

MATEMAATIKA-LOODUSTEADUSKOND
MITMEFAASILISTE KESKKONDADE FÜÜSIKA TEADUSLABORATOORIUM
TEADUS- JA ARENDUSTEGEVUSE AASTAARUANNE 2012

1. Labori struktuur

Mitmefaasiliste keskkondade füüsika teaduslaboratoorium, Research Laboratory of Multiphase Media Physics

Labori juhataja Ülo Rudi

2. Labori teadus- ja arendustegevuse (edaspidi T&A) iseloomustus

2.1 struktuuriüksuse koosseisu kuuluvate uurimisgruppide

2.1.1 teadustöö kirjeldus

Main research lines of the laboratory are:

- development of the theory of multiphase flows;
- experimental study of physical effects in multiphase flows;
- development of optical methods of investigation for multiphase media;
- development of the theory of vortex flows.

2.1.2 aruandeaastal saadud tähtsamad teadustulemused

- A submerged vertical turbulent particulate axially symmetrical jet as a typical shear flow was numerically modelled on the basis of 2D RANS method applying $k-\varepsilon$ and $k-L$ turbulence models. The influence of solid particles on a gas turbulence was studied for three cases of the jet configuration, namely, descending and ascending jets without account of gravity. Noticeable impact of particles on the turbulence depending on the ratio of particles' size and integral turbulence length scale has been found. This tendency covers both attenuation and generation of turbulence observed in different areas of round turbulent jets. (Kartushinsky, A.I., Michaelides, E.E., Rudi, Y.A., Tisler, S.V., Shcheglov, I.N. Numerical modelling of a two-dimensional vertical turbulent two-phase jet. *Fluid Dynamics*, 2012, 47(6), 99-108.
- The numerical method based on the two-fluid and 2D RANS models applying $k-\varepsilon$ and $k-L$ turbulence models was used for simulation of upward turbulent particulate pipe flows of different diameters and flow velocities for constant Reynolds number. The effect of various governing factors on the distributions of solid particles was under consideration. It was obtained that the larger the pipe diameter the more prevalent influence of gravity on the flow velocity fields as compare to the turbulence effect. (Kartushinsky, A., Michaelides, E., Rudi, Y., Tisler, S. Turbulent particulate pipe flow at constant Reynolds number. *Proceedings of the XXIII International Congress of Theoretical and Applied Mechanics (ICTAM2012)*, Beijing, China, August 19-24, 2012).
- The novel experimental method has been elaborated for the dispersion of solid particles in various turbulent flows. It is based on the registration of images of the particles that intersect the laser sheet which is oriented perpendicular to the flow. This method allows to study both the short-time and long-term dispersion of the particles in turbulent flows.

The investigations of long-term dispersions of solid particles have been carried out for grid-generated and for turbulent uniform shear flows with applying of the given

method. Obtained results demonstrate a significant difference between them that qualitatively coincides with the theoretical conclusions. (Kartushinsky, A., Rudi, Yu., Tisler, S., Hussainov, M., Shcheglov, I. (2012). Application of particle tracking velocimetry for studying the dispersion of particles in a turbulent gas flow. *High Temperature*, 50(3), 381 – 390).

- The model of a vortex ring, which is able to predict the internal velocity field and integral characteristics: circulation, kinetic energy and translation speed taking into account the anisotropy of its core is developed and published. The model is important for high-Reynolds number vortex rings and for describing biological propulsion or analysing fuel injection in automobile engines. For the latter application it is shown that this model can also be used for the reconstruction of the velocity field associated to vortex ring flows using only the outside-core available information (Kaplanski, F.; Fukumoto, Y.; Rudi, Y. (2012). (Reynolds-number effect on vortex ring evolution in a viscous fluid. *Physics of Fluids*, 24(3), 1 – 13; Kaplanski, F.; Fukumoto, Y.; Rudi, Y. (2012). A model for high Reynolds number vortex rings. In: *ICTAM 2012 : 23rd International Congress of Theoretical and Applied Mechanics*, August 19-24, 2012, Beijing, China, [Proceedings]: XXIII International Congress of Theoretical and Applied Mechanics, Beijing, China., 2012).
- The variation of particle size in poly dispersed admixture increases turbulence level due to inter-particle collision and the aligning the profiles of mass concentration over the cross-section of the flow. The obtained simulation data can be used to express the complicated hydrodynamic processes, which appear in the freeboard of a CFB boiler. This work was performed simulating the circulating fluidized bed process by 2D RANS model. Work on further developments is aimed to compare the results of simulation with experimental studies. (Šablinski, A.; Kartušinski, A.; Krupenski, I.; Siirde, A.; Rudi, Ü. (2012). Numerical Simulation of Uprising Gas-Solid Particles Turbulent Flow in Circulating Fluidized Bed. In: *The 21st international conference on Fluidized Bed Combustion*, Proceedings: The 21st international conference on Fluidized Bed Combustion, Naples (Italy), 3.-6. June 2012. (Toim.) E. A. Editore. Naples, Italy., 2012, 946 – 953).

2.2 Uurimisgrupi kuni 5 olulisemat publikatsiooni läinud aastal.

- Kaplanski, F.; Fukumoto, Y.; Rudi, Y. (2012). Reynolds-number effect on vortex ring evolution in a viscous fluid. *Physics of Fluids*, 24(3), 1 – 13.
- Kartushinsky, A.; Rudi, Yu.; Tisler, S.; Hussainov, M.; Shcheglov, I. (2012). Application of particle tracking velocimetry for studying the dispersion of particles in a turbulent gas flow. *High Temperature*, 50(3), 381 - 390. 1.1.
- Kartushinskiy, A.I.; Michaelides, E.E.; Rudi, Y.A.; Tisler, S.V.; Shcheglov, I.N. (2012). Numerical modeling of a two-dimensional vertical turbulent two-phase jet. *Fluid Dynamics*, 47(6), 99 - 108.
- Kaplanski, F.; Fukumoto, Y.; Rudi, Y. (2012). A model for high Reynolds number vortex rings. In: *ICTAM 2012 : 23rd International Congress of Theoretical and Applied Mechanics*, August 19-24, 2012, Beijing, China, [Proceedings]: XXIII International Congress of Theoretical and Applied Mechanics, Beijing, China, 19-24 August, 2012. Beijing, China., 2012.

- Sazhin, S.S.; Boronin, S.A.; Begg, S.; Crua, C.; Heikal, M.R.; Healey, J.; Lebedeva, N.A.; Osipov, A.N.; Kaplanski, F. (2012). Jets and Vortex Ring-Like Structures in Internal Combustion Engines: Stability Analysis and Analytical Solutions . IUTAM SYMPOSIUM " Waves in fluids: Effects of Non-Linearity, Rotation, Stratification and Dissipation», Moscow, 2012, 5 - 7.

2.3 Loetelu struktuuriüksuse töötajate rahvusvahelistest tunnustustest.

2.4 Loetelu struktuuriüksuse töötajatest, kes on välisakadeemiate või muude oluliste T&A-ga seotud välisorganisatsioonide liikmed.

Ülo Rudi, ajakirja Oil Shale nõustajate kogu liige; ajakirja Polityka Energetyczna (Energy Policy Journal, Poola Teaduste Akadeemia.) toimetuskolleegiumi liige; Maailma Energeetikanõukogu WEC Eesti Rahvuskomitee juhatuse liige; International Centre on Energy and Environment Policy liige; International Energy Foundation, liige. Aleksander Kartušinski Euroopa Liidu COST programmi projekti juhtkomitee liige; ajakirja „International Journal Computers and Fluids referent“. Feliks Kaplanski, European Mathematical Information Service (EMIS) referent; European Mechanics Society (Euromech) liige. Sergei Tisler Euroopa Liidu COST programmi projekti juhtkomitee liige.

2.5 Aruandeaasta tähtsamad T&A finantseerimise allikad.

T&A tegevuse finantseerimine toimus 100% Eesti riigieelarvest Haridus-ja Teadusministeeriumi kaudu kogusummas 132868 eurot. Põhilised allikad olid:

- Haridus- ja Teadusministeeriumi Sihtfinantseeritava teema SF0140070s08 – 120230 eurot,
- Eesti Teadusfondi grant ETF 9343 – 8638 eurot,
- TTÜ Matemaatika – Loodusteaduskonna baasfinantseerimise programm – 4000 eurot.

2.6 Soovi korral lisada aruandeaastal saadud T&A-ga seotud tunnustusi (va punktis 2.3 toodud tunnustused), ülevaate teaduskorralduslikust tegevusest, teadlasmobiilsusest ning anda hinnang oma teadustulemustele.

Laboratooriumi enesehinnang

2012. aastal võib laboratooriumi tulemuslikkust lugeda suhteliselt heaks. Publitseeriti 10 artiklit, neist 3 publikatsiooni kuulub kategooriasse 1.1. Kokku publikatsioone, mida arvestatakse sihtfinantseeritava teadusteema taotlemisel oli 5. Valmistati ette 5 artiklit kategooriast 1.1, mis ilmuvad 2013. aastal. Viiel korral osalesid laboratooriumi teadlased kõrgetasemelistel rahvusvahelistel teaduskonverentsidel. Eriti tuleb märkida, et kaks ettekannet lülitati Maailma kongressi programmi. See oli suureks tunnustuseks kui ka heaks võimaluseks tutvustada laboratooriumi teadustulemusi uurimisvaldkonna kõige kõrgemal foorumil. Jätkus heal tasemel rahvusvaheline koostöö Jaapani, USA, Austraalia, Kreeka ja Itaalia teadlastega. Äramärkimist väärib laboratooriumi teadustöötajate kutsumist kahe Euroopa Liidu COST programmi osalejateks. Riigieelarvest finantseeritava ülemineva sihiteema 2012. aasta tulemuste põhjal Eesti Teadusagentuur otsustas teema finantseerimist jätkata samas mahus ka 2013. aastal. Tänu headele teadustulemustele eraldati laboratooriumi infrastruktuuri kaasajastamiseks 2012. aastal 63 tuhat eurot, mille eest osteti kahemõõtmeline laser-doppleranemomeeter 2DLDA, mis oluliselt tõstab meie teadustulemuste kvaliteeti ja laiendab rahvusvahelise koostöö võimalusi. Positiivse momendina saab märkida, et aktiveerus hea koostöö üliõpilastega. Kaks tehnilise füüsika eriala

üliõpilast valisid oma bakalaauruse lõputöö teema laboratooriumi temaatikast ja soovivad jätkata oma õpinguid magistratuuris laboratooriumi teadustöötajate juhendamisel. Loodame sellest protsessist kasvatada järelkasvu laboratooriumi koosseisule.

Negatiivse momendina tuleb märkida doktorantide ja finantsallikate vähesust.

2.7 Labori teadus- ja arendustegevuse teemade ja projektide nimetused (*Eesti Teadusinfosüsteemi, edaspidi ETIS, andmetel*)

- Haridus- ja Teadusministeerium

sihtfinantseeritavad teemad:

- T070, „Kolmemõõtmelised mudelid aerosoolsete kanal-, gradient-ja keerisvooluste modelleerimiseks ning rakendused tehnoloogilistes protsessides“, projektijuht Aleksander Kartušinski.

baasfinantseerimise toetusfondist rahastatud projektid (sh TTÜ tippkeskused):

TTÜ Matemaatika – Loodusteaduskonna baasfinantseerimise projekt „Eksperimenditehnika täiustamine mitmefaasiliste keskkondade füüsikaliste parameetrite määramiseks reaajas“, 2012.

riiklikud programmid:

- Teiste ministeeriumide poolt rahastatavad riiklikud programmid:

- Uuriija-professori rahastamine:

- SA Eesti Teadusfond

grandid: ETF 9343 „Suure osakete kontsentratsiooniga turbulentsete kahefaasiliste vooluste matemaatiline modelleerimine ja rakendused“, 2012-2014)

ühisgrandid välisriigiga:

järeldoktorite grandid (SA ETF ja Mobilitas):

tippteadlase grandid (Mobilitas):

- Ettevõtluse Arendamise SA

eeluuringud:

arendustoetused:

- SA Archimedesega sõlmitud lepingud

infrastruktuur (nn „mini-infra“, „asutuse infra“):

AP 2011 / SF0140070s08AP Väikesemahulise teaduse infrastruktuuri kaasajastamine teadusteema SF0140070s08 raames „Turbulentsi mõõtmise kompleksne seade Multichannel CTA System 2D LDA“.

Eesti tippkeskused:

riiklikud programmid:

muud T&A lepingud:

- SA Keskkonnainvesteeringute Keskusega sõlmitud lepingud:

- Siseriiklikud lepingud:

- EL Raamprogrammi projektid:

1. EL 7. Raamprogrammi COST project: „Fibre Suspension Flow“, Action number FP1005

2. EL 7. Raamprogrammi COST project: „Smart & Green Interfaces: From Single Bubbles/Drops to Industrial/Environmental/Biomedical Applications“, Action number MP1106.

- Välisriiklikud lepingud:

2.8 Struktuuriüksuse töötajate poolt avaldatud sihtfinantseeritava teadusteema taotlemisel arvestatavad eelretsenseeritavad teaduspublikatsioonid (ETIS klassifikaatori alusel 1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1 ja 5.1).

1.1

1. Kartushinsky, A.; Rudi, Yu.; Tisler, S.; Hussainov, M.; Shcheglov, I. (2012). Application of particle tracking velocimetry for studying the dispersion of particles in a turbulent gas flow. High Temperature, 50(3), 381 - 390.
2. Kartushinskii, A.I.; Michaelides, E.E.; Rudi, Y.A.; Tisler, S.V.; Shcheglov, I.N. (2012). Numerical modeling of a two-dimensional vertical turbulent two-phase jet. Fluid Dynamics, 47(6), 99 - 108.
3. Kaplanski, F.; Fukumoto, Y.; Rudi, Y. (2012). Reynolds-number effect on vortex ring evolution in a viscous fluid. Physics of Fluids, 24(3), 1 – 13.

1.3

1. Картушинский, А.И.; Михаэлидес, Э.Э.; Руди, Ю.А.; Тислер, С. В.; Щеглов, И.Н. (2012). Численное моделирование двумерной вертикальной двухфазной турбулентной струи. Известия РАН МЖГ, 6, 115 - 125. [ilmumas] 1.3.
2. Hussainov, M.; Kartushinsky, A.; Rudi, Y.; Shcheglov, I.; Tisler, S. (2012). Применение цифровой трассерной визуализации для исследования дисперсии частиц в турбулентном газовом потоке. Терлофизика vysokikh temperatur, 50(3), 408 - 417. 1.3

2.9 Struktuuriüksuses kaitstud doktoriväitekirjade loetelu (*NB! struktuuriüksus lisab struktuuriüksuse töötaja juhendamisel mujal kaitstud doktoriväitekirjade loetelu*)

2.10 Struktuuriüksuses järel doktorina T&A-s osalenud isikute loetelu (*ETIS-e kaudu esitatud taotluste alusel*)

2.11 Struktuuriüksuses loodud tööstusomandi loetelu

3. Struktuuriüksuse infrastruktuuri uuendamise loetelu.

3.1 Tahket faasi sisaldavate vooluste kiirus- ja turbulentsiparameetrite reaajas määramise kompleksne seade DANTEC LDA 2D FlowExplorer Standard System, maksumus 56900 eurot.