

ӘОЖ 532.75

**ГРАВИТАЦИЯ САЛАСЫНДАҒЫ БІР ЭМУЛЬСИЯЛЫҚ ТАМШЫЛАРДЫҢ
УЛЬТРА ЖОҒАРЫ ЖИІЛІКТІК ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ӨРІСІН ҚЫЗДЫРУДЫ
ЗЕРТТЕУ**

Есенбаева Гүлбану Рақымжанқызы

banuka_96.21@mail.ru

Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ-нің Механика-математика факультеті студенті,

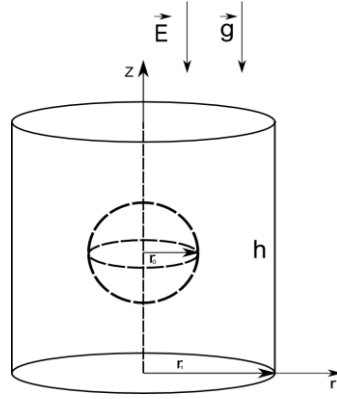
Нур-Султан, Қазақстан

Ғылыми жетекші – Б.С.Шалабаева

Электр өрісі арқылы туындаған конвективті токтар ескеріліп, электромагниттік өріс арқылы тамшыларды қыздыру мәселесі қарастырамыз. Тор ішіндегі және сыртындағы сұйықтықтың жылдамдық векторының компоненттері үшін өрнектерді тор қабылданды. ЭМ өрісінің микротолқынды диапазондағы эмульсиялық құлдырау әсерін моделдеу кезінде электр өрісі арқылы туындаған конвективтік токтардың әсері ескерілмеуі мүмкін.

Бұл жағдайда температуралық градиент есебінен туындайтын конвективті ағындарды есепке ала отырып, гравитациялық өрістегі тамшылы қыздырудың микротолқынды ЭМӨ мәселесі қарастырамыз.

Гравитация (g) және электромагниттік өріс (E) радиусы r_0 ішіндегі және сыртындағы сұйықтықтың жылу қозғалысын қарастырыңыз. Сфералық құлдырау цилиндрлік ыдыстың ортасында биіктігі h және базалық радиусы r_1 (1 сурет) орталығында орналасқан, ось өз гравитациялық жеделдету векторына және электр өрісінің векторына бағытталған, Ось сфералық тамшылардың ортасынан өтеді.



Сурет 1 Есептеу аймағының сызбасы.

Цилиндрлік жылу конвенциясының теңдеулер жүйесін жазадыосытік симметриялық геометриядағы үйлестіру жүйесі:

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \rho u u) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho v u) = -\frac{\partial p}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \eta \frac{\partial u}{\partial r}) + \frac{\partial}{\partial z} (\eta \frac{\partial u}{\partial z}) - \eta \frac{u}{r^2} + f_r, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho v}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \rho u v) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho v v) = -\frac{\partial p}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \eta \frac{\partial v}{\partial r}) + \frac{\partial}{\partial z} (\eta \frac{\partial v}{\partial z}) + f_z + \rho g f(T), \quad (2)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \rho u) + \frac{\partial \rho v}{\partial z} = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial \rho c T}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \rho c u T) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho c v T) = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r k \frac{\partial T}{\partial r}) + \frac{\partial}{\partial z} (k \frac{\partial T}{\partial z}) + q, \quad (4)$$

мұндағы, c , k - тығыздығы, нақты жылу және коэффициентортаны жылу өткізгіштігі; η - динамикалық коэффициентініңсұйықтық тұтқырлығы; u , v - жылу қозғалыс жылдамдығының құрамдас бөліктері және z координаттары бойынша сұйықтықтары; ρ - қысым; f_r, f_z - координаталық осьтерде массив күштерінің проекциясы; T - температура; q – тығыздығы қоршаған ортаға бөлінген жылу көздері; $f(T)$ - функция сипаттамасы сұйықтық тығыздығын температурада өзгерту; g - гравитациялық жеделдету.

Тұтқыр сұйықтық ағындарын модельдеу кезінде Эйлер және Лагранж әдісінің ерітінділері сәтті қолданылады. Олардың әрқайсысының өз артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Алайда, біз қарастырған мәселелерді шешуде, екі сұйықтық арасындағы интерфейс лагранж әдістерін қолдануға болмайтын үлкен деформацияларға ұшырауы мүмкін. VOF (Volume of Fluid) әдісі 1975 жылы Hurt (C.W. Hirt) және Николс (Б.Д. Николс) әзірлеген, тұтқырлық Ньютон сұйықтықтары арасындағы интерфейспен модельдеу үшін (Hirt, 1981). Бұл Эйлер-Лагранж әдістерінің класына жатады, өйткені бір жағынан, әдіс бірыңғай Эйлерлік торды пайдаланады, ал екінші жағынан шекара Лагранж жолымен жүреді.

VOF әдісінің негізгі идеясы - бір сұйықтықтағы 1 мәнін және 0 мәнін қабылдайтын χ функциясын енгізу. Сонда χ функциясы үшін келесі теңдеуді жаза аламыз:

$$\frac{\partial \chi}{\partial t} + u \frac{\partial \chi}{\partial x} + v \frac{\partial \chi}{\partial y} = 0, \quad (5)$$

мұндағы u және v жылдамдық өрісінің компоненттері болып табылады.

χ функция үшін дискретті ретінде C_{ij} функциясын қарастырамыз, егер 1-ге тең ұяшық (i, j) толығымен бірінші сұйықтықты толтырылса; 0-ге тең ұяшық (i, j) толығымен екінші сұйықтық толтырылса; және ақырында сұйықтықтар арасындағы шекара жасушадан (i, j) өтетін болса $0 < C_{ij} < 1$.

VOF әдісінің әр қадамы келесі этаптардан тұрады:

- сұйықтардың біреуінің көлемді көлемінің негізінде әрбір есептеуіш ұяшық интерфейске қалыпты түрде салынған;
- ұяшық ішіндегі қалыпты векторды білу бұл интерфейсте жасалады ұяшықты оң немесе басқа сұйықтығы бар екі бөлікке бөледі;
- интерфейс ағымдық өріске жылжытылады және көлемі бар сұйықтық көршілес жасушаларға төгіледі.

Қолданылған әдебиеттер:

1. Finite-difference Techniques for Vectorized Fluid Dynamics Calculations / Ed. by D.L. Book. – New York; Heidelberg; Berlin; Springer-Verlag, 1981. – 240 p.
2. Fortuny M., Oliveira C., Melo R.. Effect of salinity, temperature, water content, and pH on the microwave emulsification of crude oil emulsions // *Energy & Fuels* 2007, 21, 1358-1364
3. Griebel M., Dornseifer T., Neunhoffer T. Numerical Simulation in Fluid Dynamics // SIAM monographs on mathematical modeling and computation. 1998. 217 p.
4. Kleot J.V. Some interfacial characteristics and other physical properties of bituminous froth emulsion systems/ PhD. Thesis, University of Calgary – 2000.
5. Martinez J-M., Chesneau X., Zeghmati B.. A new curvature technique calculation for surface tension contribution in PLIC-VOF method. *Comput Mech*, 37, 2006, P. 182–193