

DISTINGUISHING EVAPORATION RATE INVERSION FROM HYDRODYNAMIC INSTABILITY IN A MULTIDROPLET SYSTEM

Axmedov Baxodir Baxromovich

Fergana State University, Associate Professor, Department of Physics

Ergashev Erkinjon Abdusattor ugli

Fergana State University, Senior Lecturer, Department of Physics

Xusanov Farxod Xamroqul ugli

Fergana State University, Independent Researcher

e-mail: erkinjonebk@mail.ru

Abstract

It is demonstrated that a reversal in the ordering of the mean evaporative fluxes of central and outer droplets is not the same phenomenon as the loss of hydrodynamic stability. Based on a published study of elongated droplets, a bounded dimensionless indicator of inversion is introduced, and its sign and sensitivity to measurement uncertainty are analyzed. Two independent criteria are formulated for comparing integral transport and examining the perturbation spectrum. The abstract does not present a newly computed stability diagram.

Keywords

multidroplet system, evaporation inversion, shielding, thermocapillary flow, stability, dimensionless criterion.

KO‘P TOMCHILI TIZIMDA BUG‘LANISH TEZLIGI INVERSIYASI VA GIDRODINAMIK BEQARORLIKNI FARQLASH

Axmedov Baxodir Baxromovich¹,

Ergashev Erkinjon Abdusattor o‘g‘li²,

Xusanov Farxod Xamroqul o'g'li³

Farg'ona davlat universiteti, fizika kafedrası dotsenti¹

Farg'ona davlat universiteti, fizika kafedrası katta o'qituvchisi²

Farg'ona davlat universiteti, mustaqil izlanuvchi³

e-mail: erkinjonebk@mail.ru

Annotatsiya. Markaziy va chekka tomchilarning o'rtacha bug'lanish oqimlari tartibi almashishi gidrodinamik barqarorlikning yo'qolishi bilan bir xil hodisa emasligi asoslanadi. Nashr etilgan cho'ziq tomchilar tadqiqotiga tayangan holda inversiyaning chegaralangan o'lchamsiz ko'rsatkichi kiritiladi, uning ishorasi va o'lchash noaniqligiga sezgirligi tahlil qilinadi. Integral transportni taqqoslash va perturbatsiya spektrini tekshirish uchun ikkita mustaqil mezon shakllantiriladi. Tezis yangi hisoblangan barqarorlik diagrammasini taqdim etmaydi.

Kalit so'zlar: ko'p tomchili tizim, bug'lanish inversiyasi, ekranlanish, termokapillyar oqim, barqarorlik, o'lchamsiz mezon.

РАЗГРАНИЧЕНИЕ ИНВЕРСИИ СКОРОСТИ ИСПАРЕНИЯ И ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ В МНОГОКАПЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

Ахмедов Баходир Бахромович¹,

Эргашев Эркинжон Абдусаттор угли²,

Хусанов Фарход Хамрокул угли³

Ферганский государственный университет, доцент кафедры физики¹

Ферганский государственный университет, старший преподаватель кафедры
физики²

Ферганский государственный университет, самостоятельный соискатель³

e-mail: erkinjonebk@mail.ru

Аннотация. Обосновано, что инверсия соотношения средних потоков испарения центральной и крайних капель не тождественна потере гидродинамической устойчивости. На основе опубликованного исследования вытянутых капель вводится ограниченный безразмерный показатель инверсии, анализируются его знак и чувствительность к неопределённости измерений. Формулируются два независимых критерия для сравнения интегрального переноса и исследования спектра возмущений. В тезисах не представлена вновь рассчитанная диаграмма устойчивости.

Ключевые слова: многокапельная система, инверсия испарения, экранирование, термокапиллярное течение, устойчивость, безразмерный критерий.

Kirish

Tomchilarning markaziy va chekka joylashuvi bug‘lanish oqimlariga turlicha ta’sir qilishini ko‘rsatgan. Manbaning katta harorat farqi, Marangoni oqimi mavjudligi va yetarli tomchilararo oraliqda markaziy tomchining o‘rtacha oqimi chekka tomchinikidan yuqori bo‘lishi mumkin. Mualliflar bu holatni gazdagi oqim va bug‘ konsentratsiyasining fazoviy qayta taqsimlanishi bilan izohlagan [1, 14–15-betlar].

Mazkur holatni «beqarorlik paydo bo‘ldi» deb atash uchun qo‘shimcha dalil kerak. Ikki statsionar yechimning integral oqimlari tenglashishi perturbatsiyaning vaqt bo‘yicha o‘rishini bildirmaydi. Tезisning maqsadi ushbu ikki hodisani tavsiflovchi matematik kattaliklarni ajratish va manbadagi masofa chegarasini universal kritik son sifatida talqin qilmaslikdir.

Har bir tomchi uchun lokal massa oqimi j_i dan umumiy massa yo‘qotish tezligi va o‘rtacha oqim ajratiladi:

$$\dot{m}_i = \int_{\Sigma_i} j_i \, dS, \quad \bar{j}_i = \frac{\dot{m}_i}{|\Sigma_i|}. \quad (1)$$

Bir xil sirt yuzali tomchilarda ushbu ikki ko'rsatkich bir xil tartibni beradi. Ammo geometriya yoki hajm vaqt bo'yicha turlicha o'zgarsa, umumiy massa yo'qotish tezligi bo'yicha ustunlik o'rtacha oqim bo'yicha ustunlikka teng bo'lishi shart emas. Shu sababli taqqoslash kattaligi oldindan tanlanishi kerak.

Markaziy tomchi c , chekka tomchi s bilan belgilanib, musbat o'rtacha oqimlar uchun:

$$I = \frac{\bar{j}_c - \bar{j}_s}{\bar{j}_c + \bar{j}_s}, \quad -1 < I < 1. \quad (2)$$

$I > 0$ markaziy tomchining o'rtacha oqimi katta, $I < 0$ chekka tomchiniki katta ekanini bildiradi; $I = 0$ tenglik holatidir. (2) bu tezisda taqqoslashni ixcham ifodalash uchun tanlangan oddiy normalashtirish bo'lib, avval mavjud bo'lmagan yangi universal qonun sifatida taqdim etilmaydi.

Manbadagi masofa parametri $\chi = L/D$ orqali ifodalansa, inversiya chegarasi $I(\chi, \Delta T, \dots) = 0$ ko'rinishida qo'yiladi. Lekin manbaning $L/D > 5$ va katta ΔT haqidagi xulosasi aynan uning tomchi shakli, atrof-muhit sharoiti va model farazlari uchun olingan [1]. U barcha suyuqliklar va geometriyalarning universal kritik masofasi emas. Bu tezisda 14-rasm raqamlashtirilmagani sababli undan yangi aniq I qiymatlari hisoblanmadi.

I ning oqimlarga nisbatan hosilalari:

$$\frac{\partial I}{\partial \bar{j}_c} = \frac{2\bar{j}_s}{(\bar{j}_c + \bar{j}_s)^2}, \quad \frac{\partial I}{\partial \bar{j}_s} = -\frac{2\bar{j}_c}{(\bar{j}_c + \bar{j}_s)^2}. \quad (3)$$

Markaziy oqim oshsa ko'rsatkich ortadi, chekka oqim oshsa kamayadi. Ayniqsa I nolga yaqin bo'lganda kichik xatoliklar uning ishorasini o'zgartirishi mumkin. Demak, grafikdagi chiziqlarning ko'zga yaqinlashishi inversiya chegarasini yuqori aniqlikda belgilash uchun yetarli emas.

$\bar{j}_c \in [c_-, c_+]$ va $\bar{j}_s \in [s_-, s_+]$ musbat intervallar berilgan bo'lsa, (3) dagi monotonlikdan aniq interval olinadi:

$$\frac{c_- - s_+}{c_- + s_+} \leq I \leq \frac{c_+ - s_-}{c_+ + s_-}. \quad (4)$$

Butun interval musbat bo'lsagina markaziy tomchi ustunligi shu xatolik chegaralarida saqlanadi; butun interval manfiy bo'lsa chekka tomchi ustunligi saqlanadi. Interval nolni qamrasa, ishora bo'yicha qat'iy xulosa chiqarilmaydi. Bu natija berilgan chegaralardan chiqarilgan deterministik baho bo'lib, o'z-o'zidan statistik ishonch oraliq'i emas.

Gidrodinamik barqarorlikning mahalliy spektral mezon bazaviy maydon atrofida chiziqlashtirilgan masaladan olinadi:

$$\mathcal{L}\hat{q} = \lambda \mathcal{M}\hat{q}, \quad \Lambda = \max \operatorname{Re} \lambda. \quad (5)$$

Muzlatilgan bazaviy holat uchun $\Lambda < 0$ so'nuvchi, $\Lambda > 0$ o'suvchi perturbatsiyalarga mos keladi. Inversiya mezon $I = 0$ esa ikkita integral kattalik tengligini tekshiradi. (2) da perturbatsiya vaqt hosilasi yo'q, (5) esa aynan shu evolyutsiyaga tegishli. Shu bois $I = 0$ dan $\Lambda = 0$ kelib chiqmaydi.

1-jadval.

Transport inversiyasi va gidrodinamik barqarorlik mezonlarining farqi.

Tekshiriladigan hodisa	Asosiy kattalik	Chegara	Zarur ma'lumot
Bug'lanish ustunligining almashishi	I	$I = 0$	Markaziy va chekka o'rtacha oqimlar
Mahalliy chiziqli barqarorlikning almashishi	Λ	$\Lambda = 0$	Bazaviy maydon va perturbatsiya spektri

Nazariy tahlilda har ikki mezonni bir xil parametr nuqtalarida alohida tekshirish foydali. Biroq ularning chegaralari ustma-ust tushishi ham, ajralishi ham oldindan da'vo qilinmaydi. Buni aniqlash uchun manbadagi o'rtacha oqimlardan tashqari yangi xos qiymatlar hisobi zarur.

Xulosa

Markaziy va chekka tomchilar o'rtacha oqimlarini taqqoslash uchun chegaralangan I ko'rsatkichi va uning aniq interval bahosi keltirildi. Bug'lanish tezligi inversiyasi integral transport mezoni, gidrodinamik beqarorlik esa perturbatsiya evolyutsiyasi mezoni ekanligi ko'rsatildi. Ularni ajratish termokapillyar-konvektiv tizim haqidagi fizik xulosalarni aniq ifodalashga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Aboubakri A., Akkus Y., Sadaghiani A.K., Sefiane K., Koşar A. Computational and experimental investigations on the evaporation of single and multiple elongated droplets. Chemical Engineering Journal Advances. 2022. 10:100255.
2. Akkus Y., Cetin B., Dursunkaya Z. A theoretical framework for comprehensive modeling of steadily fed evaporating droplets and the validity of common assumptions. International Journal of Thermal Sciences. 2020. Vol. 158. 106529.
3. Akdag O., Akkus Y., Çetin B., Dursunkaya Z. Interplay of transport mechanisms during the evaporation of a pinned sessile water droplet. Physical Review Fluids. 2021. Vol. 6. 073605.