

**A KUTATÁSI TÉMA  
2006. ÉVI  
SZAKMAI ZÁRÓJELENTÉS**

Témavezető neve: **Dr. Baranyi László**

A téma címe: **Nem áramvonalas alakzatok körül kialakuló háromdimenziós áramlás elméleti és numerikus vizsgálata**

A téma nyilvántartási száma: **T 042961**

A kutatás időtartama: **2003-2006**; a témavezető kérésére 2007. június 30-ig meghosszabbítva  
(KO-19420/2006 sz. levélben engedélyezve)

**ELŐZMÉNYEK**

A nem áramvonalas testekről leváló örvények egy periodikusan változó gerjesztést adnak a testnek. Amennyiben a rendszer csillapítása kicsi és az örvényleválás frekvenciája közel esik a rendszer sajátfrekvenciájához, akkor nagy amplitúdójú rezgések jöhetnek létre, amelyek a szerkezet meghibásodásához vezethetnek. A rezgési amplitúdó egy kritikus értéke fölött az örvényleválás frekvenciája szinkronizálódik a szerkezet rezgési frekvenciájával. Ezt a jelenséget a szakirodalomban elterjedten 'lock-in'-nek nevezik. A szélnek kitett szerkezetekről periodikusan leváló örvények romboló hatásának egyik klasszikussá vált példája a Tacoma Narrows nevű függőhíd összeomlása 1940-ben az USA-ban. A folyadékáramlásba helyezett műanyag hőmérőtokokról leváló örvények által keltett periodikus terhelés vezetett az egyik tok kifáradásához és megrepedéséhez a japán Monju atomerőműben 1995-ben. E meghibásodás miatt nagy mennyiségű primer hűtőközeg került ki a rendszerből és az atomerőművet le kellett állítani. A szerkezetek örvényleválás által keltett rezgése sok más esetben is problémát okozhat, például kéményeknél, silóknál, magas karcsú épületeknél, stb. Ez a jelenség okozza a hőcserélőkben lévő csövek rezgését és így a hőcserélők zajos üzemét is. A nem áramvonalas testek körüli áramlás valamint a szerkezet kölcsönhatást még ma sem ismerjük tökéletesen, így jelenleg is kutatók ezrei foglalkoznak e téma elméleti és kísérleti vizsgálatával.

A témavezetőnek két éves Japán-beli tartózkodása (1995-1997) során lehetősége nyílt, hogy a jelen pályázati anyag témájának elméleti, kísérleti és számítástechnikai alapjait megismerje. A témavezető az 1999-2002. időszakra OTKA támogatást nyert a rúd- és kötél szerkezetek körüli periodikus áramlási jelenségek számítására. Az alapkutatás kategóriájába tartozó pályázat keretében kifejlesztettünk egy számítógépes eljárást a sűrűdásos folyadék homogén párhuzamos áramlásába helyezett álló vagy rezgőmozgást végző körhenger körüli kétdimenziós (2D), instacionárius, kis Reynolds számú áramlás számítására. A kutatási munka minősítése "jól megfelelt" volt. A megkezdett munkát folytattuk a 4 évre (2003-2006) elnyert jelen, T 042961 számú projekt keretében, amely szintén alapkutatásnak tekinthető. Mivel a munkát nem sikerült 2006. év végére befejezni, így 6 hónapos halasztást kértünk és kaptunk az OTKA Irodától.

A pályázati tervekben eredetileg a témavezetőn kívül négy tanszéki (ME Áramlás-és Hőtechnikai Gépek Tanszéke) kutató szerepelt: Farkas András tanszéki mérnök, Dr. Janiga Gábor tanársegéd, Dr. Schifter Ferenc főiskolai docens és Dr. Tolvaj Béla egyetemi docens. Sajnos röviddel a projekt beindulása után a fiatal tehetséges kollégánk, Dr. Janiga Gábor, kilépett a projektből, mert egy német egyetemen kezdett el dolgozni. Ez jelentős veszteséget jelentett, amelyet nem tudott ellensúlyozni az sem, hogy 2004 őszétől Ujvárosi Sándor doktorandusz hallgató csatlakozott a projekthez.

A projekten belüli nagy volumenű számítások elvégzéséhez 3 db Pentium számítógépet terveztünk be és vásároltunk meg, amelyek beszerzése – a hosszú átfutási idő miatt – általában a kissé

késve, a következő év januárjában realizálódott. Emellett terveztük még egy “Scientific Word 4.0” szoftver beszerzését is, amit a megváltozott körülményekre való tekintettel az OTKA Iroda engedélyével egy szünetmentes táp beszerzésére változtattunk. A költségek másik jelentős részét a külföldi konferenciákra való részvétel költségei jelentették. A külföldi utazások nagy segítséget nyújtottak ahhoz is, hogy hozzáférhessünk a legújabb szakirodalmi eredményekhez, amelyekre Magyarországon a rendelkezésre álló keretek szűkös volta miatt nem volt lehetőség. Ezek az intézmények ’on-line’ könyvtárral rendelkeznek.

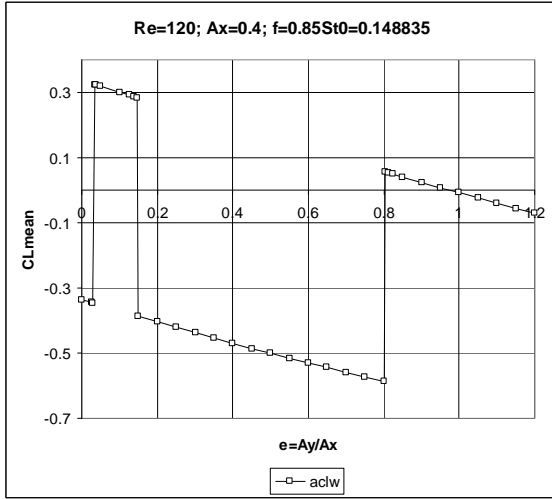
## A KUTATÓMUNKA EREDMÉNYEI

“**Ugrások**”. Mint ahogy az a közlemények jegyzékéből látszik, a munkatervben vállaltakhoz képest a kutatási irány kissé eltolódott, és más, előre nem látható területeken is kiemelkedő, a szakirodalomban nem megtalálható eredményeket sikerült elérni. Egy érdekes, a szakirodalomban nem publikált jelenséget találtunk, amikor a párhuzamos áramlásba helyezett, kétirányú harmonikus rezgőmozgásból nyerhető ellipszis pályán mozgó henger körüli kis Reynolds számú ( $Re \leq 300$ ) áramlást vizsgáltuk. Rögzített  $Re$  Reynolds szám,  $A_x$  ellipszis nagytengely és  $f$  henger rezgési frekvencia mellett ábrázolva henger  $C_L$  felhajtóerő-tényezőjének,  $C_D$  ellenállás-tényezőjének,  $C_{pb}$  hátsó nyomástényezőjének és  $t_q$  nyomatéki tényezőjének időátlagát és  $rms$  értékét (azaz az oszcilláló jel amplitúdójára jellemző effektív középértéket) az  $e = A_y / A_x$  ellipticitás függvényében ( $0 \leq e \leq 1,2$ ) valamennyi görbén ugyanazon az  $e$  értékeknél meredek, ugrásszerű változás mutatkozott, a henger bolygómozgásának irányától függetlenül. Itt  $A_y$  az ellipszis kistengelyét jelenti. Egy tipikus példát mutat erre az óramutató járásával ellentétes irányban keringő henger esetén az 1. ábra, ahol  $Re=120$ ,  $A_x=0,4$ ,  $f=0,85St_0$  paraméterek mellett (ahol  $St_0$  az álló hengerre vonatkozó dimenziótlan örvényleválási frekvencia vagy Strouhal szám  $Re=120$  esetén) a felhajtóerő-tényező  $\overline{C_L}$  időátlagát ábrázoljuk az  $e$  ellipticitás függvényében. Az ábrán három ugrás látható. Mind az alsó, mind a felső görbe mentén - nevezzük őket a továbbiakban *állapotgörbéknek* – a függvény értéke közel lineárisan csökken  $e$  növekedésével, az irántangensük is közel azonos, így a két görbe közti távolság is közel állandó. A [5], [6] és [29] dolgozatokban megmutattuk, hogy a  $C_L$  felhajtóerő-tényező időbeli változása az ugrás előtti és utáni  $e$  ellipticitás értékek esetén jelentősen különbözik egymástól, amely az örvényleválás szerkezetének megváltozására utal.

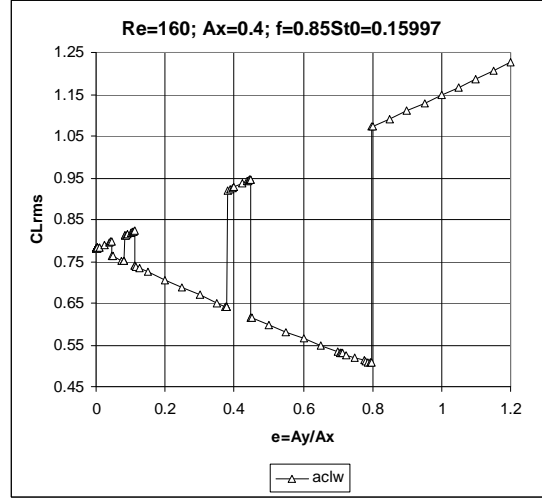
Egy másik példát mutat a 2. ábra, ahol a  $C_{Lrms}$  látható az  $e$  függvényében az  $Re=160$ ;  $A_x=0,4$ ;  $f=0,85St_0=0,15997$  paraméterek rögzített értékei mellett. Ugyanúgy, mint e tanulmány további részében is, az adatrendszer úgy választottuk meg, hogy a teljes vizsgált  $[0; 1,2]$  ellipticitás intervallumban fennálljon a lock-in jelenség (szinkronizálódás a hengermozgás és az áramlás között). Látható, hogy az ábrán 6 különböző  $e$  értéknél változik meg ugrásszerűen a  $C_{Lrms}$  érték. Úgy tűnik, hogy itt is két állapotgörbe van, és a megoldás bizonyos  $e$  értéknél egyikről „átugrik” a másik görbére, majd  $e$  változtatásával egy további  $e$  értéknél „visszaugrik” arra az állapotgörbére, amelyen a korábbi  $e$  értéknél volt. E két állapotgörbének az  $e=0$  értéknél közös pontja van, és  $e$  növelésével a két görbe egyre távolodik egymástól. Ez a megfigyelés az általunk eddig vizsgált mintegy 100 eset alapján alakult ki, és az említett ellipticitás tartományra vonatkozik. Minden esethez 40-80 számítást kellett elvégezni az ugrások helyének meghatározásához (az ábrákon egy számításhoz egy jel tartozik; az OTKA projektből vásárolt számítógépek éjjel-nappal működnek).

Vizsgálataink során azt találtuk, hogy a  $\overline{C_L}(e)$  és  $\overline{t_q}(e)$  állapotgörbéi az 1. ábrán bemutatott esethez hasonlóak (közel párhuzamos 2 görbe), míg a  $\overline{C_D}$ ,  $\overline{C_{pb}}$ ,  $C_{Lrms}$ ,  $C_{Drms}$ ,  $C_{pbrms}$  és  $t_{qrms}$  értékekhez tartozó állapotgörbék a 2. ábrán vázolt típusba tartoznak (közös pont az  $e=0$  értéknél). Az egy

adatrendszerhez ( $Re$ ,  $A_x$ ,  $f$  rögzített) tartozó fenti 8 mennyiséghez tartozó állapotgörbék közös jellemzője, hogy a két állapot közötti ugrások helye és száma azonos.



1. ábra:  $\overline{C}_L$  az  $e$  függvényében



2. ábra:  $C_{Lrms}$  az  $e$  függvényében

Természetesen a négy paraméter időátlagában ill. *rms* értékében adott ellipticitású helyeken fellépő ugrások csak egy jelenség tünetei. Az ugrások okának kiderítése céljából felrajzoltuk az egyes mennyiségek időbeli változásait közvetlenül az ugrások előtti és utáni ellipticitás-értékek esetén és azt tapasztaltuk, hogy az  $e$  értékének kis megváltoztatása nagyon erős változást okozhat a  $C_L(t)$  felhajtóerő-tényezőben: az ugrás utáni jel közel tükörképe az ugrás előttiének, azaz közel  $180^\circ$ -os fázisszög eltolódás van a két jel között. Ebből úgy tűnik, hogy az örvénystruktúra ugrásszerű változást szenved az adott kritikus  $e$  értéken való áthaladáskor. A párhuzamos áramlásba helyezett keresztirányban rezgetett henger esetén ehhez hasonló eredményt kapott Blackburn and Henderson (1999; *Journal of Fluid Mechanics* **385**, pp. 255-286). Az egyes paraméterek ( $Re$ ,  $A_x$ ,  $f$ ) hatását az állapotgörbékre a [6], [13] és [26] dolgozatok mutatják be.

**Energiacsere.** A jelenség további vizsgálatához kiterjesztettük a henger keresztirányú rezgetése esetén a – periodikus áramlás esetén értelmezett – folyadék és henger közötti energiacsere jellemző (Blackburn és Henderson, 1999) által bevezetett  $E$  mechanikai energiaátadási tényező definícióját ellipszis pályán mozgó hengerre, [20]. A Green tétel felhasználásával azt kaptuk, hogy

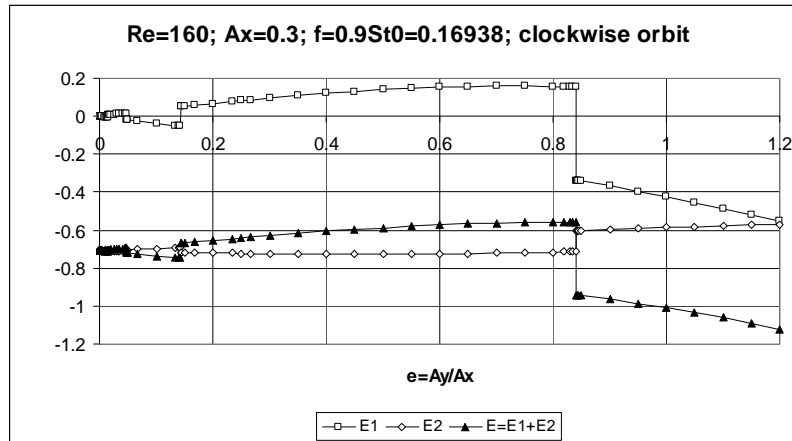
$$E_1 = \int_0^T C_L(t) \dot{y}_0(t) dt = \oint C_L d y_0 = -\oint y_0 d C_L = \frac{1}{2} \left( \oint C_L d y_0 - \oint y_0 d C_L \right),$$

$$E_2 = \int_0^T C_D(t) \dot{x}_0(t) dt = \oint C_D d x_0 = -\oint x_0 d C_D = \frac{1}{2} \left( \oint C_D d x_0 - \oint x_0 d C_D \right),$$

$$E = E_2 + E_1,$$

ahol  $E_1$  a henger keresztirányú, az  $E_2$  a hosszirányú elmozdulás-komponensből származó, egy örvényleválási ciklusra vett energia átadási tényező, míg az  $E$  teljes energiaátadási tényező. Az egyenletekre tekintve látható, hogy a  $(y_0(t), C_L(t))$  és  $(x_0(t), C_D(t))$  ún. határciklusokból az  $E_1$ ,  $E_2$  és  $E$  értékei képezhetők. Az energiacsere akkor tekintjük pozitívnek, ha a hengeren történik a munkavégzés, azaz ha a folyadék energiát ad át a hengernek, és negatívnek, ha a henger ad át energiát

a folyadéknak. Az  $E_1$  és  $E_2$  mennyiségek geometriai jelentése az  $(y_0, C_L)$  ill.  $(x_0, C_D)$  határciklusok által határolt előjelhelyes terület. Bármely mennyiség akkor pozitív, ha a hozzá tartozó határciklus görbéje az óramutató járásával megegyező irányítású. A 3. ábrán az óramutató járásával ellenkező irányban mozgó hengerre vonatkozó  $E_1$ ,  $E_2$  és  $E = E_1 + E_2$  energiaátadási tényezők láthatók az  $e$  függvényében. Az állapotgörbék mindegyike azonos típusú az 1. ábrán bemutatott típussal. Az ábráról látható, hogy  $E_1$  pozitív és negatív is lehet,  $E_2$  és  $E$  azonban minden  $e$  értéknél negatív, tehát összességében mindig a henger ad át energiát a folyadéknak.



3. ábra:  $E_2$  és  $E = E_1 + E_2$  energiaátadási tényezők  $e$  függvényében

**Ugrás előtti és utáni és egyéb jellemzők vizsgálata.** Az ugrás környezetét több aspektusból is megvizsgáltuk. Több esetben végeztem számításokat közvetlenül az ugrás előtti és utáni  $e$  ellipticitás értékekre. Miután a jelek periodikussá váltak, megnéztük, hogyan alakulnak az erőtényezők ( $C_L$ ,  $C_D$ ) és henger kereszt- és hosszirányú elmozdulásaiból  $(x_0, y_0)$  képzett határciklusok. Megvizsgáltuk a felhajtóerő és a henger keresztirányú elmozdulása között mérhető fázisszöveget, valamint a henger azonos helyzetében az ugrást közrefogó  $e$  értékekhez tartozó áramképeket. Mindhárom vizsgálat során nagyon érdekes eredményeket kaptunk, amelyek részletes leírása a [20], [27], [29] és [30] dolgozatokban található. Néhány eredményt röviden bemutatunk a teljesség igénye nélkül. Az ugrás előtti és utáni  $e$  értékekhez tartozó

- $(y_0, C_L)$  határciklus görbék jelentős mértékben különböznek egymástól,
- $(x_0, C_D)$  határciklus görbék alig különböznek egymástól,
- $y_0(t)$ ,  $C_L(t)$  között mérhető  $\Phi_L$  fázisszögek közel  $180^\circ$ -al különböznek egymástól,
- ugyanolyan henger-helyezethez tartozó áramképek közel egymás tükörképei,
- $E_1$  energiaátadási tényezők ellenkező előjelűek

A teljes  $e$  tartományra vonatkozó egyéb vizsgálatok kimutatták, hogy

- 1) ha  $E_1$  pozitív (az  $(y_0, C_L)$  határciklus óramutató járásával egyező irányítású), akkor  $\Phi_L \approx 180^\circ$ ,  
ha  $E_1$  negatív (az  $(y_0, C_L)$  határciklus óramutató járásával ellentétes irányítású), akkor  $\Phi_L \approx 0^\circ$ .
- 2) A henger kezdeti helyzete
  - a) nem változtatja meg a korábban említett határgörbéket,
  - b) de megváltoztatja a két megoldás közötti ugrások helyét és számát (tehát csupán a kezdeti feltétel megváltoztatásával egy teljesen különböző megoldást kaphatunk).

**A kettős megoldás vizsgálata a megoldás tükrözésével (flipping).** A kettős megoldás alátámasztására vonatkozó vizsgálatainkat kiterjesztettük a megoldás tükrözésével (flipping) nyert megoldásra. Az erre vonatkozó kezdeti eredményeket a [25] dolgozat tartalmazza.

**Hőátadás fűtött körhenger és az áramló közeg között.** Az áramlásra felírt alapegyenleteinket kényszer konvekció feltételezése mellett (így a Navier-Stokes egyenletekben nem szerepel a hőmérsékletváltozás okozta felhajtóerő) kiegészítettük az energiaegyenlettel s az új egyenletrendszer hasonlóan oldottuk meg, mint az áramlásra vonatkozó egyenleteket, [2]. A henger felületén az első torlópontban maximális az Nu értéke, mivel itt a legvékonyabb az áramlási határréteg. A határréteg vastagságának növekedésével az Nu meredeken csökken, és minimumát az örvények leválásának környezetében éri el. Az Nu henger menti eloszlását a egy teljes örvényleválási ciklus különböző fázisaiban is megvizsgáltuk és azt kaptuk, hogy a különböző időpontokhoz tartozó görbék közötti különbség a Reynolds szám növelésével nő, [2]. A Nusselt szám felületi és időbeli átlagolása után nyert értékét összehasonlítottuk a Reynolds szám függvényében adott, kísérleti úton nyert értékekkel és nagyon jó egyezést tapasztaltunk a vizsgált ( $50 \leq Re \leq 180$ ) tartományban, [2].

**Elméleti összefüggések származtatása.** A tompa testekről leváló örvények, mint tudjuk, gyakran a szerkezet rezgéséhez vezethetnek. Ilyenkor a test körüli áramlás számításához célszerű a gyorsuló mozgást végző testhez kötött, un. nem-inercia rendszerben megoldani az áramlás alapegyenleteit, mivel így elkerülhető annak szükségessége, hogy minden egyes időlépcsőben új számítási hálót kelljen generálni. Ugyanez a feladat megoldható úgy is, hogy a test egy inercia rendszerben van rögzítve, és a körülötte kialakuló áramlást választjuk meg úgy, hogy az kinematikailag ugyanaz legyen, mint a gyorsuló mozgást végző testhez kötött nem inercia-rendszerben észlelhető un. relatív áramlás. Megjegyezzük, hogy ebben az esetben a két áramlás kinematikailag azonos, dinamikailag azonban különböző, tehát a két esetben a testre ható erők nem egyeznek meg egymással. A kutatócsoport kidolgozott egy elméletet, amely tetszőleges keresztmetszetű henger körüli kétdimenziós, kis Reynolds számú áramlások esetén kapcsolatot teremt a fent említett két esetben értelmezhető felhajtóerő- és ellenállástényező között. Az elméleti vizsgálat eredményeit a magas szakmai színvonalat képviselő *Journal of Fluids and Structures* c. folyóiratban publikáltuk, [12]. A témavezető e témából Stockholmban a Royal Institute of Technology-n és Japánban a Nagaoka University of Technology oktatóinak és PhD hallgatóinak előadást is tartott, [7], [16].

**A számítógépes eljárás továbbfejlesztése, lock-in vizsgálatok.** A számítógépes teljesítő képesség jelentős növekedése lehetővé tette a számítások pontosabbá tételét. A számítási tartományt megnöveltük ( $R_2/R_1$  értékét 30-ról 40-re változtattuk), csökkentettük az egyenletrendszer iteratív megoldására vonatkozó maradéktagot és tovább finomítottuk a számítási hálót is. Számos más eljárással nyert eredményekkel történő összehasonlítást tartalmaz a [29] dolgozat, ahol az álló, hossz- és keresztirányban rezgetett, ill. a körpályán mozgó hengerre vonatkozó számítások a szakirodalomban található eredményekkel igen jó egyezést mutatnak. Ugyanebben a dolgozatban található egy keresztirányban rezgő hengerre vonatkozó összehasonlítás két különböző számítási háló és időlépcső esetén. A  $481 \times 283$  pontból álló háló és  $\Delta t = 0.00025$  dimenziótlan időlépcső esetén nyert eredményeket hasonlítottuk össze a  $301 \times 177$  pontból álló háló és  $\Delta t = 0.0005$  értékpárhoz tartozó eredményekkel és kiváló egyezést találtunk, így a kisebb számítási időt igénylő kevésbé finom rács is megbízhatóan használható. Az eredmény nagyon jól egyezik Lu és Dalton (1996, *Journal of Fluids and Structures* **10**, pp. 527-541) vonatkozó számítási eredményével is [29]. Számítási eredményeinkből nyert áramképeket összevetettük kis Reynolds számú áramlás megjelenítéses fotókkal is, és nagyon jó egyezést tapasztaltunk, [24]. A részletek elhagyásával szeretnénk megemlíteni, hogy az ellipszis pályán mozgó henger esetén rögzített  $Re$ ,  $A_x$  és  $f$  esetén az  $A_y$

keresztirányú amplitúdó változtatásával vizsgáltuk a hengermozgás és az áramlás szinkronizálódásának (lock-in) kezdetét, [8].

**Négyszög és gyűrű keresztmetszetű testek körüli áramlás vizsgálata.** Egy négyzet keresztmetszetű henger körüli különböző megfűvási szöghöz tartozó megoldásait vizsgálta [24] (amely témából egy másik előadást is tartott, [32]) a FLUENT kereskedelmi szoftver felhasználásával. Sajnos annak ellenére, hogy ez volt a PhD kutatási témája, csak igen kevés eredményt tudott felmutatni ezen a téren, aki a 3 év letelte után disszertáció elkészítése nélkül hagyta el az egyetemünket. Értékesebb Enomoto és szerzőtársai [22] sebességmérőként használható gyűrűs test körüli áramlásra vonatkozó, ugyancsak FLUENT-el történt vizsgálata, amely során különböző Reynolds számok esetén háromféle turbulencia modell alkalmazása mellett nyert eredményeket hasonlítottuk össze a Nagaokai Műszaki Egyetemen (NUT) végzett mérések eredményeivel. További kutatások folytak a párhuzamos áramlásba helyezett, rugalmasan felfüggesztett négyszög keresztmetszetű henger körüli áramlás kísérleti és numerikus vizsgálatára az NUT kutatógárdájával közösen. A keresztmetszet oldalirányának és a megfűvási szög hatását vizsgálják a [9] és [10] dolgozatok. Az elektronikus úton történő folyamatos kapcsolat-tartáson túl témavezetőnek az 1995-97. évi alkalmazása után többször is volt lehetősége hosszabb-rövidebb időt eltöltenie az intézetben, és azóta is kutatási kapcsolatban állunk a japán féllel, beleértve a hallgatócserét is.

**Csőköteges hőcserélők rezgési jelenségei.** Schifter didaktikusan felépített, jól követő stílusban elkészített három kötetes oktatási segédletében, [11], [17] és [31], részletesen leírja a hőcserélők csövei és az áramló közeg közötti hőátadás és a csőköteges hőcserélők rezgési viszonyait. Az első rész a csőköteges hőcserélők hőátadási jelenségeivel és a rezgéstani alapokkal foglalkozik. A második részben megismerkedhetünk a csillapított rezgéssel és speciálisan a hőcserélő csőkötegek rezgési jelenségeivel, majd a harmadik részben a szerző tovább folytatja az örvénygerjesztés különböző mechanizmusainak leírását, ill. bemutatja, hogyan lehet a fellépő káros hatásokat már a tervezés fázisában csökkenteni. Ezek az anyagok főleg idegen nyelvű könyvek alapján készültek, és olyan információkat is tartalmaznak, amelyek magyar nyelven nem elérhetők. A csőköteges hőcserélők előtérbe helyezését éppen az energetikai mérnöki szakok és szakirányok indokolják.

**Három-dimenziós áramlás vizsgálata.** A szakirodalom alapos áttanulmányozása után levezettük a 3D áramlásra vonatkozó egyenleteket és peremfeltételeket, majd kidolgoztuk a kapcsolódó numerikus eljárást. Az eljárás programozása során kiderült, hogy a tervezettnél nagyobb volumenű munkára van szükség. Mivel tudományos szempontból az ellipszis pályán mozgó henger esetében tapasztalt új jelenség vizsgálata sokkal érdekesebb, mint a 3D eljárásé (számos 3D eljárás létezik), másrészt az új jelenség vizsgálata nem igényli a 3D eljárást, így a kutatás súlypontja eltolódott az új, általunk felfedezett jelenség kutatása irányába. Az eredményeinket közlésre elfogadta a szakmában igen rangos Journal of Fluids and Structures c. folyóirat, amellet számos konferencián is ismertettük a kutatás különböző részeredményeit.

Bár nem minden kitűzött célt sikerült maradéktalanul megvalósítani, egyes területeken messze túlszárnyaltuk a terveket. Úgy érezzük, hogy az OTKA projekt keretében egy új jelenség felfedezése kapcsán nagyon értékes eredmények születtek. Ezt mutatja, egyrészt az, hogy a magas presztizsű, szűk körű specialisták részére szervezett konferenciákra elfogadták előadásainkat, másrészt, négy impakt faktoros dolgozatot sikerült publikálnunk. A témavezető ebből a kutatási témából készítette habilitációs téziszüzetét is, amelyet nemrégiben nyújtott be a Miskolci Egyetemre. A témavezető itt szeretne köszönetet mondani az OTKA támogatásért.

### Közlemények jegyzéke

1. Baranyi, L.: Numerical simulation of flow past a cylinder in orbital motion, Proc. Conference on Modelling Fluid Flow, Budapest, Vol. 1, pp. 365-372, 2003.
2. Baranyi, L.: Computation of unsteady momentum and heat transfer from a fixed circular cylinder in laminar flow, Journal of Computational and Applied Mechanics, Vol. 4, No. 1, pp.13-25, 2003.
3. Baranyi, L.: Numerical simulation of momentum transfer from stationary and oscillating cylinders, lecture, Nagaoka University of Technology, Japan, 2003.
4. Baranyi, L.: Numerical simulation of momentum transfer from cylinder in orbital motion, lecture, Nagaoka University of Technology, Japan, 2003.
5. Baranyi, L.: Numerical simulation of flow past a cylinder in orbital motion, Journal of Computational and Applied Mechanics, Vol. 5, No. 2, pp. 209-222, 2004.
6. Baranyi, L.: Sudden jumps in time-mean values of lift coefficients for a circular cylinder in orbital motion in a uniform flow, Proc. 8<sup>th</sup> Conference on Flow-Induced Vibration, Paris, Vol. 2, pp. 93-98., 2004.
7. Baranyi, L.: Relationships between lift and drag coefficients in inertial and non-inertial systems, lecture, Nagaoka University of Technology, Japan, 2004.
8. Baranyi, L., Lakatos, K.: Computational fluid dynamics analysis of low Reynolds number flow around stationary and oscillating cylinders, Proc. 4<sup>th</sup> Int. Engineering Conference, Mansoura-Sharm El-Shiekh, Egypt, Vol. 1, pp. 459-465, 2004.
9. Koide, M., Kubo, Y., Takahashi, T., Baranyi, L., Shirakashi, M.: The vibration response of a cantilevered rectangular cylinder in cross-flow oscillation, Trans. ASME, Journal of Fluids Engineering, Vol. 126, pp. 884-887, 2004.
10. Koide, M., Takahashi, T., Baranyi, L., Shirakashi M.: Effect of slenderness and attack angle on cross-flow oscillation of a rectangular cylinder supported by cantilever in uniform flow (in Japanese), JSME Fluids Engineering Meeting, Kyushu, Japan, on CD ROM, paper 437, pp. 1-4, 2004.
11. Schifter F.: Csököteges hőcserélők rezgési jelenségei. I rész, ME Áramlás-és Hőtechnikai Gépek Tanszéke, Miskolc (oktatási segédlet), 1-18. o., 2004.
12. Baranyi, L.: Lift and drag evaluation in translating and rotating non-inertial systems, Journal of Fluids and Structures 20(1), pp. 25-34, 2005.
13. Baranyi, L.: Abrupt changes in the root-mean-square values of force coefficients for an orbiting cylinder in uniform stream, Proceedings of the 4<sup>th</sup> Symposium on Bluff Body Wakes and Vortex-Induced Vibrations, Santorini, Greece, pp. 55-58, 2005.
14. Baranyi, L.: Numerical simulation of flow past a stationary and an orbiting cylinder, lecture, University College London, UK, 2005.
15. Baranyi, L.: Henger körüli áramlások numerikus vizsgálata, felkért előadás, Tudományos Emlékülés, Miskolc, 2005.
16. Baranyi, L.: Force coefficients in inertial and non-inertial systems, lecture, Royal Institute of Technology, Sweden, 2005.
17. Schifter F.: Csököteges hőcserélők rezgési jelenségei. II. rész, ME, Áramlás-és Hőtechnikai Gépek Tanszéke, Miskolc (oktatási segédlet), 1-16. o., 2005.
18. Ujvárosi S., Baranyi L.: Hengeres testek körüli súrlódásos áramlások számítógépes megjelenítése, Doktoranduszok Fóruma, Miskolc, 227-232. o., 2005.
19. Baranyi L., Lewis, R.I.: Comparison of a grid-based CFD method and vortex dynamics predictions of low Reynolds number cylinder flows, The Aeronautical Journal 110(1103), pp. 63-71, 2006.
20. Baranyi, L.: Energy transfer between an orbiting cylinder and moving fluid, PVP2006-ICPVT-11 ASME Pressure Vessels and Piping Division Conference, Vancouver, Canada, on CD ROM, pp. 1-10, ISBN 0-7918-3782-3, 2006.
21. Baranyi, L.: Henger körüli instacionárius áramlás numerikus számítása álló, rezgő és ellipszis pályán mozgó henger esetén, A Magyar Tudomány Ünnepe. Áramlástan Numerikus Módszerei: Elmélet és Alkalmazások Konferencia, Győr, 2006.
22. Enomoto, S., Baranyi, L., Ujvárosi, S., Takahashi, T., Shirakashi, M.: Numerical visualisation of cylinder flows, MicroCAD 2006, International Computer Science Conference, Miskolc, Session E, pp. 7-12, 2006.
23. Lewis, R.I., Baranyi, L.: Vortex dynamics and grid-based simulations for low Reynolds number flow past a cylinder, Conference on Modelling Fluid Flow, Budapest, Vol. 1, pp. 185-192, 2006.
24. Ujvárosi, S., Baranyi, L.: Numerical visualisation of cylinder flows, MicroCAD 2006, International Computer Science Conference, Miskolc, Session E, pp. 67-72, 2006.

25. Baranyi, L.: State curves and flipping for an orbiting cylinder at low Reynolds numbers, IUTAM Symposium on Unsteady Separated Flows and Their Control. Corfu, Greece, on CD ROM, pp. 1-10, 2007.
26. Baranyi, L.: Orbiting cylinder at low Reynolds numbers, IUTAM Symposium on Unsteady Separated Flows and Their Control. Corfu, Greece, on CD ROM, pp. 1-5, 2007.
27. Baranyi, L.: Ellipszis pályán mozgó henger körüli kis Reynolds számú áramlás numerikus vizsgálata, Alkalmazott Matematikai Lapok (közlésre elfogadva), 2007.
28. Baranyi, L.: Mozgó henger körüli lamináris áramlás vizsgálata, ME, Áramlás-és Hőtechnikai Gépek Tanszéke, Miskolc, 2007.
29. Baranyi, L.: Numerical simulation of flow around an orbiting cylinder at different ellipticity values, Journal of Fluids and Structures (közlésre elfogadva), 2007.
30. Baranyi, L.: Mozgó henger körüli lamináris áramlás vizsgálata, Habilitációs téziszűzet, Miskolci Egyetem, Miskolc, 2007.
31. Schifter, F.: Csököteges hőcserélők rezgési jelenségei. III. rész, ME, Áramlás-és Hőtechnikai Gépek Tanszéke, Miskolc (oktatási segédlet), 1-32. o., 2007.
32. Ujvárosi, S.: Numerical simulation of flow around a square shaped cylinder, MicroCAD 2007, International Computer Science Conference, Miskolc, Session E, 2007.