

Bírálat

Dr. Janiga Gábor: Numerical Investigation of Turbulent Structures in Fluids

című, a Magyar Tudományos Akadémia Doktori Bizottságához benyújtott értekezéséről

A dolgozat 87 oldal terjedelmű, szabatosan megfogalmazott, kiválóan érthető, angol nyelvű írásmű, mely 87 hivatkozást és 8 tézispontot tartalmaz. Rövid bevezetőt követően összefoglalja a reaktív áramlások alapegyenleteit, bemutatja a POD módszert, és definiálja a spektrális entrópia fogalmát. Az új tudományos eredmények alkalmazását három különböző folyamat kapcsán mutatja be:

- 1) Turbulens áramlás hirtelen bővülő, forgásszimmetrikus csatornában;
- 2) Kevert tartályban kialakuló turbulens áramlás;
- 3) Előkevert turbulens metán láng.

A mérési adatokkal kiválóan egyező nagyörvény szimulációs eredmények, a koherens struktúrák elemzésének új módszerei, valamint a reaktív áramlás direkt szimulációjához szükséges numerikus modell kifejlesztése és implementálása fémjelzik a jelölt numerikus áramlástani szakértelmét. A komplex jelenségek és módszerek tömör, mégis jól érthető megfogalmazásában a jelölt sokéves oktatási tapasztalatai is megmutatkozik.

Észrevételek és kérdések a dolgozat törzsszövegével kapcsolatban:

16.o: A spektrális entrópia leírásában nem található szakirodalmi hivatkozás, pedig az entrópia fogalma kapcsán bőséges szakirodalom áll rendelkezésre. Jó referencia lehet például a Shannon entrópiáról szóló szakasz Christian Beck (2009) összefoglalójából, vagy az entrópia alkalmazása a koherens struktúrák azonosítására Ruppert-Felsot és szerzőtársai (2005) tanulmányából. A hasonló módon értelmezett Power Spectral Entropy például a rendszerek komplexitásának jellemzésére alkalmas információelméleti mennyiség (StackExchange, 2020). Célszerű lenne megmutatni, hogy a dolgozatban bevezetett definíció mennyiben felel meg és mennyiben tér el a korábbi entrópia értelmezésektől.

29.o: A turbulencia intenzitása egyszerű négyzetes statisztikával is jellemezhető. Milyen többletet nyújt a spektrális entrópia a turbulencia fokhoz képest?

30.o: Hogyan írható elő a gyakorlatban a Stress-Blended Eddy Symulation f_{SBES} súlyfüggvénye a spektrális entrópia alapján? Elkerülhető-e az új módszer alkalmazásával a nagyobb számításigénnyel járó nagyörvény szimuláció, tehát előállítható-e a spektrális entrópia térbeli eloszlása nagyörvény szimuláció nélkül?

32.o: Lehet-e a megfigyelt gyenge parallelizációs hatások a hibrid módszerre jellemző, cellánként eltérő számításigény következménye? Ha igen, akkor lehetséges-e a tartományt azonos számításigényű partíciókra bontani.

39.o: Ha jól értem, a módusok a kapcsolódó sajátértékek nagysága szerint rendezettek. Miből látható, hogy a magasabb módusokhoz kisebb méretű struktúrák tartoznak?

45.o: Az FDA fúvóka esetében bevált időbeli diszkretizáció a Non-Iterative Time Advancement. Miért alkalmaz a keverő modellezésekor eltérő időbeli diszkretizálást? A vizsgált keverő esetében kísérleti adatok nem állnak rendelkezésre. Célszerű lett volna az új elemzési módszert Rushton keverő esetére is bemutatni, melyre vonatkozóan számos részletes mérési adat áll rendelkezésre a szakirodalomban (Moreau, 2006; Gabelle, 2017; Line, 2016; Tabib, 2008; Doulgerakis, 2009; Liné, 2013).

50-55o: A keverő esetében a lapátok periodikus sebességmozgást hoznak létre. Hogyan különböztethető meg a lapátok okozta sebességmozgás a turbulenciától?

A dolgozat téziseivel kapcsolatos bírálói vélemény és javaslatok:

- I) Található a szakirodalomban olyan publikáció (Line, 2016), amely ronthatja az első tézis újdonságát. Emellett lehetséges, hogy a spektrális entrópia prezentált definíciója erősen függ M értékének megválasztásától. Az első tézist abban az esetben tartom elfogadhatónak, ha a tudományos újdonság és az M értékétől való függetlenség fennáll.
- II) A második tézis, mérésekkel és más modellek eredményeivel való részletes összehasonlításokra épülő, hasznos modellezési útmutatásokat tartalmaz a nagyörvény szimuláció alkalmazásához. Új tudományos eredményként **elfogadom**.
- III) A spektrális entrópia alkalmazását a lamináris turbulens átmenet jellemzésére új tudományos eredményként **elfogadom**.
- IV) A POD első alkalmazása 3D áramlási jellemzők elemzésére kevert tartályok esetében, ami új megközelítésnek számít. Az új megközelítésből származó tudományos eredmény az ötödik tézisben megfogalmazott, makroszkopikus instabilitások vizsgálatára alkalmas módszer, ezért csak az ötödik tézissel összevonva tartom elfogadhatónak.
- V) A makroszkopikus instabilitások vizsgálatának módszerét új tudományos eredményként **elfogadom**.
- VI) A turbulens lángok numerikus modellezésére alkalmas módszert **elfogadom** új tudományos eredményként.
- VII) A numerikus modell parallelizálása és a numerikus kísérletek a modellfejlesztés szerves részének tekinthető, ezért a hetedik tézist a hatodik tézissel összevonva tartom elfogadhatónak.
- VIII) A numerikus modell alapján megfigyelt tendenciát, mely szerint a turbulencia fok növekedésével nő a kialakulás valószínűsége, új tudományos eredményként **elfogadom**.

Összességében a dolgozatban bemutatott adatok hitelesek, a dolgozat legalább öt jelentős tudományos újdonságot tartalmaz, ezért javaslom a dolgozat nyilvános vitára bocsátását.

Kelt; Budapest, 2020. 06. 27.

Dr. Kristóf Gergely

egyetemi docens, BME Áramlástan Tanszék

Referenciák:

Beck, C. (2009). Generalised information and entropy measures in physics. *Contemporary Physics*, 50(4), 495-510.

Ruppert-Felsot, J. E., Praud, O., Sharon, E., & Swinney, H. L. (2005). Extraction of coherent structures in a rotating turbulent flow experiment. *Physical Review E*, 72(1), 016311.

StackExchange (2020), <https://dsp.stackexchange.com/questions/23689/what-is-spectral-entropy>, sited on 06-27-2020.

Moreau, J., & Liné, A. (2006). Proper orthogonal decomposition for the study of hydrodynamics in a mixing tank. *AIChE journal*, 52(7), 2651-2655.

Gabelle, J. C., Morchain, J., & Liné, A. (2017). Kinetic energy transfer between first proper orthogonal decomposition modes in a mixing tank. *Chemical Engineering & Technology*, 40(5), 927-937.

Line, A. (2016). Eigenvalue spectrum versus energy density spectrum in a mixing tank. *Chemical Engineering Research and Design*, 108, 13-22.

Tabib, M. V., & Joshi, J. B. (2008). Analysis of dominant flow structures and their flow dynamics in chemical process equipment using snapshot proper orthogonal decomposition technique. *Chemical Engineering Science*, 63(14), 3695-3715.

Doulgerakis, Z., Yianneskis, M., & Ducci, A. (2009). On the interaction of trailing and macro-instability vortices in a stirred vessel-enhanced energy levels and improved mixing potential. *Chemical Engineering Research and Design*, 87(4), 412-420.

Liné, A., Gabelle, J. C., Morchain, J., Anne-Archard, D., & Augier, F. (2013). On POD analysis of PIV measurements applied to mixing in a stirred vessel with a shear thinning fluid. *Chemical Engineering Research and Design*, 91(11), 2073-2083.