ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ
ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
ЕВРАЗИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Л.Н. ГУМИЛЕВА
GUMILYOV EURASIAN
NATIONAL UNIVERSITY

# Студенттер мен жас ғалымдардың «Ғылым және білім - 2015» атты X Халықаралық ғылыми конференциясының БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ

# СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ X Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2015»

# PROCEEDINGS of the X International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2015»

**УДК 001:37.0**
**ББК72+74.04**
**Ғ 96**

Ғ96

«Ғылым және білім – 2015» атты студенттер мен жас ғалымдардың Х Халық. ғыл. конф. = Х Межд. науч. конф. студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2015» = The X International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2015». – Астана: http://www.enu.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie-2015/, 2015. – 7419 стр. қазақша, орысша, ағылшынша.

ISBN 978-9965-31-695-1

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 001:37.0
ББК 72+74.04

ISBN 978-9965-31-695-1

7. Пылаев Н.И.,Эдель Ю.У. Кавитация в гидротурбинах. –М.: Машиностроение, 1974.– 256 с.
8. Этинберг И.Э. Теория и расчет проточной части поворотно-лопастных гидротурбин. М.: Машиностроение, 1965.– 350 с.
9. Этинберг И.Э., Раухман Б.С. Гидродинамика гидравлических турбин. М.:Машиностроение, 1978,–280с.

УДК 531.01

# ТРЕХКОМПОНЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ОБТЕКАНИЯ ТЕЛ ПОТОКОМ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ

**Гаипова Арайлым Бакытқызы**
*ussenova_a@bk.ru*
Магистрант Механико-математического факультета
ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан
Научный руководитель – Н.Джайчибеков

В большинстве работ, посвященных расчету двухфазных течений частицы, попавшие на обтекаемую поверхность, исключались из дальнейшего рассмотрения, т.е. поверхность считается неограниченным стоком частиц. Однако при расчете обтекания двухфазной средой, когда дисперсная фаза представляет собой твердые частицы, не поглощаемые обтекаемой поверхностью, необходимо учитывать отраженные от этой поверхности частицы. Впервые полный учет отраженных от поверхности частиц и их хаотического движения после столкновений был сделан С.К. Матвеевым в четырехкомпонентной модели обтекания тел газовзвесью (газ с твердыми частицами) в работе [1] и апробированных в расчетах по данной модели в работе [2].

В ряде экспериментов по обтеканию тел газовзвесью, как например в [3, 4], наблюдались условия, когда газ (несущая среда) мало влияет на движение частиц. Такой режим реализуется, когда частицы крупные, т.е. путь скоростей релаксации частиц много больше размеров обтекаемого тела. В таких условиях можно рассматривать задачу обтекания тел потоком твердых частиц (без учета несущей фазы). Уравнения такой упрощенной модели можно получить, если в системе уравнений четырехкомпонентной модели двухфазной среды [1] опустить уравнения, описывающие газовую фазу, а в оставшихся уравнениях опустить члены, характеризующие взаимодействие частиц с газом. Тогда для описания $s$ и $t$- компонент остается по одному уравнению – уравнению баланса массы, так как их скорости будут постоянными (нет взаимодействия с несущей средой). В интегральной форме уравнения баланса массы $s, r$ и $t$- компонент, а также балансов импульса и энергии $t$- компоненты записываются в виде

$$\frac{d}{dt}\iiint_{\Omega}\rho_i d\Omega+\iint_{\sigma}\rho_i(\mathbf{V}_i\cdot\mathbf{n})d\sigma=\iiint_{\Omega}J_i d\Omega\quad (i=s,r,t),$$

$$\frac{d}{dt}\iiint_{\Omega}\rho_t\mathbf{V}_t d\Omega+\iint_{\sigma}[\rho_t\mathbf{V}_t(\mathbf{V}_i\cdot\mathbf{n})+p_t\mathbf{n}]d\sigma=-\iiint_{\Omega}\sum_{i=s,r}J_i\mathbf{V}_i d\Omega,$$

$$\frac{d}{dt}\iiint_{\Omega}\tilde{E}_t d\Omega+\iint_{\sigma}(\tilde{E}_t+p_t)(\mathbf{V}_t\cdot\mathbf{n})d\sigma=\iiint_{\Omega}\left[I_{st}\frac{\mathbf{V}_s^2}{2}-E_t'(2I_{rs}+I_{rt})+\right.$$

$$\left.+I_{sr}\frac{(\mathbf{V}_s-\mathbf{V}_t)^2}{2}+(I_{rt}+I_{rs})\frac{(\mathbf{V}_r-\mathbf{V}_t)^2}{2}-\Delta_{rs}-\Delta_{rt}-\Delta_{st}-\Delta_{tt}\right]d\Omega.$$

где $s$ – частицы набегающего потока, не достигшие поверхности обтекаемого тела и не претерпевшие столкновений, $r$ –частицы не претерпевшие столкновений, но отраженные от поверхности, и $t$ – хаотически движущиеся частицы, претерпевшие столкновения. Уравнение состояния $t$ -компоненты:

$$p_t=(k_t-1)\left(\tilde{E}_t-\frac{\rho_t\mathbf{V}_t^2}{2}\right).$$

Кроме этого упрощения принимается также, что газ $t$-частиц невязкий и нетеплопроводный. Здесь обозначены $J_s=-I_{sr}-I_{st}$, где $I_{sr}$ масса частиц сорта $s$, сталкивающихся в единице объема за единицу времени с частицами сорта $r$ и переходящих вследствие этого в сорт $t$, а $I_{st}$ – масса $s$ – частиц, сталкивающихся с $t$ – частицами. Аналогично можно написать $J_r=-I_{rs}-I_{rt}$, причем $I_{rs}=I_{sr}$. Очевидно, что $J_t=-J_s-J_r=I_{st}+I_{rt}+2I_{sr}$. Эти величины легко подсчитать, зная частоту столкновений частиц разных сортов:

$$I_{i,j}=\frac{6\rho_i\rho_j}{\rho_0 d}\bar{\upsilon}_{ij},$$

где $d$ – диаметр, а $\bar{\upsilon}_{i,j}$ средний модуль относительной скорости сталкивающихся частиц.

Будем считать, что количество тепла, выделяющегося при столкновении, пропорционально квадрату относительной скорости и введем коэффициент пропорциональности $\eta$ так, что $\eta=0$ при абсолютно упругом ударе и $\eta=1$ при абсолютно неупругом. Тогда интенсивность объемного превращения кинетической энергии в тепло, идущее на нагрев частиц при столкновении частиц разных сортов, запишется формулой

$$\Delta_{i,j}=\eta I_{i,j}\frac{\overline{\upsilon_{i,j}^2}}{4}$$

где $\overline{\upsilon_{i,j}^2}$ – средний квадрат относительной скорости сталкивающихся частиц

Ясно, что для упорядоченно движущихся частиц $\bar{\upsilon}_{r,s}=|\mathbf{v}_s-\mathbf{v}_r|$, а в случае, если одна из компонент имеет хаотическое движение, эта величина должна вычисляться с учетом функции распределения частиц по скоростям. Для максвелловской функции распределения $t$ – частиц можно получить

$$\bar{\upsilon}_{i,t}=\left(\upsilon_{it}+\frac{C_{mt}^2}{2\upsilon_{it}}\right)\mathrm{erf}\left(\frac{\upsilon_{it}}{C_{mt}}\right)+\frac{\exp\left(-\upsilon_{it}^2/C_{mt}^2\right)}{C_{mt}\sqrt{\pi}},\quad (i=s,r).$$

Здесь $\upsilon_{i,t} = \left|\mathbf{v}_i - \mathbf{v}_t\right|$, $C_{mt}$ – наиболее вероятная скорость хаотического движения $t$ – частиц, связанная со средней скоростью $\overline{C}_t$ и удельной кинетической энергией $(E_t')$ хаотического движения соотношением

$$C_{mt} = \frac{\sqrt{\pi}}{2}\overline{C}_t = \sqrt{\frac{4}{3}E_t'}.$$

Для практических целей можно использовать простую аппроксимацию

$$\overline{\upsilon}_{i,t} = \sqrt{\upsilon_{i,t}^2 + \overline{C}_t^2} = \sqrt{\upsilon_{i,t}^2 + \frac{16}{3\pi}E_t'}$$

имеющую максимальную погрешность 2.6% и дающую точный результат при значениях

$$\upsilon_{i,t} = 0 \quad \text{и} \quad \overline{C}_t = 0.$$

Здесь также обозначены $\Omega$ – произвольный объем, ограниченный поверхностью $\sigma$, $\mathbf{n}$ – единичный вектор внешней нормали к поверхности.

Считая поверхность тела гладкой, а частицы сферическими и не вращающимися примем для $s$-частиц зеркальный закон отражения от поверхности. В связи с этим на границе тела между $s$ и $r$-компонентами имеет место следующая зависимость:

$$\rho_r = \rho_s, \quad \upsilon_r^{(n)} = -\upsilon_s^{(n)}, \quad \upsilon_r^{(\tau)} = \upsilon_s^{(\tau)},$$

которые полностью определяют параметры $r$-частиц на твердой границе. По этим параметрам $s$ и $r$-частиц вычисляются соответствующие потоки массы через эту границу, а также компоненты вектора скорости $r$-частиц вдоль координатных осей $x$ и $y$. Как было отмечено выше, скорости $s$ и $r$- частиц по всему расчетному полю сохраняют постоянные значения, так как газовая фаза отсутствует и, следовательно, нет взаимодействия фаз.

Для газа $t$-частиц на поверхности обтекаемого тела ставится условия непротекания:

$$\upsilon_t^{(n)} = 0.$$

При этом «большие» величины для этой компоненты, используемые для вычисления потоков соответствующих субстанций, определяются из процедуры распада разрыва как для газа.

**Список использованных источников**

1. Матвеев С.К. Математическое описание обтекания тел потоком газовзвеси с учетом влияния отраженных частиц. //Межвузовский сборник. Ленинградский гос.университет. - 1982. – Выпуск 7. С.189-201.
2. Матвеев С.К., Джайчибеков Н.Ж. Расчет обтекания сферы газовзвесью на основе трехкомпонентной модели двухфазовой среды. Вестник ЛГУ. 1985. №22, Сер. 1, С.57-62.
3. Баланин Б.А., Лашков В.А. Аэродинамическое сопротивление конуса в двухфазном потоке. //Сб. Газодинамика и теплообмен. Изд. ЛГУ.-1982.-Т.7. С.218-227.
4. Баланин Б.А. О влиянии отраженных частиц на унос массы при обтекании тела двухфазным потоком. Изв. АН СССР. Механика жидкости и газа. 1984, №5, С.193-196.

УДК 531

## "ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ВВЕДЕННЫМИ В НИХ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОВОЛОКНАМИ"

**Даутова Ильвира Анварқызы**
dautova_ilvira@mail.ru
студенка Казахского Национального Университета им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан
**Абдураимов Азизбек Ералиевич**