

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 2007. évi tudományos tevékenységről

I. A kutatóhely fő feladatai a beszámolási évben

Járművek stabilitási- és rezgésvizsgálata kapcsán klasszikus sajátfrekvencia számítási algoritmusok továbbfejlesztése, illetve a műanyag alkatrészek viselkedésének leírásához új anyagmodell kidolgozása történt meg. A rezgések kialakulásában kulcsszerepet játszik a kerék-talaj kapcsolat. Ennek vizsgálata ígéretes eredményekhez vezetett, melyek 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 és az azok következményeképpen kialakuló kaotikus rezgések vizsgálata folytatódott a beszámolási évben. Digitális erőszabályozású robotok viselkedésének kísérleti és elméleti vizsgálatával kapcsolatban újabb eredmények születtek, melyek az ún. szervíz robotok (emberekkel együttműködő robotok) kifejlesztésében lesznek használhatók. A nemlineárisan viselkedő rendszerek kapcsán összegyűlt tapasztalatok alapján lehetőség nyílt a forgácsolás során bekövetkező kaotikus viselkedés tanulmányozására.

Folytatódott a *járműalkatrészek tönkremenetelének* vizsgálata is. Elméleti síkon az ún. Portevin-Le Chatelier hatás és az anyagi instabilitás elméletének a tanulmányozása történt meg, a gyakorlatorientált kutatások pedig a csavar- és szegecskigombolódás kísérleti 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. A kutatócsoportban kifejlesztett új gumikerék modell az eddig ismert modelleknél pontosabban írja le a gördülés során fellépő stabilitási problémákat. Az új kerékmodell fejlesztése egy ismert járműdinamikai probléma, a kerékszitalás (simmi) alapján történik. Ezt a rezgő mozgást hétköznapi rendszerességgel bevásárlókocsi kerekeinél figyelhetjük meg, de ugyanez a mozgás jelentkezik motorkerékpároknál és repülőgép orrfutóknál is. 2007-ben egy korábban készült kísérleti berendezés átépítése fontos és értékes mérési eredményeket eredményezett. Ezek alapján sikerült a kerékmodell úgy továbbfejlesztetni, hogy az elméleti és a gyakorlatban megfigyelt stabilitási határ minimális eltérést mutat. Az új kerékmodell

jelentősége abban áll, hogy segítségével az ABS és ESP rendszerek új generációja jöhet létre.

Jármű alkatrészek - melyek egyre nagyobb számban készülnek műanyagból - rezgéseinek pontos leírásához megfelelő anyagmodellekre van szükség. Az év első felében a lineáris viszkoelasztikus modell egyik vége-selemes számítási módszerének vizsgálata történt meg, mely annak igazolását és finomítását eredményezte. A csillapítás pontosabb meghatározásához törtrendű deriváltakat tartalmazó anyagmodellek alkalmazása kezdődött meg. Az első eredmények szerint a vége-selemes feladatok megoldásához általában használt eljárások elég hatékonyak, az irodalomban talált más lehetőségek csak egyes részfeladatok megoldásában gyorsabbak.

A 2007-től induló kutatási terv célul tűzte ki rúdszerkezetként modellezhető, végtelen szabadságfokú feladatok vizsgálatát. A kidolgozásra kerülő eljárás - mely sajátfrekvenciák közelítő számítására szolgál - alkalmazása két szempontból is nehézségekbe ütközik. Egyik a bonyolult matematikai modell kezelése, a másik az alsó és felső korlátok közötti egyre nagyobb távolság magasabb frekvenciák behatárolása esetén. A kutatások eredményeképpen valamelyest csökkent a probléma kezelésének időigényessége, és a frekvenciák behatárolásával kapcsolatos probléma vizsgálata is megkezdődött.

A járművek stabilitási- és rezgésvizsgálatával kapcsolatos eredményeket négy fős csoport érte el, mindannyian a kutatócsoport tagjai. A ráfordítás becsült összege: 11,6 MFt.

A mikro-káosz leképezés digitálisan szabályozott rendszerek egyszerű modelljének tekinthető. A leképezésnek tranziens kaotikus megoldásai is lehetnek, ami jelentősen növelheti a szabályozási időt. 2007-ben sikerült tisztázni a tranziensek időtartamát becsülő módszerek kiterjesztésének lehetőségeit. Folytatódtak a többdimenziós leképezések kaotikusságának bizonyítását célzó vizsgálatok is: egy PD és egy differenciális (D) szabályozás esetében a digitális hatásokat figyelembe véve kétdimenziós, szakaszosan lineáris leképezések adódnak. Mindkét esetben sikerült kimutatni kaotikus megoldások létezését, a differenciális szabályozás esetére a bizonyítás is elkészült. Ezek a vizsgálatok elméleti alapot szolgáltatnak a korszerű szabályozási rendszerek továbbfejlesztéséhez.

2007-ben a robotok digitális erőszabályozásának stabilitásával kapcsolatos korábbi elméleti eredmények kísérleti igazolása történt meg. A környezetét megérintő robot merevségének és a digitális mintavételezésnek a stabilitásra gyakorolt hatását modellezve, PD szabályozó alkalmazásával sikerült kimérni a rendszer stabilitási térképét a paraméterek függvényében. A kísérletek kapcsolódnak a 2007-ben indult ACROBOTER projekt munkájához. A kutatás célja egy új típusú szervizrobot kifejlesztése, mely hatékony akadálykerülő képességgel rendelkezik és a hétköznapi élet széles területén használható.

A beszámolási évben megtörtént a forgácsolási folyamat korábban felállított kontinuummechanikai modelljének kísérleti eredményekkel való összevetése. A kísérletek során folyóforgács, periodikus és aperiodikus forgács keletkezett. A modell – ezzel összhangban – fixpont jellegű, periodikus, illetve kaotikus megoldásokat szolgáltatott. A felállított modell lehetővé teszi a technológiai folyamat lehetséges variációinak gyors áttekintését.

A számítógépes szabályozással kapcsolatos eredményeket öt fő érte el, ebből három tagja a kutatócsoportnak. A ráfordítás kb. 9,6 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 2007 évi kutatómunka a két elmélet egyesítésére irányult. Az anyagi instabilitás vizsgálata során elkezdődött a dinamikai rendszerek stabilitási kritériumainak a variációs elvekhez kapcsolható alkalmazási lehetőségeinek keresése. Az új megközelítés alapján a szilárd kontinuumok feltételes variációs elv felhasználásával történő modellezése vált lehetővé az anyag stabilitásának feltételezése mellett.

A csavarkihúzódasos kísérletek során a jellemző törésképeket sikerült meghatározni a különböző csavar elrendezések esetén és a kapcsolódó anyagvizsgálatok is rendelkezésre állnak. Jelenleg a numerikus számítás kidolgozása van folyamatban. A legfőbb probléma a nem szokványos anyagmodell felállítása. Az eddigi modellel a szakadási kép megjósolható, de a kiszakadó erő kisebb mint a kísérleti eredmények. A kutatás végső célja a csavar kiszakadás mint jelenség jobb megértése és ennek következtében egy pontosabb modell kidolgozása az ellenőrző számításokra. Az eddig szerzett tapasztalatok segítettek más tönkremeneteli problémák megoldásában is.

A *járműalkatrészek tönkremenetelével* kapcsolatos eredményeket két fő érte el, mindketten a kutatócsoport tagjai. A ráfordítás kb. 6,6 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, Transactions of the Royal Society, Computers and Structures, Int. J. of Aerospace Engineering, Physica D, Mechanism and Machine Theory
- *Konferencia bizottsági tagságok:* CASYS07, CPEA 2007, MaMeK 2007
- *Tisztségek nemzetközi szervezetekben:* Secretary, IFToMM Technical Comm. of Nonlinear Oscillations; CISM Scientific Council; European Solid Mechanics Conference Committee

IV. Fontosabb elnyert hazai és nemzetközi pályázatok rövid értékelése

Három folyamatban lévő OTKA pályázat mellett elkezdődött 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

- Béda PB: On dynamical systems at the Portevin-Le Chatelier effect, *Key Engineering Materials*, **340 – 341**, pp. 301-306, 2007 (IF=0.224)
- Csernák G, Stépán G, Shaw SW: Sub-harmonic Resonant Solutions of a Harmonically Excited Dry-friction Oscillator, *Nonlin. Dynamics*, **50**, pp. 93-109, 2007 (IF=0.902).
- Topping BHV, Ivanyi P: Computer Aided Design of Cable-Membrane Structures, Saxe-Coburg Publications, Stirling, 2007.
- Kovecses J, Kovacs LL, Stepan G: Dynamics modeling and stability of robotic systems with discrete-time force control, *Archive of Applied Mechanics*, **77**, pp. 293-299, 2007 (IF = 0.59).
- Takács D, Stépán G, Hogan SJ: Isolated large amplitude periodic motions of towed rigid wheels, *Nonlinear Dynamics*, appeared online, DOI: 10.1007/s11071-007-9253-y, 2007. (IF=0.902).