

Válasz Dr. Kristóf Gergely opponensi véleményére

Mindenekelőtt szeretném megköszönni Dr. Kristóf Gergelynek, hogy elvállalta dolgozatom bírálatát, és ahogy a megjegyzéseiből is kitűnik, alaposan górcső alávette az írottakat.

Sajnos a számtalan ellenőrzés ellenére több olyan zavaró hiányosság, probléma maradt a dolgozatban, amely az én figyelmemet elkerülte, míg az Opponensem ezeket észrevette. Igazán sajnálom, hogy nem sikerült ezeket a problémákat kiküszöbölöm.

A továbbiakban sorra veszem az Opponensem által szóvá tett hiányosságokat, illetve igyekszem megválaszolni a feltett kérdéseket.

11. oldal A Blasius korreláció együtthatója valójában 0.316, nem pedig 0.079, ahogyan a 2.16 képletben áll.

Az általam megadott f együttható pontosan az egynegyede az Opponens által megadott $\lambda = 4f$ együtthatónak, mivel munkám során jellemzően az angolszász irodalomra támaszkodtam, ahol pl. a sűrűlódási tényezőt ilyen módon definiálják (ld. pl. Nakayama Y., Introduction to Fluid Dynamics (1999), pp. 115, – Darcy-Weisbach egyenlete és a hozzáfűzött megjegyzés, vagy példaként Darby R., Chemical Engineering Fluid Mechanics (2001)).

Valójában azonban nincs komolyabb jelentősége, hogy az adott összefüggésben melyik együtthatót alkalmazzuk, mivel a falsűrűlódás modellezésénél szükségünk van egy további tényezőre, amellyel figyelembe tudjuk venni a modellezendő térrész geometriai sajátosságait (áramlási akadályokat stb.), a tapasztalati nyomáseséshez hangolva a veszteségeket.

13. oldal A 2.22-2.24 képletek nem érthetők és nem egyeznek egyes összegzett tagok mértékegységei.

Terjedelmi okok miatt a dolgozat - eredetileg megírt - első része, szignifikáns átalakításon esett át. Sajnos ennek az átírásnak az egyik legnagyobb „vesztése” lett a drift flux modell leírása. Itt a 2.22 képletből hiányzik a driftsebességre vonatkozó relaxációs idő. Ennek hiányában, el kell ismernem, hogy valóban nehezen érthető a leírás.

14. oldal Nem segíti a szöveg megértését, hogy 2.27 képletben τ már a harmadik eltérő fizikai jellemzőt jelöli: korábban az időállandót és az össznyomás gradiensét, itt pedig tengelynyomatékot jelöl, melyet általában M -el szoktak jelölni.

Valóban nem szerencsés, hogy ugyanazzal a betűvel több fizikai jellemzőt is jelöltem, bár igyekeztem azokat minden fejezetben külön-külön nevükön nevezni.

15. oldal A Bernoulli tömegfluxus 2.28 kifejezése nem veszi figyelembe a folyadék expanziójából adódó sűrűségváltozást, ami például csőtörés esetében igen jelentős hibát okozhat.

A (2.28)-as egyenletben szereplő sűrűség, a törés helyén található keverék sűrűsége. Az m index itt lemaradt.

16. oldal A maximális gőztömegáram 2.31 kifejezése nem helytálló, mert gázokra a kritikus tömegáram nem a nyomás-sűrűség szorzat gyökével arányos.

A csőtöréses folyamatok modellezése igen összetett probléma. A szimulátorban alkalmazott modellnek a csőtöréses üzemzavarok teljes spektrumát le kell fedni, mégpedig numerikus szempontból robusztus módon. Az egyik talán legközismertebb kritikus kiáramlási modellel, Moody modelljével kapcsolatban számos problémám akadt a RETINA fejlesztése során. Ezért a RETINA-ba egy másik, jelentős kísérleti adatbázisra kidolgozott modell lett beépítve, amely figyelembe veszi a nukleáris erőművek csőtöréses üzemzavarainak jellemzőit. E korreláció az áramlási képtől függetlenül, elfogadható pontossággal képes a kritikus kiáramlás forgalmát megadni. Erőművi üzemzavaroknál ritkán jön létre kritikus kiáramlás úgy, hogy törésen keresztül tiszta gőz távozik, így a modellnél a hangsúly nem a gőzkiáramlás modellezésén van.

17. oldal A 2.35-2.37 képletekben magyarázat nélkül z -vel jelöli a helykoordinátát, amely korábban x volt.

A z valóban helykoordináta, helyes lett volna a korábbiakban bevezetett x betűvel jelölni.

66. oldal A 3.4.2 alfejezet megértését nagyban segíthette volna egy magyarázó ábra.

Egy ábra a spinodális dekompozíció folyamatáról valóban segíthetett volna.

71. oldal **Figyelembe vehető-e az erők munkája a 3.144 egyenletben? Milyen alkalmazási korlátai vannak az energiaegyenlet ilyen alakjának?**

A termohidraulikában közismert, hogy az energiaegyenletet többféle alakban is fel lehet írni. A műszaki gyakorlatban legjobban elterjedt alaknál az entalpia változását követjük nyomon, mivel a leggyakrabban felmerülő feladatok megoldásánál ennek az alaknak a használata a legkényelmesebb (ld. pl. a RETINA 2.3 egyenlete).

Az azonban, hogy egy adott egyenletben az energiamérlegből mit veszünk figyelembe, lényegében rajtunk múlik. Ha két különböző alak felírásakor ugyanazokat az energiatranszfer-mechanizmusokat vesszük figyelembe, akkor az energiaegyenletek természetesen egyenértékűek, csak formális eltérés van közöttük. A 3.144 egyenletet a belső energiára írtam fel, de a jobb oldalon látható q tag erejéig „nyitott”, vagyis segítségével akár a rendszerre ható erők belső energiára gyakorolt hatása, vagy a rendszer által végzett munka hatása is figyelembe vehető.

Azért használtam az energiaegyenletnek ezt a „ C_v alakját” mert az itt bemutatott modellt felhasználtam pl. szuperkritikus közegek termohidraulikai vizsgálatára is. Ilyen jellegű feladatok vizsgálatára ez az alak kedvezőbb, mert az állandó térfogaton vett fajhő lassabban divergál a kritikus pont környékén, mint az állandó nyomáson vett fajhő (bővebb magyarázat, ábrával a Házi, Márkus, Physical Review E, 77, 026305, (2008) írásunkban található).

78. oldal **Értésem szerint a virtuális tömeg a buborékot körüláramló folyadék sebességváltozásból és az ezekből következő tehetetlenségi erőkből adódik. A buborék virtuális tömegének 10-szeres növekedése túl nagyra tűnik számomra. Nehezen képzelhető el, hogy a határolt térben a buborék körüli sebességtér ilyen mértékben változna a 3.22. ábrán feltüntetett gőztérfogatnövekedés esetén. Kizárható-e, hogy a virtuális tömeg látszólagos növekedését a numerikus módszer lokális gyorsulásban jelentkező hibája okozza? Végzett-e célzott hibaelemzést a lokális gyorsulásra?**

Az Opponens által felvetett lehetőség, miszerint a virtuális tömeg növekedését a numerikus módszer hibája okozza, valóban nem volt kizárva a dolgozat megírásakor. Mivel a kapott magas érték engem is zavart, ezért a dolgozat megírásával párhuzamosan éppen alakuló NURESAFE európai uniós projekt egyik részfeladatának egy, az adott probléma vizsgálatát célzó kísérlet és

numerikus vizsgálat elvégzését javasoltam. A vizsgálatot már elvégeztem, a kapott eredmények alátámasztották a virtuális tömeg jelentős növekedését, ahogy azt a védésen röviden be fogom mutatni.

*79. oldal A heterogén forrás modellezése során síkáramlást feltételez, mely közelítésben nem vehető figyelembe a buborékok gömbölyű alakja azaz, hogy a buborék felülete két, egymásra merőleges irány mentén görbült. Ez a hatás jelentősen befolyásolja például a kapillaris nyomás nagyságát. **Milyen mértékben befolyásolhatja ez az egyszerűsítő körülmény a gravitációs erőnek a buborék átmérőre és a leválás periódusidejére vonatkozó, 3.26 és 3.28 ábrákon közölt korrelációs kitevőit?***

Befolyásolhatja. Az ezzel a témával kapcsolatban megjelent cikkünk megírása óta többen végeztek hasonló vizsgálatokat 3D-ban, különféle modellekkel, de hozzánk hasonló módon a funkcionális kapcsolatokat vizsgálva. Az elmúlt években engem is több ilyen jellegű cikk bírálatára felkértek. Ezen cikkek alapján a kép számomra még nem tiszta. A NURESAFE projekt keretein belül jelenleg mi is folytatunk ilyen jellegű vizsgálatokat, megfelelő kísérleti háttérrel. Sajnos ezekről az eredményekről még nem tudok beszámolni.

87. oldal A nyomás felbontására vonatkozó 3.160 összefüggés nem érthető, mert a jelölések nincsenek megmagyarázva.

A (3.166) összefüggésben a nyomást egy (térfüggetlen) statikus és egy dinamikus részre bontjuk. A képletben szereplő Ma a Mach számot jelöli.

91. oldal A 3.34.ábra képaláírása befejezetlen.

Az ábra felírat valóban befejezetlen. Helyesen így kellett volna kinéznie:
A kritikus Rayleigh szám meghatározása különböző hőtágulási együtthatók esetén.

Házi Gábor
Tudományos főmunkatárs
MTA EK