УДК 532.531

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ МНОГОФАЗНЫХ ЖИДКОСТЕЙ К ЗАДАЧАМ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОДОЙ ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСОВ

Докторант. Хайруллаев Р.С. Докторант. Жўрахонова Ш.М

Аннотация: Бир ва кўп фазали суюкликлар окими назарияси уй жойларни сув билан таъминлаш масаласига қўллаш. Ушбу мақолада бир ва кўп фазали суюқликларнинг икки ўлчовли масалалари учун харакат тенгламаси олиниб, тенгламани ечишнинг асосий усуллари берилган ва усулнинг ишлаб чиқариш масалаларига қўлланиши келтирилган.

Аннотация: «Применение модели многофазных жидкостей к задачам обеспечение водой жилых комплексов». Для рассматриваемой работы приняты уравнениядвижения одно- и многофазных потоков жидкостей, даны основные методы решения уравнения и приведены применения метода для производственных задач.

Аннотация: The generalised model of the theory of streams of one- and multiphase liquids. The given work the equations for two-dimensional problems of one- and multiphase streams of liquids are accepted, the basic methods decisions the equations are given and methods of application of industrial problems are resulted.

Ключевые слова: изотермический процесс в гидросооружениях, гидросиловые установки, гидравлические потери, гидравлический удар.

Теория течений одно- и многофазных жидкостей основана академиком Х.А. Рахматулиным и развита многими выдающимися авторами, в том числе Узбекистане. Она имеет широкое практическое применение во многих отраслях техники, струйных аппаратах, машиностроение. В химической, пищевой, легкой промышленности, гидротехнике, транспортировке жидких и сыпучих материалов. А в последнее время практическое применения нашло в обеспечение водой жилых комплексов. Для обеспечение водой жилых комплексов необходимо создание струенное течение большим напором. Создание напора связано гидравлическим ударом струи потоков течений.

В теории струи несжимаемой жидкости в зависимости от типов плоских, пространственных задач о течении жидкости, газа и их смесей со свободными поверхностями и разработаны различные методы решения.

Для стационарного двумерного плоского, осесимметричного потенциального течения идеального сжимаемого газа с дозвуковой скоростью при политропическом процессе обобщен метод Жуковского-Чаплыгина проф. А.А. Хамидовым [4]. Им доказано, что искомая функция Жуковского для двумерных задач теории струй и функция Жуковского $\omega(\varsigma,\bar{\varsigma})$будут обобщенно аналитической функцией, а функция отображения $z(\varsigma,\bar{\varsigma})$ будет p,q аналитической функцией, когда комплексный потенциал аналитической функции в канонической области G_0 ($\varsigma=\xi+i\eta$) удовлетворяет уравнениям [4,5]

$$\omega_{\bar{\varsigma}}-q_1\omega_{\varsigma}-q_2\overline{\omega}_{\bar{\varsigma}}=F \qquad z_{\bar{\varsigma}}-\mu_2\bar{z}_{\bar{\varsigma}}=0$$

Решение уравнений имеет вид

$$\omega(\varsigma,\bar{\varsigma})=\omega_0(\varsigma)+T\omega, \qquad z(\varsigma,\bar{\varsigma})=z_0(\varsigma)+Tz$$

где $\omega_0(\varsigma)$ и $z_0(\varsigma)$ - решение плоской задачи

$$Tf=-\frac{1}{4\pi}\int_{G_0}\frac{\omega(t,\bar{t})dt}{t-\varsigma}.$$

Разработан приближенный метод двумерных задач теории плоских и осесимметричных струй сжимаемой жидкости [4-6]. Этим методом получены аналитические решения ряда задач струйных течений сжимаемой жидкости [7,8], а также для ряда классических осесимметричных задач несжимаемых жидкостей получены точные решения [5]. В работе [1] дается решение задачи о развитие кавитации в дисперсной смеси.

Двумерные задачи теории струй многофазной смеси жидкостей и газов. Для описания

физических свойств фаз многофазных сред приняты модель взаимопроникающих взаимодействующих сред, модель Х.А. Рахматуллина, описывающая движения жидкостей и газов в подвижной деформируемой среде [3,5].

Часто можно выделить компоненты потока, резко отличающиеся по свойствам: газ, жидкость, твердое вещество. Каждая из этих фаз может быть в двух качественно различных формах: несущей среды или несомой среды (дисперсной фазы).

Несущая среда может предполагаться абсолютно непрерывной (или просто непрерывной). В любой точке этой среды может быть размещен шар, состоящий из частиц рассматриваемой среды, который можно переместить в любую другую точку области, занятой средой. Напротив, несомая среда этим свойством не обладает. Например, частицы грунта в русловом потоке полностью окружены водой. От одной частицы грунта к другой нельзя перейти, минуя воду. Такую среду при малых размерах частиц предложено называть непрерывно диспергированной (или равномерно разрывной), условно сплошной средой [7,8].

Для дисперсной фазы не обязательно вводить гипотезу условной сплошности. В некоторых задачах, например при выводе критериев подобия, полезно сохранить дискретное рассмотрение.

Исследования струйных течений смеси вязких жидкостей позволяют раскрыть характер взаимодействия между фазами. Решение этих задач, наряду с теоретической значимостью, имеет ряд практических приложений в различных отраслях техники, промышленности и гидротехники.

В работах [4,5] получены первые интегралы уравнения движения смеси идеальных жидкостей для постоянной и переменной концентрации. Получим уравнение Бернулли для течения дисперсной смеси в руслах, реках, каналах и трубе и применим к решению различных задач.

Рассмотрим движения дисперсной смеси в взаимопроникающей и взаимодействующей модели Х.А.Рахматуллина. Уравнением движения и неразрывности, написанной в форме Громеко-Ламба будут [3-5]:

$$\rho_n \frac{\partial \vec{V}_n}{\partial t} + \rho_n grad \frac{V_n^2}{2} + 2\rho_n \left[\vec{\omega}_n, \vec{V}_n\right] = f_n \mu_n \nabla^2 \vec{V}_n + \rho_n \vec{F}_n - f_n grad\, \rho + K^* \left(\vec{V}_p - \vec{V}_n\right) \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho_n}{\partial t} + div\left(\rho_n \vec{V}_n\right) = 0 \quad (2)$$

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

где $\vec{V}_n$ - вектор скорости n-ной фазы смеси; ρ_n - приведенная плотность n -ной фазы смеси, определяемой равенством:

$$\rho_n = f_n \cdot \rho_{ni} \quad (4)$$

Здесь, ρ_{ni} - истинная плотность n -ной фазы смеси, μ_n -динамический вязкость, $\vec{F}_n$ - внешняя сила, отнесенная к единице массы.

$K^* = \sum_{i,\,j=1}^{N-1} K_{ij}$, K_{ij} - коэффициент взаимодействий i и j их фаз смеси.

В дальнейшем рассмотрим двухфазную или трехфазную смесь:при двухфазном потоке (поток воды с наносами или солью, влагой др.) коэффициент взаимодействия имеет вид:

$\vec{K}_1 = K\left(\vec{V}_p - \vec{V}_n\right);$

При трехфазном потоке коэффициент взаимодействия имеет вид:

$$\vec{K}_1 = K_{12}\left(\vec{V}_2 - \vec{V}_1\right) + K_{23}\left(\vec{V}_3 - \vec{V}_2\right) + K_{13}\left(\vec{V}_1 - \vec{V}_3\right)$$

Предположим, что внешние силы консервативные:

$$\vec{F}_n = -gradU_n \ ,$$

И процесс при движении смеси баротропический (давления является функцией истинных плотностей)

$$p = p(\rho_{ni}) \ .$$

Предположим также, что коэффициенты взаимодействия K^* - постоянны. Тогда уравнение (1) можно написать в виде:

$$\rho_{ni}\frac{\partial \vec{V}_n}{\partial t} + \rho_{ni}\, grad\frac{V_n^{\ 2}}{2} + 2\rho_{ni}\left[\vec{\omega}_n, \vec{V}_n\right] = -gradp + \mu_n \nabla^2 \vec{V}_n - \rho_{ni}\, gradU_n + \frac{K^*}{f_n}\left(\vec{V}_p - \vec{V}_n\right)$$

Уравнение (1) напишем в проекциях декартовых координат, умножив их на dx, dy, dz и слагая, получим:

$$\rho_n d\left[\frac{V_n^{\ 2}}{2} + \Pi_n + P_n\right] = f_n\mu_n\left(\nabla^2 u_n dx + \nabla^2 v_n dy + \nabla^2 w_n dz\right) - 2\rho_n\left[\left[\vec{\omega}_n, \vec{V}_n\right]_x dx + \left[\vec{\omega}_n, \vec{V}_n\right]_y dy + \right.$$

$$\left.\left[\vec{\omega}_n, \vec{V}_n\right]_z dz - \rho_n\left[\frac{\partial u_n}{\partial t}dx + \frac{\partial v_n}{\partial t}dy + \frac{\partial w_n}{\partial t}dz\right] + K\left[\left(u_p - u_n\right)dx + \left(v_p - v_n\right)dy + \left(w_p - w_n\right)dz\right]\right]$$

:здесь $P_n = \int \frac{dp}{\rho_{ni}}$ - функция давления для n n-ой фазы.

Вдоль линии тока и вихревой линии удовлетворяется следующее равенство

$$\left[\vec{\omega}_n, \vec{V}_n\right]_x dx + \left[\vec{\omega}_n, \vec{V}_n\right]_y dy + \left[\vec{\omega}_n, \vec{V}_n\right]_z dz \equiv 0 .$$

Тогда уравнения Бернулли вдоль линии тока и вихревой линии смеси напишем виде:

$$\rho_n d\left[\frac{V_n^{\ 2}}{2} + \Pi_n + \frac{P_n}{\rho_{ni}}\right] = f_n\mu_n\left[\nabla^2 u_n \cdot dx + \nabla^2 v_n \cdot dy + \nabla^2 w_n \cdot dz\right] + \\ + K\left[\left(u_p - u_n\right)dx + \left(v_p - v_n\right)dy + \left(w_p - w_n\right)dz\right] \quad (5)$$

В работе [4] доказано, что если $\rho_{1i} \cdot H_1 = \rho_{2i} \cdot H_2$ существует интеграл Бернулли для смеси идеальных жидкостей

$$\sum_{n=1}^{N} \rho_n H_n = const$$

где $H_n = \frac{V_n^{\ 2}}{2} + \Pi_n + \frac{P_n}{\rho_{ni}}$ - энергия потока, отнесенная к единице массы. Уравнение (5) можно написать в виде [4]:

$$d\left[\rho_n\frac{V_n^{\ 2}}{2} + \rho_n\Pi_n + P_n f_n\right] = f_n\mu_n\left[\nabla^2 u_n dx_n + \nabla^2 v_n dy_n + \nabla^2 w_n dz_n\right] +$$

$$+ K\left[\left(u_p - u_n\right)dx_n + \left(v_p - v_n\right)dy_n + \left(w_p - w_n\right)dz_n\right] + \rho_n\left(\frac{\partial u_n}{\partial t}dx_n + \frac{\partial v_n}{\partial t}dy_n + \frac{\partial w_n}{\partial t}dz_n\right)$$

Интегрируя полученное равенство, будем иметь для поперечных сечений потока:

$$\left[H_n\rho_n\right]_2 - \left[H_n\rho_n\right]_1 = -A_2 - A_1 + A_{K_2} - A_{K_1} + T_{n_2} - T_{n_1} \quad (6)$$

где $, A_1 = f_n \mu_n \left(\nabla^2 u_n dx_n + \nabla^2 v_n dy_n + \nabla^2 w_n dz_n \right)_1$

$A_2 = f_n \mu_n \left(\nabla^2 u_n dx_n + \nabla^2 v_n dy_n + \nabla^2 w_n dz_n \right)_2$

где
$$H_n \rho_n = \left[\rho_n \frac{V_n^2}{2} + \rho_n \Pi_n + P_n \cdot f_n \right]$$

$$A_{K_1} = K \left\{ \left[\left(u_p - u_n \right) dx + \left(v_p - v_n \right) dy + \left(w_p - w_n \right) dz \right] \right\}_1$$

$$A_{K_2} = K \left\{ \left[\left(u_p - u_n \right) dx + \left(v_p - v_n \right) dy + \left(w_p - w_n \right) dz \right] \right\}_2$$

A_1, A_2 - работа сил вязкости, затраченная при элементарном перемещении единицы массы вдоль линии тока или вихревой линии. A_{K_n} - работа сил взаимодействия фаз, вдоль линии тока или вихревой линии.

$$\mathrm{T}_n = \frac{\partial u_n}{\partial t} dx_n + \frac{\partial v_n}{\partial t} dy_n + \frac{\partial w_n}{\partial t} dz_n = \left(\frac{\partial \vec{V}_n}{\partial t} \cdot d\vec{z}_n \right)$$

где

$$d\vec{z}_n = \vec{i}\, dx_n + \vec{j} dy_n + \vec{k} dz_n$$

$\mathrm{T}_n = \frac{\partial V_n}{\partial t} d \ln$ - Работа инерционных сил.

Рассмотрим уравнение (6) для потока дисперсной смеси в целом. Для этого суммируем по n тогда работа сил взаимодействия (6) (как внутренняя сила) исчезает, будет иметь вид:

$$\left[\rho_n H_n \right]_2 - \left[H_n \rho_n \right]_1 + A_2 - A_1 = -\mathrm{T}_{n_2} + \mathrm{T}_{n_1}$$

Откуда получим равенства для каждого сечения потока смеси:

$$\rho_1 H_1 + A_1 + \mathrm{T}_1 = \rho_2 H_2 + A_2 + \mathrm{T}_2$$

или

$$\rho_1 \frac{V_1^2}{2} + \rho_1 \Pi_1 + \mathrm{P}_1 \cdot f = \rho_2 \frac{V_2^2}{2} + \Pi_2 \cdot \rho_2 + \mathrm{P}_2 \cdot f_2 + \Delta h_\ell + \Delta h_{ин}$$

где $\Delta h_\ell = A_2 - A_1$, $\Delta h_{ин} = \mathrm{T}_2 - \mathrm{T}_1$

здесь Δh_ℓ - потеря напора смеси по длине, $\Delta h_{ин}$ - инерционная потеря напора смеси.

Таким образом, получили уравнение Бернулли для потока дисперсной смеси, которую можно применить для проведения расчета гидравлических параметров взвесенесущих потоков в реках [7], каналах и для течения дисперсной смеси в гидротехнических сооружениях, а также для решения других задач.

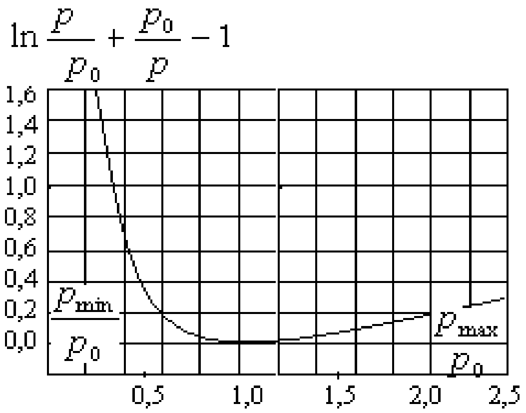

Рис.1.Закономерность изменения $\frac{p}{p_0}$ от выражения $\ln\frac{p}{p_0}+\frac{p_0}{p}-1$

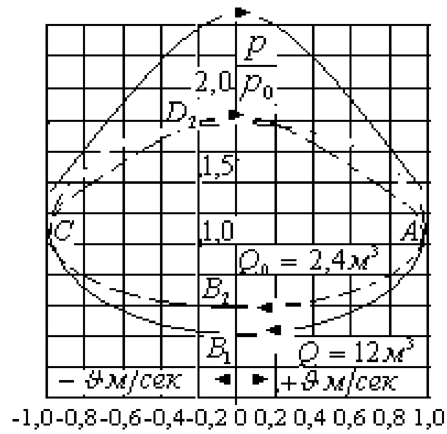

Рис.2. Колебания давления воздуха в воздушно-гидравлическом колпаке

Применением выше изложенного метода рассмотрены ряд задач, в числе задача о возникновении кавитации в дисперсной смеси, кавитации в турбинах, где определена высота отсасывания в рассматриваемой среде[8].

Рассмотрена задача о гидравлическом ударе, где основным вопросом исследования являлся закон изменения давления и импульса в трубопроводе, получен расчёт ёмкости воздушно – гидравлического колпака для предохранения напорной линии от вредных последствий гидравлического удара, возникающего при внезапной остановке поршневого насоса. [8]. Решение этих задач являются приложениями обобщенной модели теории струй одно- и многофазных жидкостей к разным задачам дисперсной смеси, где участвуют смесь мелких твердых частиц, газа- взвеси, аэро взвеси, смеси жидкости с пузырьками газа или пара.

ИСПОЛЬЗОВАННЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Гаппаров Ф.А., НишоновФ.Х.., Фатхуллаев А.М., Худайкулов С.И.. Возникновение кавитации в дисперсной смеси. Ж: Проблемы механики №2, 2015. С 18-23.

[2] Гуревич М . И . Теория струй идеальной жидкости. М.: Наука. 1979. 536 с.

[3] Рахматулин Х.А. Основы газодинамики взаимопроникающих движений сжимаемых сред: //ПММ. 1956. Т. 20. Вып. 2.

[4] Хамидов А. А. Плоские и осесимметричные задачи о струйном течении идеальной сжимаемое жидкости. Ташкент: Фан. 1978. 120 с.

[5] Хамидов А. А., Худайкулов С. И. Теория струй многофазных вязких жидкостей. Ташкент. Фан. 2003. 140с.

[6] РахматулинХ.А.Хамидов А.А. Решение осесимметричных задач струи идеального газа. //Доклады АН. 1977. Т. 237. Вып.3.

[7] Нишонов Ф.Х., Худайкулов С.И. Моделирование ударного импульса жидкости в трубопроводе. Ж: Проблемы механики №1, 2015. С26-30.

[8] Латипов К.Ш., Арифжонов А.М., Худайкулов С.И. Расчёт распределения взвешенных частиц по глубине потока и определение коэффициента лобового сопротивления наносов.Ж: Проблемы механики №1, 2014. С18-23.