

MTA-BME GÉPEK ÉS JÁRMŰVEK DINAMIKÁJA KUTATÓCSOPORT

STÉPÁN GÁBOR, az MTA rendes tagja

1111 Budapest, Műegyetem rkp. 5.

Tel: 463-1369, Fax: 463-3471, E-mail: stepan@mm.bme.hu

<http://www.mm.bme.hu/~gjd>

Beszámoló a 2008. évi tudományos tevékenységről

I. A kutatóhely fő feladatai a beszámolási évben

Gépek és járművek stabilitási- és rezgésvizsgálata kapcsán klasszikus sajátfrekvencia számítási algoritmusok továbbfejlesztése, a forgácsolás közben fellépő rezgések hatásainak vizsgálata, és a - rezgések kialakulásában kulcsszerepet játszó - kerék-talaj kapcsolat kísérleti modális analízise volt a három legfontosabb feladat. Ez utóbbi téma vizsgálata során egy olyan gumikerék modell is kifejlesztésre került, mely különösen pontosan írja le a kis sebességű manőverezés (pl. parkolás) során bekövetkező kerék deformációkat. Az eredmények az elektronikus menetstabilizáló rendszerek (ABS, ESP) továbbfejlesztése során hasznosulhatnak.

A elektronikus menetstabilizáló rendszerek és a modern fékberendezések *számítógépes szabályozással* működnek. A digitális hatásokhoz köthető nemlinearitások következtében kialakuló kaotikus rezgéseknek, valamint a digitális erőszabályozású robotok viselkedésének vizsgálata folytatódott a beszámolási évben. Az újonnan elért kísérleti eredmények igazolták az ún. „act-and-wait” típusú szabályozás hatékonyságát. Új kutatási terület a folytonos és diszkrét idejű szabályozó rendszerek együttműködése során adódó jelenségek modellezése.

Járműalkatrészek tönkremenetelének vizsgálata kapcsán az ún. Portevin-Le Chatelier hatás tanulmányozása folytatódott, termodinamikai megfontolások figyelembe vételével, továbbá az ún. képlékeny keményedés leírása kapcsán születtek új eredmények. A gyakorlatorientált kutatások az acélszerkezetek tönkremeneteli mechanizmusának vizsgálatára koncentráltak.

II. Az év folyamán elért kiemelkedő kutatási és más jellegű eredmények, azok gazdasági-társadalmi haszna

A közúti balesetek nagy része visszavezethető a járművek stabilitási problémáira, ezért a korszerű gépkocsikban biztonsági elektronikai rendszereket (ABS, ESP) használnak. Az ilyen rendszerek hatékony működése nagyban függ az alkalmazott kerékmodellről. 2008-ban folytatódott a kutatócsoport által korábban kifejlesztett gumikerék modell pontosítása. A kifejlesztett modell pontosabban írja le a kis sebességű manőverezés (pl. parkolás) során fellépő kerék deformációkat, így jobban tervezhető a jármű mozgásának pályája. Az új kerékmodell fejlesztése egy ismert járműdinamikai probléma, a kerékszitalás (simmi) alapján történik. Ezt a rezgő mozgást például bevásárlókocsi kerekeinél figyelhetjük meg, de ugyanúgy jelentkezik motorkerékpároknál és repülőgép orrfutóknál is. A korábban átépített kísérleti berendezés segítségével elkészült a kerékszitalás leírásához használt mechanikai modell kísérleti modális analízise a kerék gördülése közben. Az eredmények igazolják az

elméleti úton meghatározott rezgési frekvenciák jelenlétét és változását a vontatási sebesség függvényében. Az eredmények jelentősége abban áll, hogy segítségével az ABS és ESP rendszerek új generációja jöhet létre.

A 2007-től induló kutatási terv célul tűzte ki rúdszerkezetek sajátfrekvenciáinak közelítő számítására szolgáló algoritmus kidolgozását. A 2008-ban végzett kutatások eredményeképpen valamelyest csökkent a probléma kezelésének időigényessége, és előrelépés történt az említett eljárás és a Bosznay – féle módszer összekapcsolása terén.

A forgácsolási folyamat korábban felállított kontinuummechanikai modelljét kibővítve a munkadarab rezgéseit leíró differenciálegyenletekkel, vizsgálhatóvá váltak a munkadarab rezgéseinek a forgácsolás jellemzőire gyakorolt hatásai. Az eredmények összhangban vannak a korábbi kísérleti tapasztalatokkal. A felállított modell lehetővé teszi a technológiai folyamat lehetséges variációinak gyors áttekintését.

A gépek és járművek stabilitási- és rezgésvizsgálatával kapcsolatos eredményeket három fős csoport érte el, mindhárman a kutatócsoport tagjai. A ráfordítás becsült összege: kb. 9 Mft, 300 eFt pályázatból.

A beszámolási évben folytatódtak a digitálisan szabályozott rendszerek egyszerű modelljének tekinthető, többdimenziós mikro-káosz leképezések kaotikusságának bizonyítását célzó vizsgálatok: egy PD szabályozás esetében a digitális hatásokat figyelembe véve kétdimenziós, szakaszosan lineáris leképezés adódott. Ebben az esetben sikerült bizonyítani kaotikus megoldások létezését, és egy korábban már vizsgált, ún. differenciális szabályozásra vonatkozó káosz-bizonyítás részletes kidolgozása is megtörtént. Szabályozott nemlineáris dinamikai rendszerekben a folytonos és diszkrét idejű részek együttműködése során implicit anticipatív hatások merülhetnek fel, melyek vizsgálata a beszámolási évben kezdődött meg. Ezek a vizsgálatok elméleti alapot szolgáltatnak a korszerű szabályozási rendszerek továbbfejlesztéséhez.

2008-ban folytatódtak a 2007-ben megkezdett, a robotok digitális erőszabályozásának stabilitásával kapcsolatos kísérletek. Az eredmények a világon elsőként igazolták az alkalmazott „act-and-wait” (beavatkozok és várok) típusú szabályozás hatékonyságát. Az „act-and-wait” szabályozás lehetővé teszi az arányos szabályozási tényező jelentős növelését, mely a szabályozási hiba csökkenését vonja maga után.

A számítógépes szabályozással kapcsolatos eredményeket öt fő érte el, ebből három tagja a kutatócsoportnak. A ráfordítás kb. 12,4 Mft, pályázatból 1 Mft.

A Portevin-Le Chatelier hatást a szakirodalom két eltérő módon tárgyalja. A makroszkopikus tárgyalásmód nagyon hasonlít a kutatócsoportban alkalmazott, a dinamikai rendszerek elméletére alapozott vizsgálathoz. Emellett ismert egy diszlokációk mozgására épített magyarázat is. A 2008 évi kutatómunka során az eddigi eredmények pontosítása történt meg, termodinamikai megfontolások figyelembe vételével. A kutatás során elkezdődött a második főtétel és a negatív rate-dependence jelenség kapcsolatának vizsgálata.

Az anyagmodellezés terén a 2008. évben elért eredmények a képlékeny keményedés és a Ljapunov stabilitás összefüggésére vonatkoztak: megmutatják, hogy miként kell a konstitutív egyenletet egy stabil és a Drucker posztulátumot teljesítő anyag esetén felírni.

A csavarkihúzódasos kísérletek során a csavaros illetve szegecselt kapcsolatok legalapvetőbb elemeinek vizsgálata történt meg teherbírási állapotban. Az alkalmazott numerikus módszer más acél szerkezetekre is alkalmazható, amelyeknél a szakadási mechanizmust nagyon pontosan meg lehetett határozni. Ezen technika segítségével különböző acélszerkezetek

törését és tönkremenetelét lehet megjósolni.

A járműalkatrészek tönkremenetelével kapcsolatos eredményeket két fő érte el, mindketten a kutatócsoport tagjai. A ráfordítás kb. 7,5 MFt, ebből pályázati forrás 800 eFt.

III. Hazai és nemzetközi kapcsolatok bemutatása

- *Felsőoktatási kapcsolatok:* BME, Pécsi Tudományegyetem; Arisztotelész Egyetem, Thessaloniki; McGill University, Canada; University of Bristol, UK; Michigan State University, USA
- *Folyóirat szerkesztőbizottsági tagságok:* Periodica Polytechnica, Meccanica, J. Vibration and Control, J. of Nonlinear Science, J. of Computational and Applied Mechanics, Phil. Transactions of the Royal Society, Computers and Structures, Int. J. of Aerospace Engineering, Physica D, Mechanism and Machine Theory, Pollack Periodica
- *Konferencia bizottsági tagságok:* CASYS08
- *Tisztségek nemzetközi szervezetekben:* Secretary, IFToMM Technical Comm. of Nonlinear Oscillations; CISM Scientific Council; European Solid Mechanics Conference Committee, IUTAM Symposium Committee

IV. Fontosabb elnyert hazai és nemzetközi pályázatok rövid értékelése

Két folyamatban lévő és egy 2008-ban befejezett OTKA pályázat mellett folytatódott az EU FP6-os program keretében az ACROBOTER projekt. A nemzetközi részvétellel folytatott kutatás célja egy új típusú szervizrobot kifejlesztése. A projekttel kapcsolatos munka a tervezett ütemben halad.

V. Az év folyamán megjelent jelentősebb publikációk, szabadalmak és más bemutatható eredmények

- S. Roy, Szekeres A., Y. Wang, A. Nair: On solvent diffusion in a solid with large dilatation, COMPOSITES SCIENCE AND TECHNOLOGY, 68 (13): 2697-2704 (2008), IF: 2.171
- Takács D., Orosz G., and Stépán G.: Delay effects in shimmy dynamics of wheels with stretched string-like tyres, EUROPEAN JOURNAL OF MECHANICS A/SOLIDS, appeared online, (2008), doi:10.1016/j.euromechsol.2008.11.007, IF = 1.049
- Kovács LL, Kövecses J, Stépán G: Analysis of effects of differential gain on dynamic stability of digital force control, INTERNATIONAL JOURNAL OF NON-LINEAR MECHANICS 43: 514-520 (2008), IF = 1.249
- Takács, D., Stépán, G.: Experiments on quasi-periodic wheel shimmy, JOURNAL OF COMPUTATIONAL AND NONLINEAR DYNAMICS, accepted.
- Csernák G., Pálmai Z.: Exploration of the chaotic phenomena induced by fast plastic deformation of metals, INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY, 40: 270-276 (2009), IF: 0.378
- Iványi P. és Iványi M.: On the simulation of failure mechanisms in steel structures, ADVANCES IN ENGINEERING SOFTWARE, 2008. (publikálásra elfogadva) IF: 0.529
- Béda P.B., Béda Gy.: Conditional Lagrange derivative and its application, PAMM, 7 (1): 2090007-2090008 (2007) (elektronikus folyóirat, hozzáférhető 2008-tól)