

SIMULATION OF FLOW OF A LIQUID WITH FORMATION AND PROPAGATION OF WAVES

**Khudaykulov S.I.,
NISHONOV F.Kh.,
Zhurakhova Sh,
Madiyorova M**

Abstract: It has been established that the process of formation and movement of the breakthrough wave of Lake Sarez is of a sharply changing nature, the parameters of which depend on the accepted scenario of the initial wave (overflow and destruction of the blockage), and on the topology of the gorges along which the wave will move.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЕ ЖИДКОСТИ С ОБРАЗОВАНИЕМ И РАСПРОСТРАНЕНИЕМ ВОЛН

**ХУДАЙКУЛОВ С.И.,
НИШОНОВ Ф.Х.,
ЖҲРАХОНОВА Ш,
МАДИЁРОВА М**

Установлено, что процесс формирования и движения волны прорыва озера Сарез, носит резко изменяющийся характер, параметры которого зависят от принятого сценария возникновения начальной волны (перелив и разрушение завала), так и от топологии ущелий, по которым будет двигаться волна. Исследования модели показали, что волна прорыва имеет крутой фронт и распространяется с большой скоростью, т.е: $V = 20 - 60 \frac{м}{сек}$. Это

обусловлено, как высоко-напорностью плотин, так и большими уклонами местности. Были рассмотрены различные сценарии прорыва озера Сарез. В качестве примера можно привести результаты расчета, когда Усойский завал образует прорыв до контура не размываемых пород и изливается до 11,5 куб.км. воды. В этом случае в зону затопления попадают территории Сурхандарьинской, Бухарской, Хорезмской областей и Республика Каракалпакстан с населением 3,1 млн. человек. Высота прорывной волны по руслу р. Амударьи изменяется от 20 м. при выходе из р. Пяндж, до 6 м. в створе Туямуяна (расстояние от озера 1638 км.) и 3 м. при впадении реки Амударьи в Аральское море (расстояние от озера 2200 км.) [6].

В основе плотины лежит горный монолит, который трудно разбить водой, поэтому наибольшую опасность представляет не размыв плотины, а перелив волны, которая может быть вызвана в результате схода правобережного склона. От объема этого склона, от того, как он будет сползать или падать, зависит высота волны [5].

Переливающая волна имеет сложный состав горной массы, которой состоит из суглинка, примесей и других дисперсных смесей.

Математическую модель движение дисперсных смесей рассмотрим в модели взаимопроникающих и взаимодействующих смесей и моделируем задачу как истечения из трубы дисперсной смеси в затопленную область, т.е. в область поймы реки, которая

заполнена дисперсной смесью. Или как переливающаяся волны жидкой дисперсной смеси, которая может быть вызвана в результате схода право или левобережного склона.

При переливе волны жидкой дисперсной смеси или как в модели, при истечении из трубы струи дисперсной смеси в затопленное пространство наблюдается образование волн на поверхности раздела обоих потоков; нарушается устойчивость потока, образуются волны и что приводит к распаду на отдельные части, [1].

С целью теоретического исследования устойчивости, или учета потери устойчивости переливающихся волн дисперсной смеси применяем метод малых возмущений.

Рассмотрим задачу об истечении дисперсной смеси вязких жидкостей из полу бесконечной цилиндрической трубы радиуса R_0 в затопленное пространство, состоящие из других фаз дисперсной смеси. Вследствие взаимодействия обеих слоев и фаз смеси, на цилиндрической поверхности границы раздела потоков дисперсных смесей образуются возмущенные волновые движения, характерных для каждого слоя.[1,3].

Предполагается, что при малых возмущениях возникают малые изменения динамических характеристик потока дисперсной смеси и малые изменения в формах образующих:

$$L_0(r_c(t) = R_0 \pm h(x, t)), R_0 \gg h(x, t).$$

Для моделирования задачи область взаимодействия двух дисперсных смесей разделим на части.

$$G_1\{0 < x < \infty, 0 < r < r_c(x, t)\},$$

и

$$G_2\{0 < x < \infty, ((R_0 - h(x, t)) < \hat{r} < (R_0 + h(x, t)))\},$$

Для задач о течении двухслойного потока дисперсной смеси в областях имеем соответствующие уравнения движения:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \hat{u}_n^{(m)}}{\partial t} + u_n^{(m)} \frac{\partial \hat{u}_n^{(m)}}{\partial x} &= -\frac{1}{\rho_{ni}^{(m)}} \frac{\partial p^{(m)}}{\partial x} + f_{no}^{(m)} \mu u_{n0}^{(m)} \nabla^2 \tilde{u}_n^{(m)} \\ \frac{\partial \tilde{V}_n^{(m)}}{\partial t} + u_n^{(m)} \frac{\partial \hat{u}_n^{(m)}}{\partial x} &= -\frac{1}{\rho_{ni}^{(m)}} \frac{\partial p^{(m)}}{\partial r} + f_{no}^{(m)} \mu u_{n0}^{(m)} \nabla^2 v_n^{(m)} \end{aligned} \right\}$$

и уравнение неразрывности в виде [2,3]:

$$\frac{\partial(u_n^{(m)} r)}{\partial x} + \frac{\partial \tilde{V}_n^{(mr)}}{\partial r} = 0 \quad (1)$$

Объёмная концентрация дисперсной смеси 1 - ой и 2 - ой фазы m - слоя имеют равенства:

$$f_1^{(m)} + f_2^{(m)} = 1;$$

Приведенные плотности n -ой фазы написана через истинной плотности и объёмной концентрации 1-ной фазы, m -ного слоя дисперсной смеси.

$$\rho_n^{(m)} = \rho_{ni}^{(m)} \cdot f_n^{(m)},$$

Приведенная плотность 1-ой фазы написана через истинной плотности и объёмной концентрации n -ной фазы, 1-ного слоя дисперсной смеси [6].

$$\rho^{(1)} = \rho_{11}^{(1)} \cdot f_1^{(1)},$$

Приведенная плотность 2-ного слоя 1-ой фазы написана через истинной плотности и объемной концентрации 2-ой фазы, 2-ого слоя дисперсной смеси.

$$\rho^{(11)} = \rho_{21}^{(11)} \cdot f_2^{(11)}$$

Далее везде n - номер фазы, m - номер слоев дисперсных смесей,

где $\rho_n^{(m)}$, $\rho_{ni}^{(m)}$ - приведенные и истинные плотности,

$\vec{V}_n^{(m)}$ - вектор скорости частиц,

$f_n^{(m)}$ объемные концентрации n -ной фазы дисперсной смеси в области G_m .

Рассматривается, что обе фазы дисперсной смеси в обеих слоях G_1 и G_2 несжимаемы, а также плотности постоянными

$$\rho_{ni}^{(1)} = const, \rho_{ni}^{(11)} = const,$$

И объемные концентрации постоянными:

$$f_n^{(1)} = const, f_n^{(11)} = const.$$

Когда происходит взаимодействия дисперсных смесей, скорости каждой фазы каждого слоя получают импульсивное давление и приобретают малых возмущений, т.е. скорости получают малых возмущений типа $\tilde{u}_n^{(m)}, \tilde{v}_n^{(m)}$,

Тогда скорости распределения дисперсных смесей имеет вид:

$$u_n^{(m)} = u_n^{(m)} + \tilde{u}_n^{(m)}, v_n^{(m)} = \tilde{v}_n^{(m)},$$

и соответствующие приращения плотности, т.е при взаимодействии дисперсных смесей, плотности фаз меняются за счет изменения кинематических вязкостей, которых моделируем как бы приобретающих малых приращений и имеем [2]:

$$\rho_{ni}^{(m)} = \dot{\rho}_{ni}^{(m)} + \tilde{\rho}_{ni}^{(m)}, \quad (2).$$

И естественно меняется объемные концентрации фаз:

$$f_n^{(m)} = f_{n0}^{(m)} + \tilde{f}_n^{(m)}$$

Введем функции тока $\psi_n^{(m)}$ в виде удовлетворяющего уравнению неразрывности (1).

$$\hat{u}_n^{(m)} = \frac{1}{\hat{r}} \frac{\partial \psi_n^{(m)}}{\partial \hat{r}}, \hat{v}_n^{(m)} = -\frac{1}{\hat{r}} \frac{\partial \psi_n^{(m)}}{\partial \hat{x}} \quad (3)$$

Проведем дифференцирование по $\hat{r}$ и $\hat{x}$ и другие преобразования
Уравнения (1) с учетом равенства (3) приводится к виду [3]:

$$\frac{\partial(D\psi_n^{(m)})}{\partial \tau} + u_{n0}^{(m)} \frac{\partial D\psi_n^{(m)}}{\partial \hat{x}} = \frac{v^{(m)}}{Re_0} D(\partial \psi_n^{(m)}) \quad (4)$$

$$x = R_o \hat{x}, r = R_o \hat{r}, \tilde{u}_n^{(m)} = u_0, v_n^{(m)} = V_o \hat{V}_n^{(m)}$$

где

$$u_0 = \max \{u_n^{(1)}; u_n^{(11)}\}; t = \frac{R_0}{V_0} \tau,$$

Истинные скорости n ной фазы m -ного слоя имеют вид

$$u_{no}^{(m)} = \frac{u_n^{(m)}}{u_0}; \quad \hat{v}_n^{(m)} = \frac{v_n^{(m)}}{v_0};$$

здесь

$$v_0 = \max \{v_n^{(m)}\},$$

Число Рейнольдса

$$Re = \frac{v_0 R_0}{\gamma_0}.$$

Полученное уравнение эквивалентно уравнениям:

$$\frac{\partial \psi_n^{(m)}}{\partial \tau} + u_{n0}^{(m)} \frac{\partial \psi_n^{(m)}}{\partial \hat{x}} - \dot{v}_n^{(m)} D \psi_n^{(m)} = 0 \quad (5)$$

$$D \psi_n^{(m)} = 0$$

$$\dot{v}_n^{(m)} = \frac{v^{(m)}}{Re_0} \quad (6)$$

С учетом равенства (6) вводим потенциал скорости и решения искомой задачи представим в виде [4,5]:

$$\left. \begin{aligned} \hat{u}_n^{(m)} &= \frac{\partial \varphi_n^{(m)}}{\partial \hat{x}} + \frac{1}{\hat{r}} \frac{\partial \hat{\psi}_n^{(m)}}{\partial \hat{r}} \\ \hat{v}_n^{(m)} &= \frac{\partial \varphi_n^{(m)}}{\partial \hat{r}} - \frac{1}{\hat{r}} \frac{\partial \hat{\psi}_n^{(m)}}{\partial \hat{x}} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Функцию потенциала скорости

$$\varphi_n^{(m)} = R_n^{(m)}(r) \cdot \exp[i(k_0 \hat{x} - \omega_0 \tau)]$$

и функцию тока находим в виде:

$$\psi_n^{(m)} = F_n^{(m)}(r) \cdot \exp[i(k_0 \hat{x} - \omega_0 \tau)]$$

Где

$$k_0 = k R_0, \omega_0 = \omega \cdot \frac{u_0}{R_0},$$

k – волновое число, ω – частота колебания. Распределение скоростей и давлений в обоих слоях каждой фазы дисперсной смеси определяется из ниже приведенных равенств.

Распределение скорости дисперсной волны параллельной оси Ox

$$u_n^{(m)} = \{ik_o A_n^{(m)} I_0(k_o \hat{r}) + A_n^{(m)} K_0(k_o \hat{r}) - \lambda_n^{(m)} [C_n^{(m)} I_0(\lambda_n^{(m)} \hat{r}) - D^{(m)} \hat{K}_0(\lambda_n^{(m)} \hat{r})]\} \times \\ \times \exp[(k_0 \hat{x} - \omega_0 \tau)i].$$

Распределение скорости дисперсной волны параллельной оси Oy

$$v_n^{(m)} = \left\{ k_0 [A_n^{(m)} I_1(k_0 \hat{r}) - B_n^{(m)} K_1(k_0 \hat{r}) + i k_0 [C_n^{(m)} I_1(\lambda_n^{(m)} \hat{r}) + D_n^{(m)} \hat{K}_1(\lambda_n^{(m)} \hat{r})] \right\} \times \exp[i(k_0 \hat{x} - \omega_0 \tau)]$$

Распределение силы давления дисперсной волны [5]

$$P^{(m)} = [\rho^{(m)} A_n^{(m)} I_0(k_0 \hat{r}) + \rho^{(m)} C_n^{(m)} K_0(k_0 \hat{r})] [i \omega_0 - K_0 u^{(m)}] \exp[i(k_0 \hat{x} - \omega_0 \tau)] + const.$$

где

$$\rho^{(m)} A^{(m)} = \sum_{n=1}^2 \rho_n^{(m)} A_n^{(m)} .$$

$$C^{(m)} \rho^{(m)} = \sum_{n=1}^2 \rho_n^{(m)} C_n^{(m)}$$

Коэффициенты

$$A_n^{(m)}, B_n^{(m)}, C_n^{(m)}, D_n^{(m)}$$

определяются из граничных условий обеих слоев. Характеристические уравнения для волновых чисел имеет вид:

$$(\lambda_n^{(m)})^2 = k_0^2 - i \frac{\omega_0 - k_0 u_n^{(m)}}{\hat{v}_n^{(m)}} \quad (8)$$

Вывод: При взаимодействии двух дисперсных смесей, в зависимости динамических и кинематических условий в потоке, во внешней среде возникают различные волновые движения двухслойного потока с разными характеристиками, которые определяются по характеристическому уравнению (8).

Использованная Литература

1. Рахматулин Х.А., Хамидов А.А. Об осесимметричных струйных течениях газа. – Докл.АН Узбекистана. – 1976. – № 9.
2. Седов Л.И. Плоские задачи гидродинамики и аэродинамики. 2-е изд., исправл. – М.: Наука, 1965. – 448 с.
3. Левен Э.Я. К вопросу о характере залегания пермских и триасовых отложений в пределах Памира /Докл.АН. Тадж.ССР, т 5, №3, 1962, с.21-24.
4. Хамидов А.А., Худайкулов С.И. Теория струй смеси многофазных жидкостей, Ташкент, Фан 2003 г.
5. Чуенко П.П. Сарезское озеро. В кн.: ТПЭ 1934 г. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1935 с.357-370.

«Dynamic (changes) education of waves at interaction dispersive of mixes» The distribution small disturbance is considered (examined) at the expiration dispersive of a mix from a floor of the limited pipe in the flooded space consisting another dispersive by a mix. The distributions of speeds and pressure in both flows dispersive of mixes are received.

«Оқимда тўлқиннинг пайдо бўлиши ва тарқалишини моделлаштириш» Дисперс аралашманинг ярим чексиз цилиндр кувурдан бошқа дисперс аралашма ичида (кичик

кузгалишли) таркалиш масаласи қаралади. Хар иккала қатламдаги дисперс аралашмалар тезликлари ва босимларининг тақсимоли олининиб, ҳар бир қатламдаги ва фазадаги тўлқин сонини топиш учун аналитик ифода берилади.

«Моделирование течение жидкости с образованием и распространением волн»
Рассматривается распределение малых возмущений при истечении дисперсной смеси из полуограниченной трубы в затопленное пространство, состоящей из дисперсной смеси. Получены формулы для распределения скоростей и давлений в обоих слоях и каждой фазы в этих слоях дисперсных смесей.