tlumiče, VII. mezinárodní konference *Teorie strojů a mechanismů*, Liberec 1996
- Šklíba, J.; Svoboda, R.: Some problem of hydraulic damper modeling, *Colloquium Dynamics of Machines 2000*, Praha 2000
- Šklíba, J.; Svoboda, R.: Rozložení tlaků v hydraulickém tlumiči, VIII. mezinárodní konference *Teorie strojů a mechanismů*, Liberec 2000

INTERACTION BETWEEN PELVIC BONE AND ACETABULAR COMPONENT WITH IMPERFECTIONS IN THE CEMENT LAYER

J. Vyčichl, O. Jiroušek, J. Jírová¹

Summary: *The article deals with contact stress analysis of pelvic bone after implantation of cemented acetabular component with imperfections of cemented layer. 3D high resolution FE model of pelvic bone was created from the sequence of CT-slices. Imperfections were created both in the cement layer and in the bone tissue by drilling fixation holes. Boolean operations were used for inserting the spherical cemented component. Two contacts were defined in the FE model. The first contact is defined between the cement layer and the pelvic bone and the second one is between the cement layer and the polyethylene cup. The model was loaded by quasi-static joint forces, representing the maximum value of stance phase of gait [Bergmann et al., 2001]. The FE model was used to ascertain the contact stress conditions in the underlying subchondral bone.*

1. Introduction

Loosening of the acetabular implant is one of the most serious therapeutic complications of the cemented implants, which is often approved several years after the implantation. The important role in the process of cup loosening is remodeling of bone tissue as a result of the change of stress field after implantation.

2. Materials and Methods

Three-dimensional geometrical model of the left pelvic bone is generated from the sequence of 240 CT-slices using segmentation procedures followed by surface reconstruction. Geometrical model of polymethylmethacrylate bone cement and polyethylene cup with ceramic head is inserted into the pelvic bone by means of Boolean operations. The whole high resolution finite element model is composed of the above mentioned geometrical models. Modeling and all simulations are carried out using ANSYS FE package. Elements representing trabecular bone are created using quadratic tetrahedral elements SOLID187. The same element type was used for meshing all the other parts of the cemented acetabular component model. The surface of the pelvic bone is covered by the layer of cortical bone modeled with quadratic shell elements

¹ Ing. Jan Vyčichl, Ing. Ondřej Jiroušek, PhD., Doc. Ing. Jitka Jírová, CSc., Institute of Theoretical and Applied Mechanics, Prosecká 76, 190 00 Prague 9, e-mail: vycichl@itam.cas.cz jirousek@itam.cas.cz

Table 1: Material properties assigned to the FE model

Material	E (MPa)	ν
Pelvis - Trabecular bone	100	0.3
Pelvis - Subchondral bone	500	0.3
Pelvis - Cortical bone	5,600	0.3
Bone cement (PMMA)	25,000	0.35
Polyethylene (UHMWPE)	1,200	0.39
Ceramic (AL ₂ O ₃)	380,000	0.22

SHELL93 of 0.9 mm constant thickness and the surface of acetabulum is covered by the layer of subchondral bone modeled with quadratic shell elements SHELL93 of 0.7 mm constant thickness. Boundary conditions are specified at the sacro–iliac joint, where the nodes are fixed in all directions and at the contralateral side of the pubic symphysis, where the nodes are fixed in x–, y–directions . Two contacts are defined in the FE model. The first contact is defined between the pelvic bone and the external surface of cemented layer. Surface elements TARGE170 cover the surface of subchondral bone and elements CONTA174 cover the opposite surface of the cement layer. The second contact is defined on the internal surface between the cemented layer (TARGE170) and the polyethylene cup (CONTA174). The loading was applied to the centre of the ceramic head. Interaction of the cemented component with the underlying subchondral bone is studied as contact analysis.

3. Results

Stress distribution in subchondral bone tissue depends on the thickness of the cement layer, imperfections and drilled openings. Maximal values of contact stresses in the subchondral bone occurring during one step (normal walk) are $\sigma_3 = -7.5 \text{ MPa}$ and $\sigma_1 = 4.2 \text{ MPa}$ for this specific imperfection in the cement layer. The FE model is appropriate for solving contact stress analysis of the interaction between pelvic bone and cemented acetabular component and will be used for spatial optimization of the holes drilled in the acetabulum.

4. Acknowledgment

The research was supported by the project IAA200710504 of the Grant Agency of the Academy of Sciences of the Czech Republic and by the research plan AV0Z 20710524 of the Academy of Sciences of the Czech Republic.

5. References

[Bergmann et al., 2001] Bergmann, G., Deuretzbacher, G., Heller, M., Graichen, F., Rohlmann, A., Strauss, J., and Duda, G. (2001). Hip contact forces and gait patterns from routine activities. *Journal of Biomechanics*, 34(7):859–871.

CHOSEN PROBLEMS OF ROBOTS MECHANISMS CONTROL

V. Záda*

Summary: *In this contribution will be compared three methods of PD control of robots. The first is without gravity compensation, the second uses a constant gravity compensation and the last of them uses the full gravity compensation.. There are studied the complicity of the design, the accuracy of control and the possibility of implementation in any control system with respecting the computing complicity. The stability feedback is verified by Lyapunov theory of stability.*

1. Úvod

Řízené systémy bývají nelineární již svou podstatou. To platí i u robotů a manipulátorů. Je přirozené řídit nelineární systémy nelineárními regulátory. Chceme-li dosáhnout kvalitního řízení, je nutno vytvořit regulátor přímo na řízenou soustavu. To přináší řadu potíží spojených s identifikací soustavy. Technici proto nahrazují nelineární regulátory lineárními se zúžením jejich působnosti na vhodné okolí pracovního bodu. V dalším textu se zabýváme řízením robotů pomocí PD regulátorů. Hlavním úkolem je zajištění stability celého systému.

2. Stručný popis řešeného problému

Pohybovou rovnici robota v maticově-vektorovém tvaru lze po různých úpravách vyjádřit

$$M(q)\ddot{q} + N(q, \dot{q})\dot{q} + g(q) = u. \quad (1)$$

Vektor $q = (q_1, \dots, q_n)^T$ představuje zobecněné souřadnice, V potenciál, jehož gradient je

$$g(q) = (\partial V / \partial q_1, \dots, \partial V / \partial q_n)^T,$$

$M(q)$ je symetrická positive definitní spojitá matice (tzv. matice setrvačnosti). Uvažujme problém, kdy aktuální počáteční stav $(q(0), \dot{q}(0))$ je třeba převést do předem daného cílového stavu, vyjádřeného dvojicí $(q, \dot{q}) = (q_F, 0)$. Označme diferenci $\Delta q = q - q_F$.

Zákony řízení jsou uvažovány ve třech možných formách

$$u(t) = -A\Delta q(t) - B\dot{q}(t), \quad (2)$$

$$u(t) = -A\Delta q(t) - B\dot{q}(t) + g(q_F) \quad (3)$$

$$u(t) = -A\Delta q(t) - B\dot{q}(t) + g(q). \quad (4)$$

* Doc. Ing. Mgr. Václav Záda, CSc.: Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií, Technická univerzita v Liberci; Hálkova 6; 461 17 Liberec 1; tel.: +420.485 353 289, fax: +420.485 353 112; e-mail: vaclav.zada@tul.cz

kde A, B pozitivně definitní diagonální matrice. V případě (2) je definována funkce

$$V_L(x) = \frac{1}{2} \dot{q}^T M \dot{q} + \frac{1}{2} \Delta q^T A \Delta q + V(q) - V(q_F) + k,$$

o které se dokazuje, že vhodnou volbou vektoru k přejde na pozitivně definitní kvadratickou formu s nekladnou derivací podle času podél trajektorie definované rovnicí (1). Ukazuje se, že existuje vždy diagonální pozitivně definitní matice A taková, že regulační pochod je stabilní. Po ustálení regulačního pochodu však zůstává trvalá regulační odchylka. Prvky matice A lze vždy zvolit tak, aby tato odchylka nabývala libovolně malé hodnoty.

V případě (3) je vhodná Ljapunovova funkce hledána ve tvaru

$$V_L(x) = \frac{1}{2} \dot{q}^T M \dot{q} + \frac{1}{2} \Delta q^T A \Delta q + V(q) - V(q_F) - g^T(q_F) \Delta q.$$

Dále se dokazuje, že regulační pochod je stabilní. Trvalá regulační odchylka je však v tomto případě nulová. Zavedení konstantního vektoru $g(q_F)$ v (3) tedy splnilo svůj účel.

V případě (4) uvažujeme vlastně nelineární regulátor, neboť funkce $g(q)$ je výrazně nelineární funkcí vektoru q . Návrh Ljapunovovy funkce je v tomto případě triviální

$$V_L(x) = \frac{1}{2} \dot{q}^T M \dot{q} + \frac{1}{2} \Delta q^T A \Delta q.$$

Jak je zřejmé, představuje pozitivně definitní kvadratickou formu. Obdobně, jako v předešlých částech, se dokazuje stabilita regulačního procesu s nulovou trvalou regulační odchylkou.

3. Závěr

Cenou, kterou musíme zaplatit za jednoduchou regulační strukturu, je jednak velmi složité odvozování stability zákona řízení a existence trvalé regulační odchylky. Změníme-li lineární regulátor o vhodnou konstantu, můžeme zajistit anulování trvalé regulační odchylky. Ještě lepší regulace dosáhneme využitím plné gravitační kompenzace. Výhodou je pak velmi snadné odvození stability řízení a samozřejmě nulová regulační odchylka. Nevýhodou tohoto řízení je však nutnost, v rámci zvolené periody vzorkování, opakované určování aktuální hodnoty této kompenzace. Lze dokázat, že v obecnosti se šíře okolí bodu, ve kterém je regulační proces stabilní, rozšiřuje, pokud postupně přecházíme od jednoduššího řízení ke složitějšímu, jak bylo v této práci prezentováno.

4. Literatura

Canudas de Wit B. & Siciliano, B. & Bastin, G. (1996) Theory of Robot Control. Springer-Verlag, Berlin.

Záda, V. (2002) Optimal Setting of PID Parameters of Nonlinear Systems. In: the 5th International Scientific-Technical Conference PROCESS CONTROL. Kouty nad Desnou.

POSITION CONTROL OF ROBOT UNDER ENDPOINT CONSTRAINTS

V. Záda*

Summary: *In this contribution it is studied PD-control of the robot endpoint that is constrained on any surface. The discussion about stability leads to formulate a theorem about asymptotic stability in a neighborhood of desired position.*

1. Introduction

The robot control is more complicated than in linear systems, but often can be used linear PID controllers for end position control. Theorists often use stabilization by Lyapunov second method or especially the LaSalle invariant theorem. This approach is used in this paper for control of end point of robot on defined surface. Parameters of controller can be optimized.

2. Controlled system

The aim is to control the robot on the subsurface $L \cap \Omega$, where Ω is the working space and L is a surface in E_3 . Both sets are compact. The equation of robot dynamic is described

$$\mathbf{M}(\mathbf{q})\ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{C}(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}})\dot{\mathbf{q}} + \mathbf{g}(\mathbf{q}) = \mathbf{u} + \mathbf{Q}_n - \mathbf{Q}_t \quad (1)$$

where $\mathbf{M}(\mathbf{q})$ is the symmetric matrix, positive definite and continuous, $\mathbf{q}=(q_1, \dots, q_n)^T$ is a set of generalized co-ordinates, the symbol \mathbf{g} is defined

$$\mathbf{g}(\mathbf{q}) = (\partial V / \partial q_1, \dots, \partial V / \partial q_n)^T,$$

where V is the generalized potential function. The symbol \mathbf{C} is the matrix

$$\mathbf{C}(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}) = \left[\frac{1}{2} \dot{\mathbf{M}}(\mathbf{q}) + \mathbf{S}(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}) + \mathbf{M}_0 \right].$$

\mathbf{M}_0 is a diagonal non-negative matrix of damping factors, \mathbf{S} represents the skew symmetric matrix

$$S_{i,j}(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}) = \frac{1}{2} \left[\sum_{k=1}^n \dot{q}_k \frac{\partial M_{i,k}}{\partial q_j} - \sum_{k=1}^n \dot{q}_k \frac{\partial M_{jk}}{\partial q_i} \right].$$

* Doc. Ing. Mgr. Václav Záda, CSc.: Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií, Technická univerzita v Liberci; Hájkova 6; 461 17 Liberec 1; tel.: +420.485 353 289, fax: +420.485 353 112; e-mail: vaclav.zada@tul.cz

Define a vector $\mathbf{x}=(x_1,x_2,x_3)^T$ in the Cartesian coordinates. Let the surface L be regular and be described by $R(\mathbf{x})=0$. The contact force in the normal direction of the surface is described by

$$\mathbf{Q}_n = \left(\mathbf{n} \frac{\partial \mathbf{x}}{\partial \mathbf{q}} \right)^T \cdot F(\mathbf{q}),$$

where \mathbf{n} is the normal vector of the surface L F is the magnitude of force in the orthogonal direction. The tangent force

$$\mathbf{Q}_t = \lambda(\dot{\mathbf{x}}) \left(\frac{\partial \mathbf{x}}{\partial \mathbf{q}} \right)^T \cdot \dot{\mathbf{x}}$$

represents contact friction, λ is positive function.

3. Stability and control

Let the feedback be defined with gravity compensation as

$$\mathbf{u} = -\mathbf{A}\Delta\mathbf{q} - \mathbf{B}\dot{\mathbf{q}} + \mathbf{g}(\mathbf{q}) - \mathbf{Q}_{n,d}, \quad (2)$$

where \mathbf{A} and \mathbf{B} are diagonal positive definite matrices,

$$\mathbf{Q}_{n,d} = (\mathbf{n}(\mathbf{q})(\partial\mathbf{x}(\mathbf{q})/\partial\mathbf{q}))^T \cdot F(\mathbf{q}_d),$$

where \mathbf{q}_d is a desired end position and $\Delta\mathbf{q}=\mathbf{q}-\mathbf{q}_d$. Define the following function

$$W(\Delta\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}) = \frac{1}{2} \dot{\mathbf{q}}^T \mathbf{M}(\mathbf{q}) \dot{\mathbf{q}} + \frac{1}{2} \Delta\mathbf{q}^T \cdot \mathbf{A} \cdot \Delta\mathbf{q}. \quad (3)$$

This function is the Lyapunov one. When we use La Salle invariant theorem, we can derive the following theorem

Theorem: Assume that $R(\mathbf{q}_d) = 0$, $\mathbf{q}_d \in \Omega$, $F_d > 0$,

$$\partial R/\partial \mathbf{q} \neq 0 \text{ in } \Omega,$$

and the diagonal matrix $\mathbf{A} > \mathbf{0}$ is chosen sufficiently big. Then the equilibrium point $(\mathbf{q}_d, \mathbf{0})$ is asymptotically stable in a sense, that there exists a neighborhood B_d of $(\mathbf{q}_d, \mathbf{0})$ on the subsurface $L \cap \Omega$, such that every solution starting from arbitrary initial state

$$(\mathbf{q}(0), \dot{\mathbf{q}}(0)) \in B_d,$$

asymptotically approaches the point $(\mathbf{q}_d, \mathbf{0})$ as $t \rightarrow \infty$ and $F \rightarrow F_d$ as $t \rightarrow \infty$.

4. References

- McClamroch, N. H. and Wang, D. (1990) Linear feedback control of position and contact force for a nonlinear constrained mechanism. *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, 112, p. 640-645.
- LaSalle, J. P. (1960) Some extensions of Lyapunov's second method. *IRE Transactions on Circuit Theory*, 7, 520-7.

MODELLING OF WWER 1000 TYPE REACTOR VIBRATION BY MEANS OF DECOMPOSITION METHOD

V. Zeman, Z. Hlaváč¹

Summary: *The paper deals with the modelling of vibration and modal analysis of the nuclear WWER 1000 type reactor. This coupled multibody system is decomposed into subsystems modeled in the special configuration spaces of supporting subsystems. In comparison with original reactor models the spatial localization of the nuclear reactor fuel assembly and protection tubes, continuously mass distribution of beam type components and more accurate modelling of the linear stepper drives for actuation of control cassettes are respected. This new reactor mathematical model is aimed to the vibration analysis of internal components of the reactor excited by pressure pulsation generated by main circulation pumps. A model verification is performed by means of eigenfrequencies and eigenmodes.*

1. Úvod

Důležitým provozním požadavkem reaktorů typu VVER je zajištění stability uložení jejich vnitřních komponent ve vertikálním směru, ve smyslu zachování kontaktu po celých stykových plochách. Dynamické účinky, jako jsou např. tlakové pulzace v prostoru mezi stěnou tlakové nádoby a nosným válcem, by mohly tuto stabilitu narušit ([Pečínka 2000]). Jak vyplynulo z modální analýzy izolovaného reaktoru a reaktoru v interakci s chladicími smyčkami v práci [Zeman a Hlaváč 1999], vlastní frekvence a vlastní tvary kmitání komponent reaktoru jsou jen velmi málo ovlivněny interakcí tlakové nádoby s chladicí smyčkou. Vnitřně buzený reaktor lze proto uvažovat jako izolovaný od smyček. Naopak modely vnitřních komponent i komponent řízení a ochrany reaktorů je nutné, oproti zjednodušeným diskrétním modelům aplikovaným pro nízkofrekvenční seizmické buzení např. v práci [Zeman a Hlaváč 1998], upřesnit. Cílem tohoto příspěvku je proto uvést novou metodiku modelování kmitání komponent reaktoru a aplikovat ji na reaktor VVER 1000 v elektrárně Temelín.

2. Dekompozice reaktoru a princip modelování

Pro vytvoření matematického modelu reaktoru VVER 1000 je, vzhledem k jeho velmi složité struktuře, účelné jej dekomponovat na 8 subsystémů: *tlakovou nádobu* s víkem (TN) uloženou ve stavební šachtě, *nosný válec* (NV) se svým dnem a pláštěm aktivní zóny, *aktivní zónu* (AZ) tvořenou 163 palivovými soubory, *blok ochranných trub* (BOT), *nosnou konstrukci* (NK)

¹ Prof. Ing Vladimír Zeman, DrSc., Doc. RNDr. Zdeněk Hlaváč, CSc.: Katedra mechaniky, Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, tel. +420 377 63 23 32, e-mail zemanv@kme.zcu.cz, hlavac@kme.zcu.cz

horního bloku, *pouzdra pohonů* (PP), *blok elektromagnetů* (BE) vně pouzder a *vlastní pohony* uvnitř pouzder.

Každý subsystém je modelován ve vhodně vybraném konfiguračním prostoru tzv. nosných subsystémů. Nosným subsystémem pro NV, BOT, NK a PP je tlaková nádoba, pro AZ tlaková nádoba a nosný válec a pro BE a PO tlaková nádoba a pouzdra pohonů. Subsystémy jsou navzájem provázány jednak diskretizovanými vazbami charakterizovanými translačními a rotačními tuhostmi v souřadnicových systémech rovnoběžných s globálním souřadnicovým systémem x, y, z , a jednak vazbami typu ideálního vetknutí nebo ideální podpěry.

Modelování kmitání subsystémů je založeno na samostatném určení příspěvků každého subsystému do matic hmotnosti a tuhosti celého reaktoru formulovaných v konfiguračním prostoru zobecněných souřadnic subsystémů

$$\mathbf{q} = [\mathbf{q}_{TN}^T, \mathbf{q}_{NV}^T, \mathbf{q}_{AZ}^T, \mathbf{q}_{BOT}^T, \mathbf{q}_{NK}^T, \mathbf{q}_{PP}^T, \mathbf{q}_{BE}^T, \mathbf{q}_{PO}^T]^T.$$

Tyto příspěvky se odvodí z vyjádření kinetické a potenciální energie subsystémů.

Výhodou uvedené metodiky je postupné modelování jednotlivých komponent, možnost korekce parametrů komponent na základě detailních modelů na bázi MKP nebo experimentálně zjištěných odezev a přehledná struktura matic hmotnosti a tuhosti reaktoru.

3. Závěr

V příspěvku je uvedena metoda vytváření matematických modelů reaktoru. Metoda je aplikována na sestavení plně parametrizovaného modelu reaktoru VVER 1000 v ETE o 137 stupních volnosti, který byl podroben modální analýze. Přehledné grafické zobrazení vlastních tvarů kmitání v konfiguračních prostorech nosných subsystémů umožňuje operativně analyzovat podíl kmitání a velikost deformací jednotlivých komponent reaktoru i deformací diskrétních vazeb. Model je připraven pro citlivostní analýzu, naladění tuhosti vybraných vazeb na základě experimentálně vyšetřených vlastních frekvencí a po doplnění buzení tlakovými pulzacemi i pro analýzu stability uložení vnitřních komponent reaktoru.

Práce byla podpořena výzkumným záměrem MSM 4977751303 MŠMT České republiky.

4. Literatura

- [Pečínka 2000] Pečínka, L. 2000: *Rozbor statické a dynamické stability uložení částí reaktorů VVER 440/213 EDU a návrh diagnostických opatření*. Výzkumná zpráva DITI 300/95, ÚJV Řež.
- [Zeman a Hlaváč 1999] Zeman, V. - Hlaváč, Z. 1999: Seizmická analýza primárního okruhu jaderné elektrárny a jeho komponent, in *Sborník Inženýrská mechanika '99* (C. Kratochvíl, V.Kotek a J. Krejsa ed.), Ústav mechaniky těles, VUT Brno, str. 295-300.
- [Zeman a Hlaváč 1998] Zeman, V. - Hlaváč, Z. 1998: *Seizmická analýza reaktoru VVER 1000 s americkým palivem*. Výzkumná zpráva 102-07-98, ZČU Plzeň.

FLOW PARAMETERS MEASUREMENT IN THE CHANNEL WITH NEGATIVE STEP OF EXTREME RELATIVE HEIGHT

P. Zubík*, J. Šulc*

Summary: *Technique and results of measurement of flow parameters in the channel model of rectangular cross-section with a negative bottom step are presented. The flow was alternatively arranged with and without free water surface. The contact-less measuring techniques, i.e. Laser Doppler Anemometry (LDA) and Particle Image Velocimetry (PIV), were used for the measurement of mean and pulsation velocity components. The measurement was carried out in several different regimes of flow. The results of measurement in a relatively simple technical element were destined for subsequent calibration and verification of mathematical models of turbulent flow.*

Laboratoř vodohospodářského výzkumu (LVV) Ústavu vodních staveb Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně byla spoluřešitelským pracovištěm výzkumného projektu podporovaného Grantovou agenturou České republiky „Vyšetřování turbulentního smykového proudění v kanálech s náhlým rozšířením průřezu“ reg. č.: 101/03/0018. V prvním a druhém roce řešení tohoto výzkumného projektu byl proveden experiment na přímém kanálu s rozšířením obdélníkového průřezu 200 x 180 mm na čtvercový průřez 200 x 200 mm (negativní stupeň ve dně 20 mm) při tlakovém proudění (publikováno na konferenci IM 2004) a při provozu s volnou hladinou. Další série měření byly provedeny na kanálu s rozšířením průřezu 200 x 160 mm na průřez 200 x 200 mm (negativní stupeň ve dně 40 mm) při obou režimech proudění (publikováno na konferenci IM 2005). Text příspěvku stručně prezentuje průběh a výsledky třetího roku řešení. Účelem experimentů bylo získat vstupní a ověřovací data pro „odladění“ matematických modelů realizovaných na řešitelském pracovišti – Ústav termomechaniky Akademie věd České republiky.

K měření byly použity dvě měřicí metody: rovinná laserová anemometrie (Particle Image Velocimetry (PIV)) – posloužila k měření rozložení rychlostí ve zvolených dvourozměrných řezech a bodová laserová anemometrie (Laser Doppler Anemometry (LDA)) – měření turbulence rychlosti ve vstupním poli a měření nestacionarity proudění v prostoru za náhlým rozšířením kanálu.

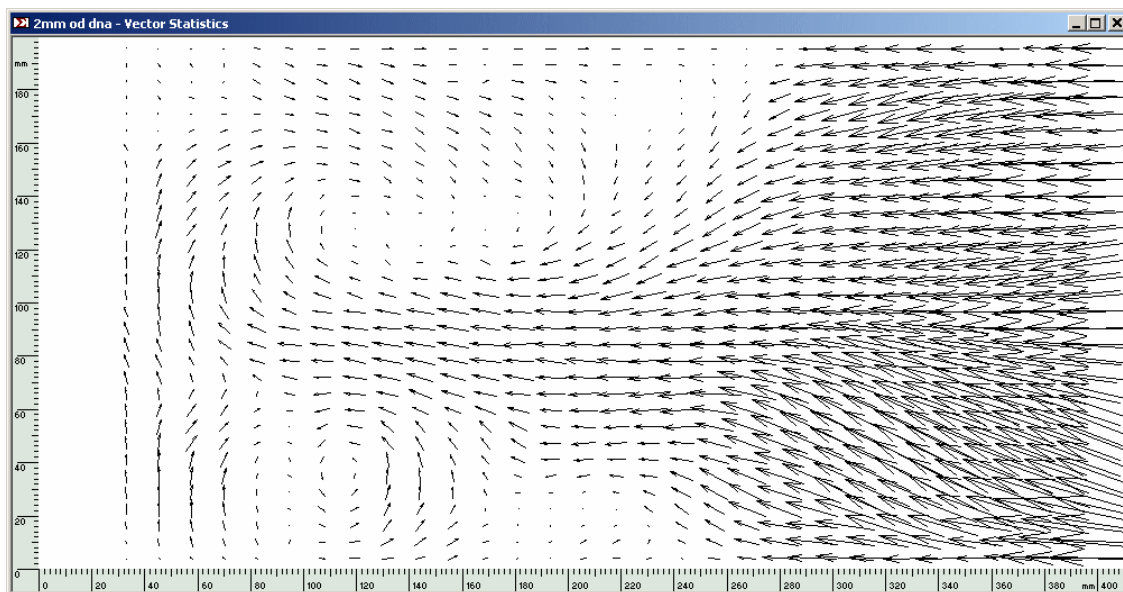
Pro daný účel byl vyroben hydraulický okruh s průhledným modelem předmětného kanálu včetně vstupního a výstupního úseku. Proudění na modelu bylo realizováno v režimu tlakovém i o volné hladině. Ve vzdálenosti 550 mm protiproudě před rozšířením byl zvolen

* Ing. Pavel Zubík, Ph.D., Doc. Ing. Jan Šulc, CSc.: Ústav vodních staveb, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně; Veveří 331/95, 602 00 Brno; tel.: 541 147 286, fax: 541 147 288; e-mail: Zubik.P@fce.vutbr.cz, Sulc.J@fce.vutbr.cz.,

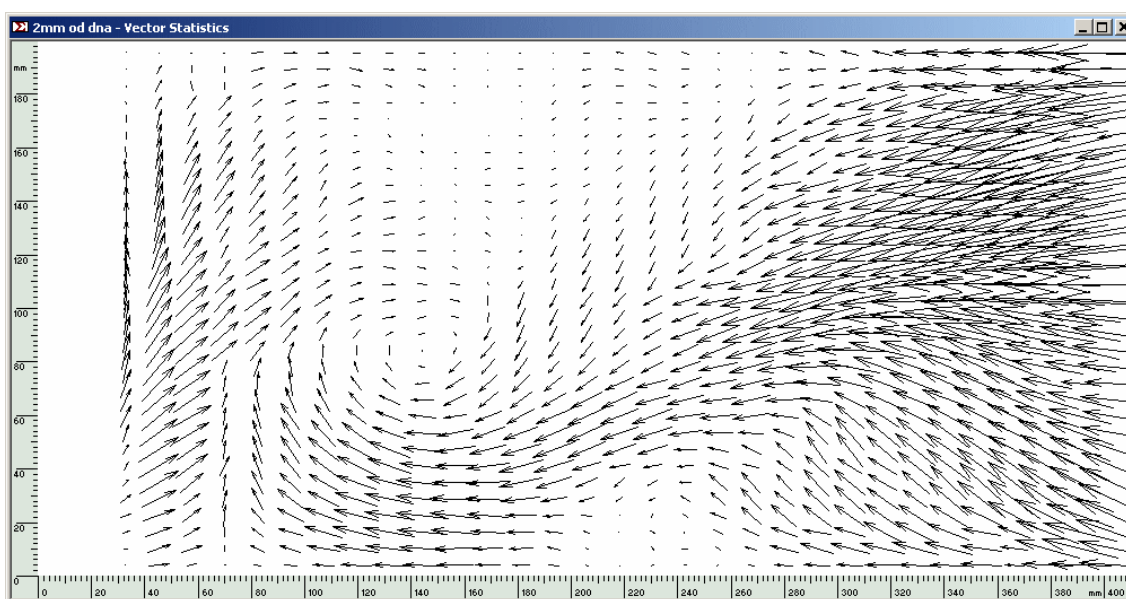
profil pro měření parametrů vstupního proudového pole. V prostoru za náhlým rozšířením byly voleny měrné roviny PIV vždy rovnoběžně s podélnou osou kanálu se svislou a vodorovnou orientací. Bylo také měřeno pomocí LDA v několika svislicích (vždy ležících v rovině symetrie kanálu) v různých vzdálenostech od profilu náhlého rozšíření.

Sledované proudění má výrazně trojrozměrný charakter. V průběhu PIV měření byl zjištěn, oproti předchozím variantám modelu s nižším schodem, výrazný nárůst délky doby, kdy je již možno považovat děj za kvazistacionární. Při zpracování kratších sérií měření byl pokaždé získán jiný lokální časově střední obraz rychlostního pole, příklad je vidět na přílož. obr.

Měření byla provedena při různých rychlostních poměrech ($Re=S \cdot v/\nu=(3,2 \div 24,7) \cdot 10^4$).



Obr.1 Časově střední obraz průmětů vektorů rychlosti do horizontální roviny 2 mm nad dnem kanálu za schodem výšky 110 mm při tlakovém proudění



Obr.2 Lokální časově střední obraz průmětů vektorů rychlosti do horizontální roviny 2 mm nad dnem kanálu za schodem výšky 110 mm při tlakovém proudění

Author index

Items are referred in the form: SECTION-page number, #paper number

A

Adámek, T. BIO-102, #294
Antoš, P. FLU-10, #251
Apetaur, M. MTC-210, #183

B

Bača, P. MTC-12, #149 MTC-196, #128
Bach, P. DYN-14, #195
Balda, M. FRA-338, #115 SOL-116, #138
Ballo, I. DYN-16, #103
Barbora, J. DYN-18, #181
Bareš, P. FRA-20, #174
Bayer, Z. TER-22, #216
Bednář, L. FLU-378, #238
Beneš, L. SOL-240, #323
Bezpalcová, K. ... DYN-24, #217
Bébarová, M. BIO-276, #233
Bittnar, Z. REL-364, #292
Blejchar, T. FLU-26, #276
Blekta, J. DYN-28, #111
Boháč, T. DYN-282, #214
Bořkovec, J. SOL-30, #224
Brancherie, D. ... SOL-202, #287
Brožovský, J. REL-300, #127
Brož, P. FRA-32, #107
Brysejcn, J. FRA-400, #301 SOL-408, #296
SOL-62, #140
Březina, T. MTC-272, #329 MTC-392, #133
Bubák, A. DYN-334, #197 DYN-34, #248
Budinszky, Cs. ... BIO-36, #155
Burša, J. BIO-216, #259
Byrtus, M. DYN-38, #281

C

Cibulka, J. DYN-282, #214
Cimrman, R. BIO-264, #135 FLU-316, #192
Círk, D. DYN-40, #113
Čečrdle, J. DYN-42, #119
Čech, V. MTC-44, #170
Černý, L. BIO-428, #239
Čulík, J. BIO-46, #237

D

David, J. FLU-58, #139
Ditl, P. FLU-336, #205
Dovgalenko, E. ... REL-384, #328
Drobný, V. DYN-48, #283
Dušek, D. BIO-50, #156
Dvořák, J. MTC-180, #112
Žuriš, R. SOL-52, #225

E

Eisner, I. SOL-54, #227

F

Fajkoš, R. SOL-72, #334
Feldberg, L. A. ... FLU-378, #238
Fiala, A. TEC-220, #144
Fiala, Z. SOL-56, #243
Filip, P. FLU-58, #139
Fischer, C. DYN-74, #198
Fischer, O. REL-60, #194
Florian, Z. BIO-122, #228 BIO-200, #159
BIO-36, #155
Fojtík, F. SOL-78, #134
Formánek, M. ... KEY-6, #306
Frankl, J. SOL-62, #140
Franta, L. BIO-64, #201
Frantík, P. DYN-66, #122
Frantová, M. SOL-68, #285
Frydryšek, K. REL-70, #311 SOL-72, #334
Frýba, L. DYN-74, #198
Fröhlich, V. FRA-338, #115
Fuis, V. BIO-76, #268
Fuxa, J. SOL-78, #134

G

Gajdoš, Ľ. FRA-358, #220 REL-410, #275
Grep, R. MTC-182, #337 MTC-422, #318
MTC-424, #341 MTC-80, #309
MTC-82, #332

H

Hadaš, Z. MTC-328, #262 MTC-84, #257

Hajžman, M.DYN-292, #191 DYN-430, #226
 DYN-86, #190
Harms, F.DYN-24, #217
Hartl, M.FLU-372, #167
Hlaváč, L. M.FLU-88, #277 FLU-90, #278
Hlaváčová, I. M.FLU-90, #278
Hlaváč, Z. DYN-444, #193
Hlavoň, P. BIO-76, #268
Holkup, T.DYN-92, #196
Hollý, R.FRA-94, #253
Holý, S.DYN-92, #196
Holý, T.SOL-408, #296
Honzík, P. MTC-80, #309
Horáček, J. BIO-192, #145 BIO-312, #273
 BIO-366, #263 BIO-406, #108
 BIO-428, #239
Horák, V.FLU-96, #313 FLU-98, #336
Horák, Z.BIO-138, #204 BIO-174, #136
 BIO-386, #289
Hornych, T.MTC-100, #121
Horný, L.BIO-102, #294
Hortel, M. DYN-104, #215
Hoření, B. FLU-126, #212 FLU-96, #313
Hostýnek, J. DYN-106, #206
Hošek, J. FLU-108, #325 FLU-110, #348
Houfek, L.MTC-176, #141
Houfek, M. MTC-176, #141
Houška, P. MTC-112, #258 MTC-226, #161
Hrabec, J. MTC-80, #309
Hrubý, J. TER-114, #290
Hrubý, Z.SOL-116, #138
Hrušovská, P.FRA-94, #253
Hrůza, V. BIO-118, #157
Hualde, I. Monzón SOL-120, #293
Hudeček, D. BIO-122, #228
Hutař, P.FRA-254, #319
Hynčík, L. BIO-194, #282 BIO-318, #106

Ch

Chalupa, M. DYN-124, #110
Charvát, L. SOL-420, #266
Chára, Z.FLU-126, #212 FLU-284, #210
 FLU-336, #205 FLU-426, #211
Chlup, H.BIO-128, #326 BIO-130, #349

I

Ibrahimbegović, A. SOL-202, #287

J

Jakůbek, J. FRA-400, #301 SOL-408, #296
Jakůbek, M. SOL-408, #296
Janas, P.REL-132, #274
Janata, V.DYN-298, #101
Janda, T. SOL-134, #213
Jandora, R. DYN-136, #158
Janeček, B. MTC-210, #183
Janiček, P. DYN-136, #158
Jaňour, Z. DYN-24, #217 DYN-346, #297
Jeníková, Z. BIO-64, #201
Jevický, J. MTC-44, #170
Jirková, L.BIO-138, #204
Jíroušek, O.BIO-140, #298 BIO-208, #299
 BIO-438, #252
Jírouš, F. TER-142, #246
Jirsák, M. DYN-144, #222
Jíra, A. BIO-146, #202
Jíra, J.BIO-140, #298 BIO-212, #300
Jírová, J. BIO-208, #299 BIO-212, #300
 BIO-438, #252
Jonáš, P. FLU-148, #209
Jurenka, J. SOL-150, #245
Jůn, P. SOL-262, #200

K

Kabele, P. SOL-262, #200 TEC-166, #236
Kaličinský, J. FLU-88, #277
Kalousek, Z. SOL-152, #269
Kašpárek, J. MTC-154, #152
Keršner, Z. FRA-156, #150 FRA-416, #153
Kharlamov, A. ... FLU-158, #207
Klement, J. SOL-270, #162
Kloiber, M. SOL-62, #140
Klouček, V. SOL-232, #331
Klusák, J.FRA-160, #176
Kněsl, Z.FRA-156, #150 FRA-168, #320
 FRA-20, #174 FRA-348, #343
Kohoutková, A. ... SOL-390, #175
Konečná, H. DYN-324, #143 SOL-162, #172
Konečný, P. REL-164, #185
Konfršt, J. FLU-426, #211
Konvičková, S. ... BIO-128, #326 BIO-130, #349
Kopecký, L. TEC-166, #236
Korbel, J. FRA-168, #320
Kořenář, J. FLU-246, #208
Kotoul, M. FRA-304, #261 FRA-350, #124

Koudela, K. BIO-194, #282
Koudelka, P. SOL-170, #355
Koudelka, T. SOL-172, #137 SOL-184, #286
Koukalová, J. BIO-174, #136 BIO-386, #289
Kozderka, J. MTC-210, #183
Kozubková, M. .. FLU-26, #276
Kratochvíl, C. MTC-176, #141
Král, J. DYN-106, #206 DYN-144, #222
Král, R. DYN-178, #129
Krček, P. MTC-180, #112
Krejčí, P. MTC-182, #337 MTC-422, #318
MTC-424, #341 MTC-82, #332
Krejčí, T. SOL-172, #137 SOL-184, #286
SOL-402, #358
Krejsa, J. MTC-186, #177 MTC-418, #168
Krejsa, M. REL-132, #274
Krejsa, V. REL-132, #274
Kruis, J. REL-364, #292 SOL-188, #235
Kruisová, A. SOL-190, #250
Kryštůfek, J. BIO-192, #145
Křen, J. BIO-194, #282
Křivák, P. MTC-12, #149 MTC-196, #128
Křivý, V. REL-198, #186
Křupka, I. FLU-372, #167
Kubala, R. SOL-78, #134
Kubiček, M. BIO-200, #159
Kučerová, A. SOL-202, #287 SOL-204, #203
Kundrát, P. MTC-206, #359
Kunecký, J. BIO-208, #299
Kupka, L. MTC-210, #183
Kysela, B. FLU-336, #205
Kytíř, D. BIO-212, #300

L

Lacko, B. MTC-214, #104
Lahodný, J. DYN-298, #101
Lavička, L. BIO-428, #239
Lebiš, R. BIO-216, #259
Lehký, D. TEC-314, #265
Leitl, B. DYN-24, #217 DYN-346, #297
Lenert, J. REL-218, #187
Lepš, M. SOL-204, #203
Litoš, J. SOL-354, #288
Litvinov, S. REL-384, #328
Lizoň, M. SOL-54, #227
Lojkásek, O. SOL-120, #293 SOL-68, #285
Lukerchenko, N. . FLU-284, #210

M

Macková, H. BIO-130, #349
Macura, P. TEC-220, #144
Majer, Z. FRA-348, #343
Makovička, D. ... DYN-222, #242 DYN-222, #242
Malášek, J. SOL-224, #160
Marada, T. MTC-112, #258 MTC-226, #161
Marek, J. TEC-268, #171
Marek, P. REL-198, #186 REL-228, #218
REL-410, #275
Mareš, R. TER-114, #290
Markov, P. DYN-230, #189
Maršík, F. BIO-128, #326
Marvalová, B. SOL-232, #331 SOL-234, #354
Matejovič, P. BIO-276, #233
Materna, A. FRA-352, #267
Matesová, D. FRA-434, #102
Matějka, M. FLU-294, #146
Matoušek, I. TEC-236, #270
Maxa, J. BIO-238, #131
Mazur, O. FLU-148, #209
Mazůrek, I. DYN-302, #307
Mádr, V. FLU-88, #277
Melicher, R. SOL-54, #227
Menčík, J. REL-242, #346 SOL-240, #323
Mevald, J. DYN-18, #181 DYN-28, #111
Micka, M. BIO-212, #300 SOL-244, #219
Mihálka, L. FLU-246, #208
Míchalec, J. BIO-138, #204 BIO-386, #289
Mínář, V. KEY-6, #306
Mínster, J. SOL-244, #219
Mík, V. FLU-246, #208
Morávka, Š. DYN-248, #279
Mudrik, J. DYN-250, #303
Musil, M. DYN-398, #255
Müller, M. TER-114, #290
Myška, J. FLU-246, #208

N

Nadř, M. DYN-252, #304
Náhlík, L. FRA-156, #150 FRA-254, #319
FRA-348, #343
Nánási, T. SOL-256, #305
Náprstek, J. DYN-178, #129 DYN-258, #310
DYN-260, #333
Návrat, T. BIO-76, #268
Neděla, V. BIO-238, #131

Němeček, J. SOL-262, #200
Nováček, V. BIO-264, #135
Novák, D. TEC-314, #265
Novák, J. SOL-266, #357
Novák, L. TEC-166, #236
Novotný, C. SOL-356, #249
Novotný, L. MTC-374, #295 TEC-268, #171

O

Obdržálek, V. SOL-270, #162
Oliva, V. FRA-352, #267
Ondroušek, V. ... MTC-112, #258 MTC-272, #329
Ondrůšek, Č. MTC-328, #262 MTC-84, #257
Orság, Z. MTC-274, #163

P

Papuga, J. SOL-116, #138
Paseka, T. MTC-226, #161
Pásek, M. BIO-276, #233
Pečínka, L. REL-278, #179
Pejchal, P. SOL-280, #123
Pellant, K. BIO-50, #156
Pernes, P. MTC-274, #163
Pešek, L. DYN-282, #214
Petrtýl, M. BIO-146, #202
Petruška, J. DYN-136, #158 SOL-280, #123
SOL-30, #224
Piatsevich, S. FLU-284, #210
Pirner, M. DYN-286, #229
Pivokonský, R. ... FLU-58, #139
Plešek, J. SOL-190, #250
Pohanka, M. TER-288, #164
Pohl, K. REL-290, #125
Polach, P. DYN-292, #191 DYN-430, #226
DYN-86, #190
Popelka, L. FLU-294, #146
Porteš, P. DYN-296, #105
Pospíšil, S. DYN-178, #129 DYN-258, #310
DYN-260, #333 DYN-298, #101
Praks, P. REL-300, #127
Pražák, F. DYN-302, #307
Pražák, J. BIO-64, #201
Profant, T. FRA-304, #261 FRA-350, #124
Procházka, P.P. .. SOL-306, #324 SOL-308, #347
Prokeš, M. KEY-6, #306
Pulchart, J. MTC-310, #166 MTC-392, #133

R

Radolf, V. BIO-312, #273
Ramík, Z. TEC-314, #265
Richtr, K. TER-114, #290
Rohan, E. FLU-316, #192
Rojíček, J. SOL-72, #334
Rosenberg, J. BIO-264, #135 BIO-318, #106
Rozehnal, D. FLU-320, #173 FLU-98, #336
Růžička, J. SOL-234, #354
Růžička, M. SOL-116, #138 SOL-356, #249
Rypl, D. SOL-322, #291 SOL-340, #254
Řoutil, L. FRA-416, #153

S

Sedláček, R. BIO-138, #204
Sedlák, I. DYN-324, #143 SOL-162, #172
Schuster, M. FLU-326, #280
Singule, V. MTC-112, #258 MTC-328, #262
MTC-84, #257
Sivčák, M. DYN-330, #244
Smolík, J. MTC-100, #121
Sobotka, J. SOL-332, #232
Sochor, M. BIO-412, #284
Souček, P. DYN-334, #197
Soukup, J. DYN-430, #226
Studenovský, K. .. FLU-110, #348
Suchánek, J. BIO-64, #201
Suchánková, A. .. FLU-336, #205
Sulitka, M. MTC-374, #295
Svoboda, J. FRA-338, #115 SOL-116, #138
Svoboda, L. SOL-340, #254
Svoboda, R. DYN-342, #247
Sýkora, J. SOL-344, #180 SOL-432, #231
Šeděnková, H. ... DYN-346, #297
Šejnoha, J. SOL-402, #358
Šejnoha, M. SOL-134, #213 SOL-344, #180
SOL-402, #358 SOL-432, #231
Šestáková, L. FRA-348, #343
Ševeček, O. FRA-304, #261 FRA-350, #124
Šika, Z. MTC-374, #295
Šiková, I. FLU-378, #238
Šimek, O. FRA-352, #267
Šimurda, J. BIO-276, #233
Šklíba, J. DYN-330, #244 DYN-342, #247
KEY-2, #182 MTC-210, #183
Škopán, M. MTC-154, #152
Škuderová, A. DYN-104, #215

Šmilauer, V. SOL-354, #288
 Šolc, F. MTC-80, #309
 Španiel, M. SOL-150, #245 SOL-356, #249
 Šperl, M. FRA-358, #220
 Š.Pešková SOL-308, #347
 Štekl, M. BIO-360, #317 BIO-362, #340
 Štemberk, P. REL-364, #292 SOL-120, #293
 SOL-188, #235 SOL-390, #175
 Šulc, J. FLU-446, #154
 Švancara, P. BIO-366, #263 BIO-428, #239
 Švaříček, K. SOL-368, #330 SOL-370, #353
 Švehlák, M. FLU-372, #167
 Švéda, J. MTC-100, #121 MTC-374, #295
 Švígler, J. DYN-376, #256

T

Tajč, L. FLU-378, #238
 Tepke, D. G. REL-164, #185
 Tesar, V. FLU-380, #312 FLU-382, #335
 Tesker, E. REL-384, #328
 Tesker, S. REL-384, #328
 Tichý, P. BIO-138, #204 BIO-174, #136
 BIO-386, #289
 Tikalsky, P. J. REL-164, #185
 Tondl, A. DYN-388, #199
 Tran, Nam Thanh SOL-390, #175
 Treshev, V. REL-384, #328
 Turek, M. MTC-310, #166 MTC-392, #133
 Tůma, J. DYN-394, #322 REL-396, #345

U

Uruba, V. FLU-148, #209
 Urushadze, S. DYN-298, #101
 Urushadze, Sh. ... DYN-286, #229
 Úradníček, J. DYN-398, #255

V

Valach, J. FRA-400, #301 SOL-408, #296
 Valášek, M. MTC-100, #121 MTC-374, #295
 Valenta, R. SOL-402, #358
 Valenta, V. DYN-230, #189
 Vališ, D. MTC-404, #142
 Vampola, T. BIO-192, #145 BIO-312, #273
 BIO-406, #108

Vaněk, F. DYN-282, #214
 Vavřík, D. FRA-400, #301 SOL-408, #296
 Václavek, L. REL-410, #275 REL-70, #311
 Václavík, P. SOL-244, #219
 Válek, M.J. SOL-306, #324 SOL-308, #347
 Vejvustková, M. . BIO-412, #284
 Vejvoda, S. TEC-314, #265
 Veselý, J. DYN-282, #214 SOL-162, #172
 Veselý, S. TER-414, #148
 Veselý, V. FRA-416, #153
 Veverka, J. DYN-124, #110
 Věchet, S. MTC-186, #177 MTC-418, #168
 Vilímek, M. BIO-412, #284
 Vimmr, J. DYN-376, #256
 Vincour, D. SOL-420, #266
 Vlach, R. DYN-124, #110 MTC-182, #337
 MTC-422, #318 MTC-424, #341
 MTC-82, #332
 Vlasák, P. FLU-284, #210 FLU-426, #211
 Vlk, M. REL-228, #218 SOL-368, #330
 SOL-370, #353
 Vokáč, M. SOL-266, #357
 Vokřál, J. BIO-428, #239
 Volek, J. DYN-430, #226
 Vorel, J. SOL-344, #180 SOL-432, #231
 Vořechovský, M. . FRA-434, #102
 Votrubec, R. MTC-436, #271
 Vrbka, J. SOL-270, #162
 Vyčichl, J. BIO-438, #252
 Vykydal, Z. SOL-408, #296
 Vyšanská, M. SOL-152, #269

Y

Yakovlev, N. REL-384, #328
 Yiakoumi, A.E. .. SOL-306, #324

Z

Zachoval, D. DYN-144, #222
 Zavadil, R. KEY-6, #306
 Záda, V. MTC-440, #321 MTC-442, #344
 Zeman, J. SOL-204, #203
 Zeman, V. DYN-38, #281 DYN-444, #193
 Zubík, P. FLU-446, #154
 Žitný, R. BIO-130, #349
 Žmindák, M. SOL-54, #227

in
2006