

ӘӨЖ 532.53.03

**КӨЛДЕНЕҢ ОРНАЛАСҚАН ГИДРОЦИКЛОН КАМЕРАСЫНДАҒЫ ҚАТТЫ
БӨЛШЕКТІҢ ҚОЗҒАЛЫС ТРАЕКТОРИЯСЫНЫҢ ТЕНДЕУІ**

Жусупов Даурен Саятович, Өскен Дініслам Өскенұлы
dauren099@bk.ru, dinshik_99@mail.ru

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ студенттері, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Ғылыми жетекшісі – М.И.Қасабеков

Ортаның қарсыласуы ($C_f = 0$) болмағанда, қатты бөлшектің көлденең меридианды жазықтықтағы қозғалысы келесі жүйемен сипатталады:

$$\begin{cases} \frac{dU_r}{dt} = \frac{U_\varepsilon^2}{r} - \frac{3\pi\mu d}{m} U_{0r} - \frac{\rho_{ж}}{\rho_T} \frac{U_\varepsilon^2}{r}; \\ \frac{1}{r} \frac{d(rU_\varepsilon)}{dt} = -\frac{3\pi\mu d}{m} U_{0\varepsilon}; \\ \frac{dU_z}{dt} = g \frac{\Delta\rho}{\rho_T} - \frac{3\pi\mu d}{m} U_{0z}. \end{cases} \quad (1)$$

C_f – қарсыласу коэффициенті

Бұл жүйеден келесі дифференциалдық теңдеулерді алуға болады:

$$\begin{cases} m \frac{dU_r}{dt} = m \frac{U_\varepsilon^2}{r} - \frac{\partial P}{\partial r} A_1 d^3; \\ m \frac{dU_z}{dt} = -\frac{\partial P}{\partial z} A_1 d^3. \end{cases} \quad (2)$$

$$\frac{dU_r}{dt} = U_r \frac{dU_r}{dr}, \quad \frac{dU_z}{dt} = U_z \frac{dU_z}{dz}$$

екенін ескере отырып және (2) теңдігін $m = A_1 \rho_T d^3$ бөлеміз,

$$\begin{cases} U_r \frac{dU_r}{dr} = \frac{U_\varepsilon^2}{r} - \frac{1}{\rho_T} \frac{\partial P}{\partial r}; \\ U_z \frac{dU_z}{dz} = -\frac{1}{\rho_T} \frac{\partial P}{\partial z}. \end{cases} \quad (3)$$

$$\frac{1}{\rho_T} \frac{\partial P}{\partial r} = \frac{\rho_{ж}}{\rho_T} \frac{U_\varepsilon^2}{r}$$

теңдігін ескеріп, (3) жүйесінің бірінші теңдеуін шешеміз:

$$\int U_r dU_r = \int \frac{U_\varepsilon^2}{r} dr - \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_T} \int \frac{U_\varepsilon^2}{r} dr.$$

Ол үшін $\mathcal{G}_\varepsilon = \frac{\mathcal{G}_{\text{ex}R_{\text{ex}}^n}}{r^n}$, $(R_{\text{ex}} = R_y - r_{\text{ex}})$, $U_\varepsilon = \mathcal{G}_\varepsilon$ деп аламыз.

Олай болса

$$\int U_r dU_r = \left(\frac{1 - \rho_{\text{ж}}}{\rho_T} \right) \int \frac{\mathcal{G}_{\text{ex}}^2 R_{\text{ex}}^{2n}}{r^{2n+1}} dr. \quad (4)$$

Бұдан шығатыны $\frac{U_r^2}{2} = -\frac{1}{2n} \left(\frac{1 - \rho_{\text{ж}}}{\rho_T} \right) \frac{\mathcal{G}_{\text{ex}}^2 R_{\text{ex}}^{2n}}{r^{2n}} + C_1$ $t = 0$ болғанда бөлшектердің

гидроциклонның камерасына кіру радиусы $r_0 = R_y - \vartheta$ ($0 \leq \vartheta \leq d_{\text{ex}}$) және радиалды жылдамдық $u_{r_0} = 0$ болады, себебі әр түрлі әсер етуші күштерге байланысты радиустың екі жағына да бірдей қозғалады.

Сондықтан

$$C_1 = \frac{\mathcal{G}_{\text{ex}}^2 R_{\text{ex}}^{2n}}{2n(R_y - \vartheta)^{2n}} \left(1 - \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_T} \right).$$

Осыдан

$$U_r = \mathcal{G}_{\text{ex}R_{\text{ex}}^n} \sqrt{\frac{\Delta\rho}{n\rho_T} \left[\frac{1}{(R_y - \vartheta)^{2n}} - \frac{1}{r^{2n}} \right]}. \quad (5)$$

Тығыздығы ρ_T бөлшектің t уақытқа байланысты радиус бойымен орнын анықтау үшін (1.5) теңдігіндегі U_r - ді $\frac{dr}{dt}$ деп алып интегралдаймыз:

$$\int \frac{dr}{\left[\frac{1}{(R_y - \vartheta)^{2n}} - \frac{1}{r^{2n}} \right]^{\frac{1}{2}}} = \int \sqrt{\frac{\Delta\rho}{n\rho_T}} \mathcal{G}_{\text{ex}R_{\text{ex}}^n} dt.$$

$r_0 = R_y - \vartheta$ және $n = 1$ деп қабылдап, осы интегралды теңдікті жазамыз:

$$r_0 \int \frac{r dr}{\sqrt{r^2 - r_0^2}} = \int \sqrt{\frac{\Delta\rho}{n\rho_T}} \mathcal{G}_{\text{ex}R_{\text{ex}}^n} dt,$$

Бұдан алатынымыз

$$r_0 \sqrt{r^2 - r_0^2} = \sqrt{\frac{\Delta\rho}{\rho_T}} \mathcal{G}_{\text{ex}R_{\text{ex}}^n} t + C_2 \quad (6)$$

$t = 0$ болғанда, қатты бөлшек орналасатын радиус $r = r_0$, сондықтан $C_2 = 0$,

$$r = \sqrt{r_0^2 + \frac{\Delta\rho}{\rho_T} \frac{g_{ex}^2 R_{ex}^2}{r_0^2} t^2}$$

немесе

$$r = r_0 \sqrt{1 + \frac{\Delta\rho}{\rho_T} \frac{g_{ex}^2 R_{ex}^2}{r_0^4} t^2} \quad (7)$$

(1.2) жүйесінің екінші теңдеуін екі жағын dz -қа көбейтіп және m -ға қысқартып қарастырайық

$$\int_{U_{z_0}}^{U_z} U_z dU_z = - \int_{P_{BX}}^P \frac{dP}{\rho_T} \quad (8)$$

Бұдан

$$U_z = \sqrt{U_{z_0}^2 + \frac{2}{\rho_T} (P_{ex} - P)} \quad (9)$$

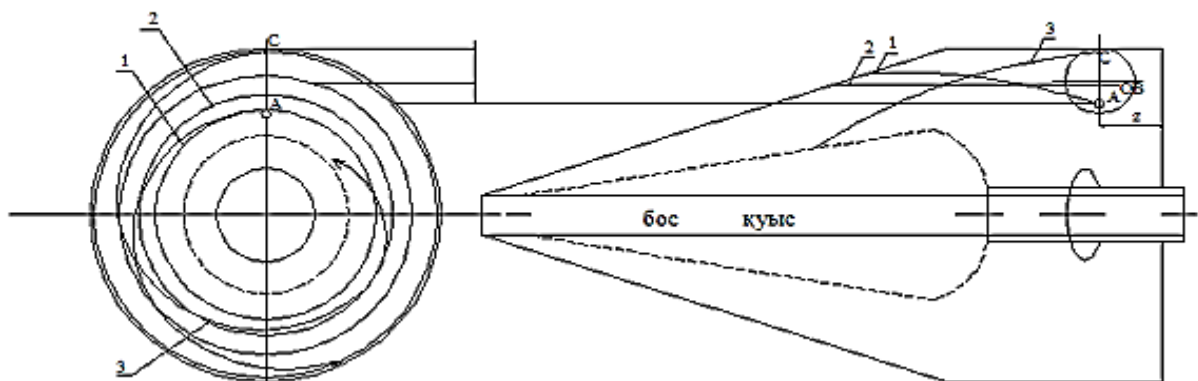
(1.9)-ды интегралдасақ,

$$z = z_0 + \sqrt{\left[U_{z_0}^2 + \frac{2}{\rho_T} (P_{ex} - P) \right] t^2} \quad (10)$$

Сонымен, бұл өрнектер

$$\begin{cases} r = r_0 \sqrt{1 + \frac{\Delta\rho}{\rho_T} \frac{g_{BX}^2 R_{BX}^2}{r_0^4} t^2}; \\ z = z_0 + \sqrt{\left[U_{z_0}^2 + \frac{2}{\rho_T} (P_{ex} - P) \right] t^2} \end{cases} \quad (11)$$

гидроциклонның қабырғасына орын ауыстыратын қатты бөлшектердің параметрлік түрдегі қозғалыс теңдеулері болып табылады.



1-сурет

Тығыздықтары әр түрлі қатты бөлшектердің траекториялары: $1 - \rho_T > \rho_{ж}$; $2 - \rho_T = \rho_{ж}$; $1 - \rho_T < \rho_{ж}$; сұйықтықтың нөлдік өстік жылдамдықтарының беті пунктирлі сызықпен көрсетілген

Екінші өрнектен t тауып алып, бірінші теңдікке қойсақ, қатты бөлшек траекториясының теңдеуін аламыз

$$r = r_0 \sqrt{1 + \frac{\rho_T - \rho_{Ж}}{\rho_T} \frac{g_{ex}^2 R_{ex}^2}{r_0^4} \frac{(z - z_0)^2}{U_{z_0}^2 + \frac{2}{\rho_T} (P_{BX} - P)}}. \quad (12)$$

Тәжірибе нәтижелері бойынша $\frac{\partial P}{\partial z} = 0$ болғандықтан (1.10) теңдеуінде $P_{BX} - P = 0$. Осыны ескерсек, (1.12) траектория теңдеуі қарапайым түрге келеді:

$$r = r_0 \sqrt{1 + \frac{\rho_T - \rho_{Ж}}{\rho_T} \frac{g_{ex}^2 R_{ex}^2}{r_0^4} \frac{(z - z_0)^2}{U_{z_0}^2}}. \quad (13)$$

z -тің бастапқы санағын z_0 -мен ($z_0 = 0$) сәйкестендірілсе, бұрынғы белгілеуді $\Delta\rho = \rho_T - \rho_{Ж}$; пайдалана отырып алатанымыз:

$$r = r_0 \sqrt{1 + \frac{\Delta\rho}{\rho_T} \frac{g_{ex}^2 R_{ex}^{2n}}{r_0^4} \frac{z^2}{U_{z_0}^2}}. \quad (14)$$

Енді (14) теңдеуіне талдау жүргіземіз:

а) тығыздығы $\rho_T > \rho_{Ж}$ А қатты бөлшегі (1-сурет) z өскен сайын аппарат қабырғасына радиалды түрде орын ауыстырады;

б) тығыздығы $\rho_T = \rho_{Ж}$ В қатты бөлшегі салыстырмалы қозғалыс жасамайды.

в) тығыздығы $\rho_T < \rho_{Ж}$ бөлшектер үшін сұйықтың қысым күші центрден тепкіш күштен артық болғандықтан, С бөлшегі, сұйықтың нөлдік өстік жылдамдық бетіне жете отырып, радиалды-өстік бағыт бойымен қозғалады. Бұл бөлшектердің әрі қарайғы қозғалысы, күштердің бағыттары мен бастапқы шарттардың өзгеруіне байланысты, басқа дифференциалдық теңдеулермен сипатталады. Траекторияның бұл бөлігінің практикадағы орны шамалы, сондықтан қатты бөлшектердің осы табылған траекториялары жеткілікті. Қарастырылып отырған модель қатты бөлшектер қозғалысының шынайы суретін бірінші жуықтауда көрсетеді.

- 1 Клячин В.В. К расчету классифицирующих гидроциклонов // Горный журнал, 2008, №12. с.64-67.
- 2 Торопов О.А. Новое поколение гидроциклонов: высокая эффективность при малых затратах. Горный журнал, 2005, №2.с.65-66.
- 3 Торопов О.А. Расчет параметров гидроциклонов нового поколения, Горный Журнал, 2008, №6. с.105-108.
- 4 Абдураманов А.А. Струйные аппараты. Теория и практика, -Тараз.:«Сенім», 2011, 200 с.