ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -3

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 3

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

УДК 539; 539,3; 532.5

СТАЦИОНАРНЫЕ ЗАДАЧИ О ТЕЧЕНИЯХ МНОГОФАЗНЫХ СМЕСЕЙ

Юлдашов Аскар Адизович

Старший преподаватель (PhD) кафедры "Искусственный интеллект и цифровая технология" Бухарского государственного технического университета, Бухара, Республика Узбекистан.

E-mail: askar021954@mail.ru.

Аннотация. С увеличением скорости частиц потока многофазной смеси происходит увеличение массы переноса, который способствует возникновению кавитационных процессов, вихреобразованию, потери устойчивости волн на свободной поверхности. Возникновение интенсивного воздействия на твердые границы могут быть размывающими и деформирующими. В связи с этими явлениями в механике многофазной жидкости необходимо выбрать соответствующие модели, отражающие кинематические и динамические свойств твердых границ, сил инерции, силы взаимодействия и применять методы подобия с учетом характерных свойств границы течения и частиц каждой фазы многофазной смеси. Модели и методы решения задач усложняются, если течение многофазной смеси сопровождается различными процессами, такими как массообменные, испарение, дробление, растворение в несущих средах и другие.

Ключевые слова: скорость, частиц, поток, масса, кавитация, твердых границ, волна, деформация, сил инерция, многофазной смеси.

Annatatsiya. Ko'p fazali aralashma oqimining zarrachalar tezligi oshgani sayin, transport massasi oshadi, bu esa kavitatsiya jarayonlarining paydo bo'lishiga, girdob hosil bo'lishiga va erkin sirtda to'lqin barqarorligining yo'qolishiga olib keladi. Qattiq chegaralarga kuchli ta'sir eroziv va deformatsiyalovchi bo'lishi mumkin. Ko'p fazali suyuqlik mexanikasidagi bu hodisalar qattiq chegaralarning kinematik va dinamik xususiyatlarini, inersiya kuchlarini va o'zaro ta'sir kuchlarini aks ettiruvchi mos modellarni tanlashni va ko'p fazali aralashmaning har bir fazasining oqim chegarasi va zarralarining xarakterli xususiyatlarini hisobga oladigan o'xshashlik usullarini qo'llashni talab qiladi. Agar ko'p fazali aralashmaning oqimi massa almashinuvi, bug'lanish, parchalanish, tashuvchi muhitda erishi va boshqalar kabi turli jarayonlar bilan birga bo'lsa, modellar va muammolarni yechish usullari yanada murakkablashadi.

Kalit so'zlar: tezlik, zarrachalar, oqim, massa, kavitatsiya, qattiq chegaralar, to'lqin, deformatsiya, kuchlar, kuch chiziqlari, ko'p fazali aralashma.

Abstract: As the particle velocity of a multiphase mixture flow increases, the

transport mass increases, which contributes to the occurrence of cavitation processes, vortex formation, and the loss of wave stability on the free surface. The intense impact on solid boundaries can be erosive and deforming. Due to these phenomena in multiphase fluid mechanics, it is necessary to select appropriate models that reflect the kinematic and dynamic properties of solid boundaries, inertial forces, and interaction forces, and to apply similarity methods that take into account the characteristic properties of the flow boundary and particles of each phase of the multiphase mixture. Models and problem-solving methods become more complex if various processes, such as mass transfer, evaporation, fragmentation, dissolution in carrier media, and others, accompany the flow of a multiphase mixture.

Keywords: velocity, particles, flow, mass, cavitation, solid boundaries, wave, deformation, forces, inertia, multiphase mixture.

ВВЕДЕНИЯ.

В теории многофазных сред рассматриваются, в основном, гомогенные или гетерогенные смеси [6,8]. В гомогенных смесях перемешивание фаз происходит на молекулярном уровне (к ним относятся смеси газов, нефте, растворов, сплавов, смеси растворенных жидкостей).

Гетерогенные смеси отличаются тем, что процессы тепло и массообменная происходят на макроскопическом уровне и неоднородность фаз существенно влияет на гидра газодинамические параметры потока. К гетерогенным смесям относятся неоднородные многофазные среды, такие как газ взвеси, суспензии, эмульсии, композитные материалы и др. [3,6].

Наиболее часто встречаемыми и подробно изученными гетерогенными средами являются дисперсные смеси, состоящие из двух фаз, где несущей фазой является жидкость. К ним относятся [15]:

– суспензии (смеси жидкости с мелкими твердыми частицами);
– эмульсии (смеси жидкости с каплями другой жидкости);

Гидравлика многофазных сред основывается на основных гипотезах механики сплошных сред (сплошность среды, абсолютность времени для каждой точки сплошной среды, деформируемость элементарных частиц среды, возможность применения теории ньютоновской механики, где скорость частиц каждой фазы намного меньше чем скорость света). Наряду с этим в механике многофазных сред приняты допущения [3]:

–размеры частиц дисперсных фаз намного больше чем молекулярно-кинетических размеров;

ISSN 3030-3907

–предполагается, что в любой точке области, занимаемой многофазной средой, имеются частицы каждой фазы с соответствующими им физическими и динамическими параметрами.

Рассматривается многофазная (n-фазная) среда с конечным объёмом W $(W<\infty)$. Каждая фаза многофазной среды имеет истинную плотность $\rho_{ni}(n=1,2....N)$ и занимает конечный объём, равный W_n.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ:

В статье рассматривается из условия сплошности фаз сред, можно написать следующее равенство для объема смеси

$$W=\sum_{n=1}^{N}W_n \qquad (1)$$

Где W_n – объем *n*-ой фазы смеси; W –общий объем многофазной смеси.

Введем объёмную концентрацию *n*-ой фазы смеси в виде [6]

$$f_n=\frac{W_n}{W} \qquad (2)$$

Согласно определению, истинная плотность $n-$фазы смеси определяется равенством

$$\rho_{ni}=\frac{M_n}{W_n},(n=1,2)$$

Из равенств (1.1) и (1.2) получим зависимость для объёмных концентраций среды

$$\sum_{n=1}^{N}f_n=1. \qquad (3)$$

Наряду с этим, введем приведенную плотность, определяемую равенствами

$$\rho_n=\frac{M_n}{W},\ \ (n=1,2)$$

Согласно определению, истинная плотность $n-$фазы смеси определяется равенством

$$\rho_{ni}=\frac{M_n}{W_n},(n=1,2)$$

так что из равенства (2) получим выражения для приведенной плотности *n*- ой фазы в виде:

$$\rho_n=\frac{M_n}{W_n}\frac{W_n}{W}=\rho_{ni}f_n. \qquad (4)$$

ISSN 3030-3907

Так же введем понятие приведенной плотности смеси многофазной среды [11]:

$$\rho = \sum_{n=1}^{N} \rho_n = \sum_{n=1}^{N} \rho_{ni} f_n \ . \qquad (5)$$

Предположим, что каждая частица n-ой фазы имеет скорость $\vec{V}_n$. Тогда скорость смеси определяется в виде [3,16]:

$$\rho \vec{V}_{см} = \sum_{n=1}^{N} \rho_n \vec{V}_n = \sum_{n=1}^{N} \rho_{ni} f_n \vec{V}_n \ , \qquad (6)$$

а диффузионная скорость [5,11]

$$\vec{W}_n = \vec{V}_n - \vec{V}_{см} .$$

Учитывая равенство (6), диффузионную скорость можно написать в виде

$$\vec{W}_n = \vec{V}_n - \sum_{n=1}^{N} c_n f_n \vec{V}_n \ , \qquad (7)$$

где

$$c_n = \rho_{ni} / \rho_{см} \qquad (8)$$

массовая концентрация [7,11]; $\rho_{см} = \sum_{n=1}^{N} \rho_{ni} f_n$ – плотность смеси.

Для конечного объёма, вследствие неоднородности деформирования каждой фазы среды, введение единого евклидового пространства не представляется возможным, поскольку каждая частица n-ой фазы движется по определенному закону $x_n^{(k)}(t) = f_n^{(k)}(t)$ (здесь и в дальнейшим всюду примем $x_n^{(k)}$ – Эйлеровых координат). Радиус вектор n-ой фазы определяется равенством

$$\vec{r}_n(t) = x_n^{(k)}(t)\vec{\Im}_k = x_n^{(1)}(t)\vec{\Im}_1 + x_n^{(2)}(t)\vec{\Im}_2 + x_n^{(3)}(t)\vec{\Im}_3 \qquad (9)$$

В связи с этим введем так называемую субстанционную производную по времени, определяемую равенствами [3,5,9]:

$$\frac{d_n \vec{F}\left(x_n^{(k)}, t\right)}{dt} = \frac{\partial \vec{F}\left(x_n^{(k)}, t\right)}{\partial t} + \vec{V}_n \cdot \vec{\nabla} \vec{F}\left(x_n^{(k)}, t\right), \qquad (10)$$

Где $\vec{V}_n = u_n \vec{i} + v_n \vec{j} + w_n \vec{k}$

Применив закон сохранения массы, получим уравнение неразрывности:

$$\frac{dM_n}{dt} = \sum_{\substack{n=1 \\ n \neq k}}^{N} J_{nk} \ ,$$

ISSN 3030-3907

$$\frac{d}{dt}\left(\int_{W_n}\rho\tau\right)=\int_{W_n}\sum_{n\neq k}^{N}J_{nk}d\tau\,,$$

Где J_{nk} – интенсивность переноса массы из k-ой фазы в n-ую фазу.

Это уравнение можно написать также в виде:

$$\int_{W_n}\left(\frac{d\rho_n}{dt}+\rho_n div\vec{V}_n-\sum_{\substack{n=1\\n\neq k}}^{N}I_{nk}\right)d\tau=0\,.$$

Так образом, уравнение неразрывности, в случае рассмотрения динамических параметров, входящих в класс непрерывных функций, можно записать в виде:

$$\frac{\partial\rho_n}{\partial t}+div\left(\rho_n\vec{u}_n\right)=\sum_{k=1}^{N}J_{nk}\,. \qquad (11)$$

Аналогичным образом записываются уравнения изменения количества движения n-ой фазы смеси:

$$\rho_n\frac{d_n\vec{V}_n}{dt}=\rho_n\vec{F}_n+\nabla^k\sigma_n^k+\vec{P}_n-f_n gradp+K\left(\vec{V}_p-\vec{V}_n\right), \qquad (12)$$

где σ_n^k – компоненты тензора напряжений n-ой фазы смеси;

$$\vec{P}_n=\sum_{\substack{j=1\\(j\neq n)}}^{N}\vec{P}_{nj}\,,$$

Здесь $\vec{P}_{nj}$ – вектор интенсивности обмена импульсами между n-й и j-й фазами смеси.

Пользуясь законом об изменении энергии потока многофазной среды (на примере дисперсной смеси), запишем уравнение в виде [8,15]:

$$\rho_n\frac{d_n}{dt}\left[\widetilde{U}_n+\frac{V_n^2}{2}\right]=\vec{\nabla}\left(c_n-q_n\right)+\rho_n\vec{F}\cdot\vec{V}_n+\sum_{k=1}^{N}E_{kn}\,, \qquad (13)$$

Где E_{kn} – интенсивность обмена энергии между k-й и n-й фазами многофазной смеси, q_n – приток внешней энергии, отнесенной к единице массы.

Таким образом, в декартовых координатах, согласно модели, многофазных взаимопроникающих взаимодействующих сред, полная система уравнений включает уравнение неразрывности:

ISSN 3030-3907

$$\frac{\partial \rho_n}{\partial t} + div\left(\rho_n \vec{V}_n\right) = \sum_{\substack{k=1 \\ n \neq k}}^{N} J_{nk}\,, \qquad (17)$$

(J_{nk} – относительный массоперенос при фазовых превращениях) и уравнения сохранения количества движения [9]:

$$\begin{cases} \rho_n \dfrac{du_n}{dt} = \dfrac{\partial P_{nxx}}{\partial x} + \dfrac{\partial P_{nxy}}{\partial y} + \dfrac{\partial P_{nxz}}{\partial z} + \rho_n X_n + \sum\limits_{j=1}^{N} k\left(u_j - u_n\right), \\ \rho_n \dfrac{dv_n}{dt} = \dfrac{\partial P_{nyx}}{\partial x} + \dfrac{\partial P_{nyy}}{\partial y} + \dfrac{\partial P_{nyz}}{\partial z} + \rho_n Y_n + \sum\limits_{j=1}^{N} k\ \left(v_j - v_n\right), \\ \rho_n \dfrac{dw_n}{dt} = \dfrac{\partial P_{nzx}}{\partial x} + \dfrac{\partial P_{nzy}}{\partial y} + \dfrac{\partial P_{nzz}}{\partial z} + \rho_n Z_n + \sum\limits_{j=1}^{N} k\ \left(w_j - w_n\right); \end{cases} \qquad (18)$$

где P_{nxx}, $P_{nxy} = P_{nyx}$, $P_{nxz} = P_{nzx}$, $P_{nyz} = P_{nzy}$, P_{nyy}, P_{nzz} – компоненты тензора напряжений смеси многофазных сред в области течения, которые определяются равенствами [15]:

$$P_{nxy} = P_{nyx} = f_n \mu_n \left(\frac{\partial u_n}{\partial y} + \frac{\partial v_n}{\partial x}\right),\ P_{nxz} = P_{nzx} = -f_n \mu_n \left(\frac{\partial w_n}{\partial x} + \frac{\partial u_n}{\partial z}\right),$$

$$P_{nyz} = P_{nzy} = f_n \mu_n \left(\frac{\partial w_n}{\partial y} + \frac{\partial v_n}{\partial z}\right),\ P_{nxx} = f_n \left[-p - \frac{2}{3}\mu_n div\,\vec{V}_n + 2\mu_n \frac{\partial u_n}{\partial x}\right],$$

$$P_{nyy} = f_n \left[-p - \frac{2}{3}\mu_n div\,\vec{V}_n + 2\mu_n \frac{\partial v_n}{\partial y}\right],\ P_{nzz} = f_n \left[-p - \frac{2}{3}\mu_n div\,\vec{V}_n + 2\mu_n \frac{\partial w_n}{\partial z}\right]$$

Учитывая эти зависимости для компонент тензора напряжений каждой фазы, уравнение (1.18) пишется в виде (здесь предполагается, что каждая фаза рассматриваемой многофазной смеси несжимаема, то есть $\rho_{ni} = const$, тогда $div(f_n \vec{V}_n) = 0$):

$$\begin{cases} \rho_n\left[\frac{\partial u_n}{\partial t}+u_n\frac{\partial u_n}{\partial x}+\vartheta_n\frac{\partial u_n}{\partial y}+w_n\frac{\partial u_n}{\partial z}\right]=-f_n\frac{\partial p}{\partial x}+\rho_n X_n+\frac{\partial}{\partial x}\left[f_n\mu_n\frac{\partial u_n}{\partial x}\right]+ \\ +\frac{\partial}{\partial y}\left[f_n\mu_n\frac{\partial u_n}{\partial y}\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[f_n\mu_n\frac{\partial u_n}{\partial z}\right]+\sum_{j=1}^{N}k\ \left(u_j-u_n\right), \\ \rho_n\left[\frac{\partial v_n}{\partial t}+u_n\frac{\partial v_n}{\partial x}+\vartheta_n\frac{\partial v_n}{\partial y}+w_n\frac{\partial v_n}{\partial z}\right]=-f_n\frac{\partial p}{\partial y}+\rho_n Y_n+\frac{\partial}{\partial x}\left[f_n\mu_n\frac{\partial v_n}{\partial x}\right]+ \\ +\frac{\partial}{\partial y}\left[f_n\mu_n\frac{\partial v_n}{\partial y}\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[f_n\mu_n\frac{\partial v_n}{\partial z}\right]+\sum_{j=1}^{N}k\left(v_j-v_n\right), \\ \rho_n\left[\frac{\partial w_n}{\partial t}+u_n\frac{\partial w_n}{\partial x}+\vartheta_n\frac{\partial w_n}{\partial y}+w_n\frac{\partial w_n}{\partial z}\right]=-f_n\frac{\partial p}{\partial z}+\rho_n Z_n+\frac{\partial}{\partial x}\left[f_n\mu_n\frac{\partial w_n}{\partial x}\right]+ \\ +\frac{\partial}{\partial y}\left[f_n\mu_n\frac{\partial w_n}{\partial y}\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[f_n\mu_n\frac{\partial w_n}{\partial z}\right]+\sum_{j=1}^{N}k\left(w_j-w_n\right); \end{cases} \quad (19)$$

где X_n, Y_n, Z_n – компоненты объемной силы, действующей на частицу n – ой компоненты смеси. Для определения поля скоростей, давлений, плотности и концентрации к системе уравнений (1.19) при необходимости прибавляются основные. Полная система уравнений позволяет определить переменные компоненты вектора скорости каждой фазы (u_n, ϑ_n, w_n), f_n, ρ_{ni} – давления и плотности, концентраций фаз, для которых, в зависимости от рассматриваемых задач, формируются соответствующие начальные и краевые условия.

Полученная полная система уравнений является нелинейной. Имеются определенные сложности, зависящие от кинематических и динамических условий и постановки задачи. Поэтому только в некоторых случаях получены решения в аналитической форме. Чтобы облегчить процесс решения задач, система уравнений линеаризуется, или же ищутся соответствующие автомодельные решения [17].

При рассмотрении задач о ламинарном движении многофазной смеси вязких жидкостей в длинной трубе (в области $-\infty < x < \infty,\ 0 < r < R$) предположено, что линии тока параллельны относительно оси симметрии цилиндрической трубы [10]. Соответственно, вектор скорости остается параллельным к оси симметрии и при такой постановке получено параболическое распределение продольной составляющей вектора скорости. Получена формула для определения расхода смеси [10]. В случае, когда цилиндрическая труба полуограниченная или имеет конечную длину, то принятые предположения не уместны, и вектор скорости в области течения может иметь произвольное направление. Если труба полуограниченная, то вдали от входа в трубу за счет трения происходит

ISSN 3030-3907

перераспределение скоростей, и возникают отмеченные выше распределения скоростей в трубе. А вблизи от входа в трубу возникает начальный участок, показатели которого взаимодействуют в зависимости от входных параметров, гидродинамического взаимодействия потока и межфазного взаимодействия [1,10].

В качестве примера рассмотрим задачу об определении длины начального участка при движении двухфазной дисперсной смеси в полуограниченной цилиндрической круглой трубе, которая при постоянной концентрации решена в работах некоторых авторов [12]. Задача о ламинарном движении в полу бесконечной цилиндрической трубе смеси, состоящей из вязки и идеальной жидкости, решена в работе [2]. Течение стационарное, осесимметричное, обе фазы несжимаемы, концентрации постоянны. Ось Oz направлена по оси цилиндра, вектор скорости частиц смеси имеет вид:

$$\vec{V}_n = u_{nz}\vec{k} + u_{nr}\vec{e}_r ,$$

Где u_{nz}, u_{ni} – компоненты вектора скорости по осевому и радиальному направлениям. Тогда уравнение движения в Озееновом приближении имеет вид:

$$u_{nz}\frac{\partial u_{nz}}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_{ni}}\frac{\partial P}{\partial z} + \frac{k}{\rho_n}\left(u_{pz} - u_{nz}\right)$$

а уравнение неразрывности

$$\frac{\partial u_{nz}}{\partial z} + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r v_{nz}\right) = 0 ;$$

где ν_n – кинематический коэффициент n-ой фазы смеси (полагая $u_{nr} = 0$).

Граничные условия имеют вид:

$$u_{1z} = v_1, u_{2z} = v_2 \text{ при } z = 0; u_{2z} = 0 \text{ при } r = 0;$$

а условия постоянства расходов:

$$\frac{1}{2}\int_0^R u_{nz} r dr = \pi R^2 V_n .$$

Решение осуществлено с применением [8,11] преобразования Лапласа-Карсона:

ISSN 3030-3907

$$V_{1z} = -\frac{4kV_2}{\rho_1 V_1}\sum_{m=1}^{\infty}\frac{1}{\gamma_m^2}\left[1-\frac{J_0(r\gamma_m)}{J_0(\gamma_m)}\right]\left[\frac{\exp(p_{1m}z)-\exp\left(-\frac{k}{\rho_1 V_1}z\right)}{A_1 p_{1m}+\frac{k}{\rho_1 V_1}}\right]+ \quad (20)$$

$$+V_2\left(1-2\frac{r^2}{R^2}\right)\left(1-\exp(a_1 z)\right)+V_1,$$

$$V_{2z} = 2V_2\left(1-\frac{r^2}{R^2}\right)-4V_2\sum_{m=1}^{\infty}\frac{1}{\gamma_m^2}\left[1-\frac{J_0\left(\frac{r}{R}\gamma_m\right)}{J_0(\gamma_m)}\right]\left[\frac{\exp(p_{1m}z)}{A_1}+\exp\left(-\frac{p_{2m}z}{B_1}\right)\right]. \quad (21)$$

Определены длины начальных участков фаз [4,14]:

$$L_1 = \frac{1}{p_{11}}\ln F\left(V_1, V_2, \gamma_1, \frac{k}{V_1, \rho_1}\right), \quad L_2 = \frac{1}{p_{11}}\frac{J_0(\gamma_2)-1}{0{,}005 A_2 J(\gamma_2)}.$$

Результаты моделирования:

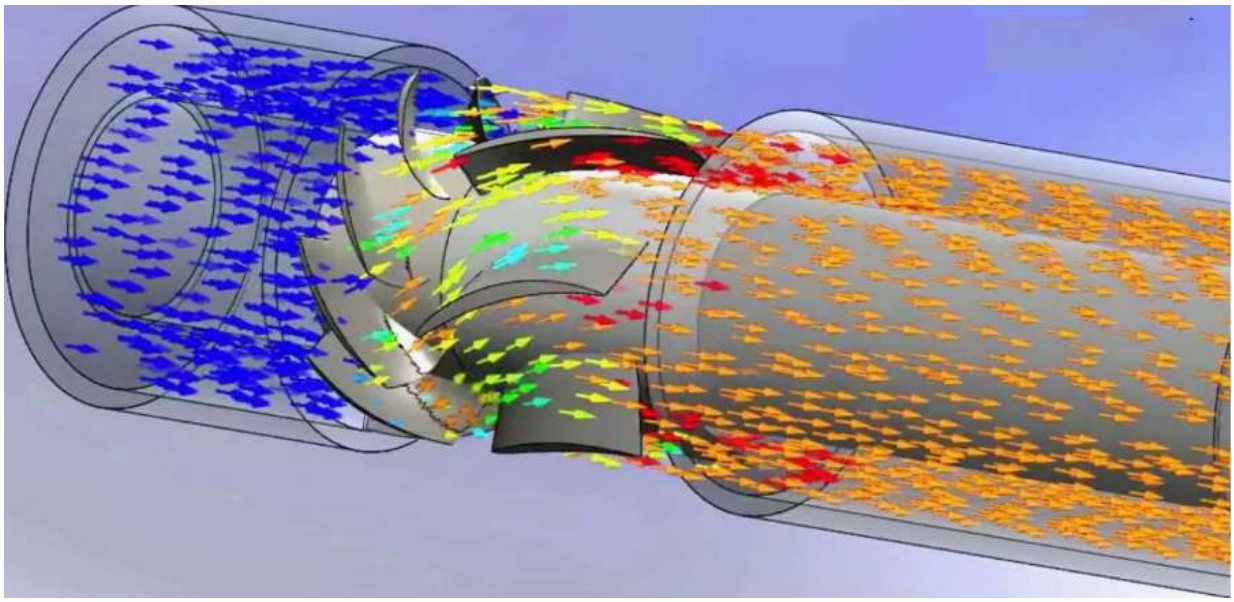


Рис.1 Начальные фазы течение жидкости в осевом насосе

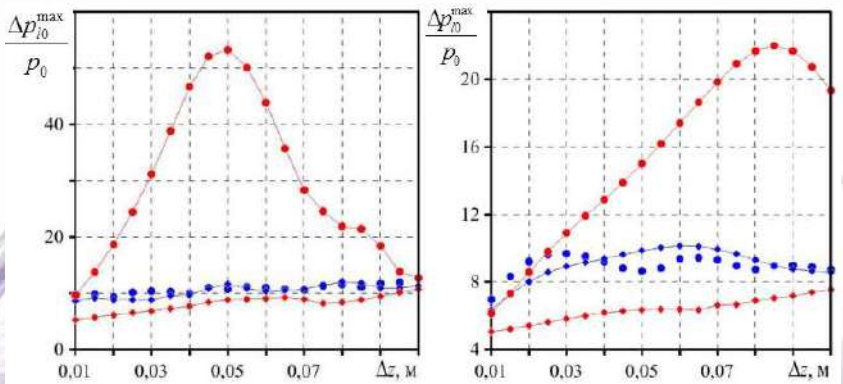


Рис. 2.

ISSN 3030-3907

Рис. 2. Зависимость максимального давления на оси и внешней стенке трубы от протяженности пузырьковой области Δz. Символы • соответствуют центру канала, ♦– стенке канала. Красным цветов представлен сплошной цилиндр, синим – область в форме проколотого цилиндра. Левый рисунок для объемного содержания пузырьков 10^{-2}, правый – 10^{-3}.

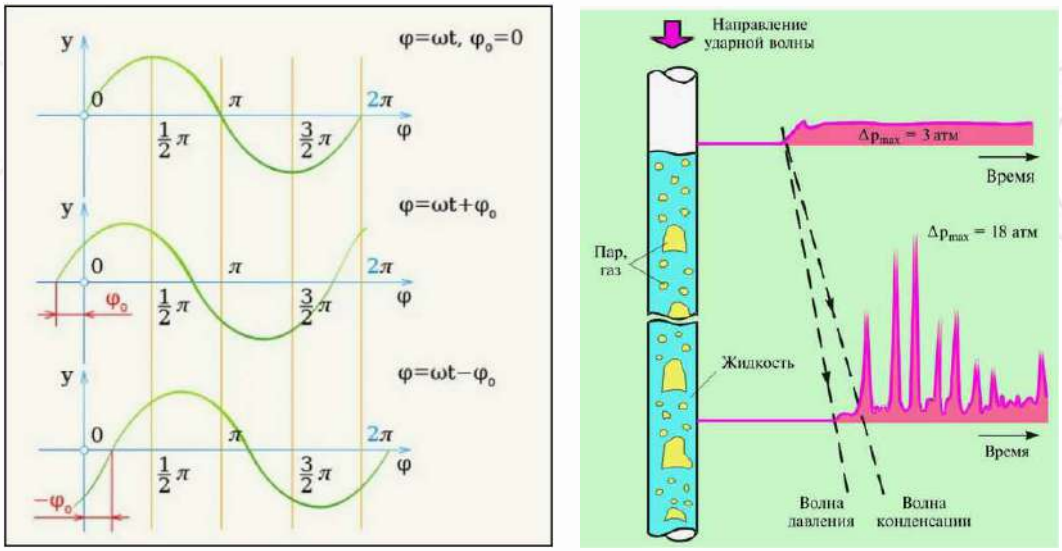


Рис.3 Усиление амплитуды ударной волны в парожидкостной смеси

Таким образом, в данном параграфе представлены уравнения движения многофазной среды, обсуждены задачи выбора применения математических моделей в зависимости от влияния входных и выходных показателей многофазного потока и приведено решение задачи о течении многофазной среды на начальном участке осесимметричной трубы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В случае, когда на любом протяжении трубы влияние условий при входе и выходе существенно влияют на распределение скорости, то при гидравлическом расчете для трубы конечной длины необходимо учесть распределения скоростей, давлений и концентраций на начальном участке трубы, обусловленные условиями при входе и на выходе;

2. Если влияние условия при выходе из трубы пренебрежимо мало, то необходимо учитывать лишь условия у входа и решить задачу для течения в полуограниченной трубе, где учитывается наличие начального участка вблизи входа, а вдали распределение скоростей будет как в задаче о течении в бесконечно длинной трубе;

3. Когда влияния условия при входе и на выходе пренебрежимо малы, то нужно рассматривать задачу о течении жидкости в трубе с бесконечной длиной;

ISSN 3030-3907

4. Увеличение скорости частиц потока дисперсной смеси способствует возникновению кавитационных процессов, вихреобразованию, вплоть до потери устойчивости волн на свободной поверхности.

5. Если условия при выходе из трубы пренебрежимо малы, то нужно учитывать лишь условия у входа, и решить задачу как о течении в полуограниченной трубе, где учитывается наличие начального участка вблизи входа, а вдали распределение скоростей будет как в задаче о бесконечно длинной трубе; когда же условия и при входе, и на выходе пренебрежимо малы, то нужно рассматривать как задачу о течении жидкости в трубе бесконечной длины.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гиневский А.С. Теория турбулентных струй и следов. – М.: Машиностроение, 1969. – 198-252 с.
2. Дюнин А.К., Борщевский Ю.Т., Яковлев.Н.А. Основы механики многокомпонентных потоков. –Новосибирск: СО АН СССР, 1965. – 32-76 с.
3. Краснов Н.Б., Кошевой В.Н., Калугин В.Т. Аэродинамика отрывных течений. – М.: Высшая школа, 1988. – 351 с.
4. Мирсаидов М.М., Трояновский И.Е. Динамика неоднородных систем с учетом внутренней диссипации и волнового уноса энергии. –Ташкент: Фан, 1990. – 108 с.
5. Мирсаидов М.М. Краткий обзор состояния проблемы по оценке прочности и сейсмостойкости грунтовых гидротехнических сооружений // Современные проблемы механики: Материалы международной конференции. 23-24 сентября 2009. – Ташкент: ИМиСС АН РУз, 2009. Часть 1. – С. 397-402.
6. Расчет деформации русла в нижнем бьефе низконапорных гидроузлов. – Ташкент: САНИИРИ, 1984. – 16 с.
7. Рахматуллин Х.А., Согомонян А.Я., Бунимовыч А.И., Зверев И.Н. Газовая динамика. – М.: Высшая школа, 1965. – 722 с.
8. Рахматуллин Х.А. Основы гидродинамики взаимопроникающих движений // Прикладная математика и механика. Т.20. – 1956. – Вып.2. –С. 184-195.
9. Ржаницын Н.А. Морфометрические и гидрологические закономерности строения речной сети. –Л.: Гидрометеоиздат, –1960. –238 с.
10. Седов Х.Х. Механика сплошных сред. –М.: Наука, 1976. –275 с.
11. Усманов Г.У., Хамидов А.А. Первые интегралы уравнения движения смеси идеальных жидкостей // Доклады АН РУз. –Ташкент, 2000. – №1. – С. 32-34.

ISSN 3030-3907

12. Файзуллаев Д.Ф., Умаров О.И., Шакиров А.О. Гидродинамика одно- и двухфазных сред и ее практические приложения. – Ташкент: Фан, 1980. – 168 с.
13. Файзуллаев Д.Ф., Наврузов К.Н. Гидродинамика пульсирующих потоков. – Ташкент: Фан, 1986. – 192 с.
14. Файзуллаев Д.Ф. Пульсирующее движение двухфазных сред в кольцевой трубе при наличии пристенных слоев // Гидрогазодинамика: Сб. научн. трудов. – Ташкент: Фан, 1986. –С.35.
15. Франкль Ф.И. Уравнения энергии для движения жидкости со взвешанными наносами // Доклады АН СССР, 1955, Т. 102. –№5. –С.903-906.
16. Хамидов А.А., Шокиров А.О., Юнусов Ф.А. Кавитационные течения смеси идеальных жидкостей в канале с разветвлением // Проблемы механики, – Ташкент, 2005. – №4. – С. 28-30
17. Хамидов А.А., Худайкулов С.И., Юлдошев А.А. Алгоритм устойчивости круглой струи дисперсной смеси в среде дисперсной смеси // Проблемы энергетики и информатики. –Ташкент, 2008. –№6. – С. 94-98.

ISSN 3030-3907