

В.П. Франчук, д-р техн. наук, профессор,
А.А. Бондаренко, канд. техн. наук, доцент
(ДВУЗ «НГУ»)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ГИДРАВЛИЧЕСКОМ ГОРИЗОНТАЛЬНОМ КЛАССИФИКАТОРЕ

В.П. Франчук, д-р техн. наук, професор,
А.О. Бондаренко, канд. техн. наук, доцент
(ДВНЗ «НГУ»)

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОЦЕСУ РУХУ РІДИНИ В ГІДРАВЛІЧНОМУ ГОРИЗОНТАЛЬНОМУ КЛАСИФІКАТОРІ

V.P. Franchuk, D.Sc. (Tech.), Professor,
A.O. Bondarenko, Ph.D. (Tech.), Associate Professor
(SHEE «NMU»)

THEORETICAL BASIS FOR THE LIQUID FLOWING PROCESS IN HYDRAULIC HORIZONTAL CLASSIFIER

Аннотация. Ввиду несоответствия качества природных нерудных песков, по набору основных контролируемых физико-механических свойств, действующим нормам к конечной продукции требуется переработка исходного сырья. Как правило, первичная переработка предусматривает, в том числе, отделение от песка мелких, пылеватых, глинистых, илистых (диспергированных) примесей. Наиболее предпочтительным устройством, позволяющим эффективно выделять мелкодисперсные примеси, может служить классификатор гидравлический горизонтальный. Процесс гравитационной переработки зернистых материалов в горизонтальном потоке пульпы сопровождается течением несущего потока в пределах разнонаклонных поверхностей, а также оттоком вниз сгущенной пульпы. Для корректного описания процесса разработана математическая модель движения потока в проточной части классификатора, с применением уравнения Эйлера для идеальной (невязкой) жидкости. В результате математического моделирования получены теоретические зависимости для скорости и ускорения потока, разделенного на характерные участки: разделения, осаждения, истечения. Целью работы явилось разработка математической модели движения несущего горизонтального потока на участках разделения, осаждения и истечения проточной части классификатора гидравлического горизонтального. Разработанная математическая модель позволяет получить значения скоростей и ускорений потока в характерных участках процесса, это позволит обосновать рациональные параметры устройства, применяемого для гравитационной переработки зернистых материалов.

Ключевые слова: гравитационное разделение, классификатор горизонтальный, математическое моделирование, поток жидкости.

Актуальность. Исходное качество природных нерудных песков, по набору основных контролируемых физико-механических свойств (модуль крупности, процент глинистых и пылевидных частиц и др.) часто не соответствует действующим нормам к конечной продукции. В связи с этим необходима переработка исходного сырья, которая предусматривает обычно отделение от песка крупных включений, например гравийных фракций, мелких пылеватых и глинистых (диспергированных) примесей, комовой глины, растительных включений и примесей ракушки.

Удаление из горной массы крупных включений не представляет особых трудностей. В то же время, процесс отделения песков от мелкодисперсных примесей крупностью менее 0,16 мм требует более тщательного изучения. Разделение мелкозернистых материалов традиционно выполняется в гравитационных аппаратах с горизонтальным движением несущего потока: горизонтальные классификаторы, дешламаторы, спиральные классификаторы, декантаторы, горизонтальные отстойники и др. Наиболее предпочтительным устройством, позволяющим эффективно выделять мелкодисперсные примеси, может служить классификатор гидравлический горизонтальный, схема проточной части которого приведена на рис. 1. Процесс гравитационной переработки зернистых материалов в горизонтальном потоке пульпы сопровождается течением несущего потока в пределах разнонаклонных поверхностей, а также оттоком вниз сгущенной пульпы. Процесс рационально разделить на участки: разделения, осаждения, истечения (рис. 1).

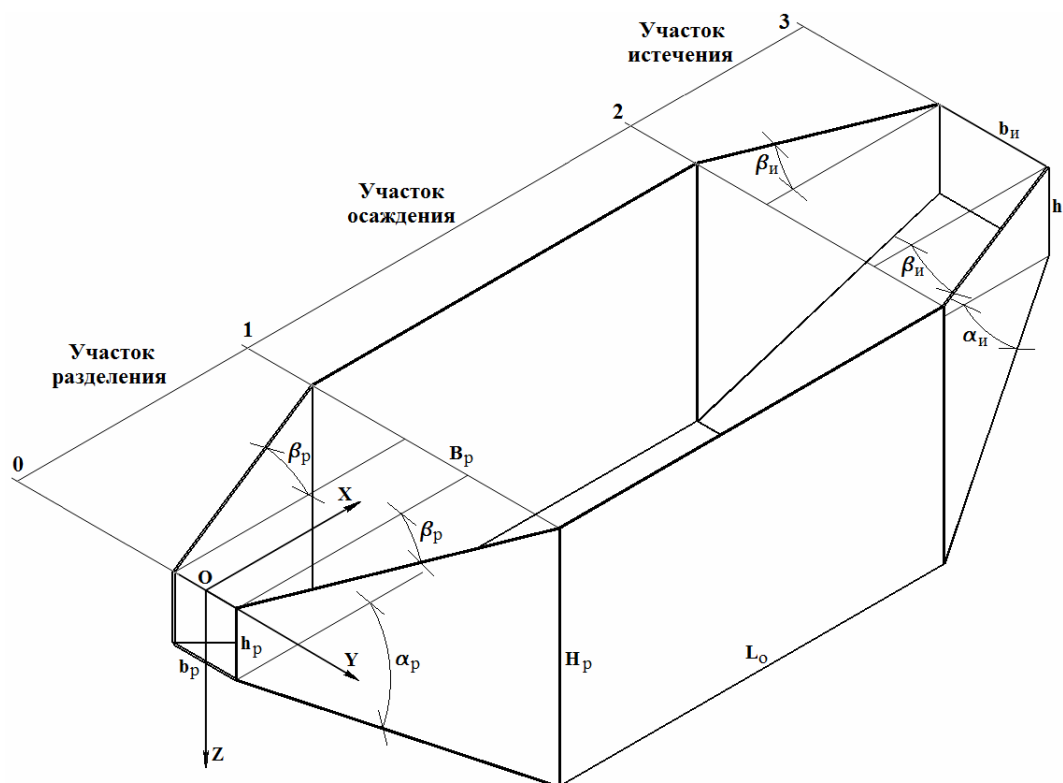


Рисунок 1 – Схема проточной части классификатора гидравлического горизонтального

Корректное описание процесса гравитационной переработки зернистых материалов в горизонтальном потоке пульпы требует разработки математической модели движения потока в проточной части классификатора. В связи с этим разработка теоретических основ процесса движения потока жидкости в проточной части классификатора гидравлического горизонтального является важной и актуальной научно-технической задачей, решение которой позволит обосновать рациональные параметры процесса гравитационного разделения зернистых материалов и устройства для его реализации.

Метод исследований. Участок разделения представляет собой область,

ограниченную корпусом аппарата с расширяющимся сечением по направлению движения пульпы. Для описания процесса введем следующие обозначения:

Q_p – производительность по исходной пульпе и на участке разделения, м³/с;
 Q_o – производительность по пульпе на участке осаждения, м³/с; Q_u – производительность по пульпе на участке истечения, м³/с; $Q_{нес}$ – производительность по сгущенной пульпе на участке осаждения, м³/с; b_o, h_o – ширина и высота потока в начальном сечении участка разделения, м; B_p, H_p – ширина и высота потока в конечном сечении участка разделения и начальном сечении участка осаждения, м; b_u, h_u – ширина и высота потока в конечном сечении участка истечения, м; α_p, β_p – углы расширения потока по осям О-Z и О-Y на участке разделения; α_u, β_u – углы сужения потока по осям О-Z и О-Y на участке истечения.

Движение потока жидкости в горизонтальном классификаторе, ввиду изменения живого сечения потока по длине, является плавно изменяющимся и обладает следующими свойствами:

а) кривизна линий тока незначительна, поэтому центробежные силы не учитываются;

б) кривизна живых сечений потока незначительна и они рассматриваются как плоские;

в) скорость горизонтального потока несущей среды в любой точке сечения принимается равной его средней величине;

г) ввиду малой скорости потока вихревые потоки не учитываются;

д) поток питается постоянным гидродинамическим напором, его верхняя граница принимается горизонтальной.

Описание движение потока жидкости в горизонтальном классификаторе выполним с применением уравнения Эйлера для идеальной (невязкой) жидкости [1], которое в общем виде записывают как

$$\begin{cases} \frac{du_x}{dt} = \frac{\partial u_x}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_x}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_x}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_x}{\partial z}; \\ \frac{du_y}{dt} = \frac{\partial u_y}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_y}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_y}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_y}{\partial z}; \\ \frac{du_z}{dt} = \frac{\partial u_z}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_z}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_z}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_z}{\partial z}. \end{cases} \quad (1)$$

Рассмотрим движение потока на **участке разделения** (рис. 1) вдоль оси О-X при его расширении в направлениях осей О-Y и О-Z. Производительность в сечениях 0 и 1 постоянна, то есть $Q_p = const$, значит

$Q_p^o = Q_p^1 = b_o h_o u_{xp}^o = B_p H_p u_{xp}^1$. Тогда скорость потока будет равна

$$u_{xp}^o = \frac{Q_p^o}{b_o h_o}, \quad u_{xp}^1 = \frac{Q_p^1}{B_p H_p}.$$

Изменение параметров прямоугольного сечения по координате x представится в виде

$$\begin{aligned} b &= b_0 + 2xtg\beta_p; \\ h &= h_0 + xtg\alpha_p. \end{aligned} \quad (2)$$

Зависимость скорости потока в поперечном и вертикальном направлениях, то есть по координатам y и z от скорости в продольном направлении, то есть по координате x примет значение

$$\begin{aligned} u_{yp} &= \frac{db}{dt} = tg\beta_p \frac{dx}{dt} = tg\beta_p u_{xp}; \\ u_{zp} &= \frac{dh}{dt} = tg\alpha_p \frac{dx}{dt} = tg\alpha_p u_{xp}. \end{aligned} \quad (3)$$

Движение потока в проточной части классификатора, ввиду изменения площади сечения, является неравномерным [2-10]. На практике неустановившееся движение в естественных и искусственных открытых руслах рассматривается как установившееся [1]. Тогда

$$\frac{\partial u_x}{dt} = \frac{\partial u_y}{dt} = \frac{\partial u_z}{dt} = 0$$

Для решения простых задач, достаточно определения максимальных значений скорости и ускорения, тогда систему уравнений (1), с учетом описанных зависимостей скорости потока в поперечном и вертикальном направлениях, можно записать в виде

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{du_{xp}}{dt} &= u_{xp} \frac{\partial u_{xp}}{\partial x} + 2tg\beta_p u_{xp} \frac{\partial u_{xp}}{\partial y} + tg\alpha_p u_{xp} \frac{\partial u_{xp}}{\partial z}; \\ \frac{du_{yp}}{dt} &= u_{xp} tg\beta_p \frac{\partial u_{xp}}{\partial x} + u_{xp} (tg\beta_p)^2 \frac{\partial u_{xp}}{\partial y} + u_{xp} tg\alpha_p tg\beta_p \frac{\partial u_{xp}}{\partial z}; \\ \frac{du_{zp}}{dt} &= u_{xp} tg\alpha_p \frac{\partial u_{xp}}{\partial x} + u_{xp} tg\beta_p tg\alpha_p \frac{\partial u_{xp}}{\partial y} + (tg\alpha_p)^2 u_{xp} \frac{\partial u_{xp}}{\partial z}. \end{aligned} \right. \quad (4)$$

Ввиду принятых допущений о незначительности кривизны живых сечений потока, приравняв скорости потока в его любой точке среднему значению,

приведению параметров живого сечения потока к оси O-X систему уравнений (4) можно упростить до вида

$$\begin{cases} \frac{du_{xp}}{dt} = u_{xp} \frac{\partial u_{xp}}{\partial x}; \\ \frac{du_{yp}}{dt} = u_{xp} \operatorname{tg} \beta_p \frac{\partial u_{xp}}{\partial x}; \\ \frac{du_{zp}}{dt} = u_{xp} \operatorname{tg} \alpha_p \frac{\partial u_{xp}}{\partial x}. \end{cases} \quad (5)$$

На участке разделения изменение параметров прямоугольного сечения по координате x описаны выражениями (2), отсюда скорость потока получим как отношение

$$u_{xp} = \frac{Q_p}{(b_0 + 2x_p \operatorname{tg} \beta_p)(h_0 + x_p \operatorname{tg} \alpha_p)}.$$

Для упрощения дальнейших преобразований приведем уравнение скорости потока к виду

$$u_{xp} = \frac{Q_p}{2x_p^2 \operatorname{tg} \beta_p \operatorname{tg} \alpha_p + x_p (b_0 \operatorname{tg} \alpha_p + 2h_0 \operatorname{tg} \beta_p) + b_0 h_0}.$$

Введем обозначения

$$a = 2 \operatorname{tg} \beta_p \operatorname{tg} \alpha_p; \quad b = b_0 \operatorname{tg} \alpha_p + h_0 2 \operatorname{tg} \beta_p; \quad c = b_0 h_0. \quad (6)$$

Тогда после подстановки обозначений (6), с учетом зависимостей параметров расширения потока по координате x (3), запишем систему уравнений скорости потока на участке разделения

$$\begin{cases} u_{xp} = \frac{Q_p}{ax_p^2 + bx_p + c}; \\ u_{yp} = \operatorname{tg} \beta_p \frac{Q_p}{ax_p^2 + bx_p + c}; \\ u_{zp} = \operatorname{tg} \alpha_p \frac{Q_p}{ax_p^2 + bx_p + c}. \end{cases} \quad (7)$$

После преобразований частная производная $\frac{\partial u_x}{\partial x}$ примет вид

$$\frac{\partial u_{xp}}{\partial x} = \frac{-Q_p(2ax_p + b)}{(ax_p^2 + bx_p + c)^2}. \quad (8)$$

Тогда преобразуя систему уравнений (5) с учетом вида частной производной (8) ускорение потока на участке разделения в направлении осей O-X, O-Y, O-Z запишем как систему уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{du_{xp}}{dt} = \frac{-Q_p^2(2ax_p + b)}{(ax_p^2 + bx_p + c)^3} \\ \frac{du_{yp}}{dt} = \operatorname{tg}\beta_p \frac{-Q_p^2(2ax_p + b)}{(ax_p^2 + bx_p + c)^3} \\ \frac{du_{zp}}{dt} = \operatorname{tg}\alpha_p \frac{-Q_p^2(2ax_p + b)}{(ax_p^2 + bx_p + c)^3} \end{array} \right. \quad (9)$$

Участок осаждения (рис. 1) является областью, ограниченной корпусом аппарата с постоянным сечением по направлению движения пульпы. В участок осаждения пульпа попадает из участка разделения. Допускаем, что внизу проточная часть участка ограничена осажденным ранее зернистым материалом, вихревые потоки у образованной поверхности незначительны. Производительность пульпы на участке осаждения характеризуется переменным значением, ввиду оттока вниз сгущенной пульпы с производительностью Q_{nec} . В этом случае производительность пульпы на выходе из участка осаждения получим как разницу $Q_o = Q_p - Q_{nec}$. Предположим, что сгущенная пульпа движется вниз по всему сечению участка осаждения равномерно. Значит удельная производительность по сгущенному продукту будет равна

$$q = \frac{Q_{nec}}{L_o}.$$

В этом случае, производительность потока на участке осаждения получим из формулы

$$Q_o = Q_p - qx_o.$$

В этом случае уравнение скорости потока на участке осаждения по оси О-Х примет вид

$$u_{xo} = \frac{Q_p - qx_o}{B_p H_p}. \quad (10)$$

Скорость движения сгущенной пульпы, ввиду равномерности истечения по всему сечению участка осаждения, примет постоянное значение

$$u_{zo} = \frac{q}{B_p}. \quad (11)$$

На участке осаждения, ввиду постоянства площади сечения потока по направлению движения пульпы, то есть по координате x , отсутствует перемещение потока по оси О-У. В этом случае $u_{yo} = 0$. Тогда для решения плоской задачи система уравнений для движения потока (1) примет вид

$$\begin{cases} \frac{du_{xo}}{dt} = u_{xo} \frac{\partial u_{xo}}{\partial x} + u_{zo} \frac{\partial u_{xo}}{\partial z}; \\ \frac{du_{zo}}{dt} = u_{xo} \frac{\partial u_{zo}}{\partial x} + u_{zo} \frac{\partial u_{zo}}{\partial z}. \end{cases}$$

Взяв производные по скорости потока (10, 11) и приняв во внимание принятые ранее допущения, получим систему уравнений для расчета ускорений движения потока на участке осаждения

$$\begin{cases} \frac{du_{xo}}{dt} = \frac{q^2 x_o - Q_p q}{(B_p H_p)^2}; \\ \frac{du_{zo}}{dt} = 0. \end{cases} \quad (12)$$

Так как **участок истечения** ограничен корпусом аппарата с уменьшающимся сечением по направлению движения пульпы (рис. 1), то перемещение потока в данной области характеризуется увеличением скорости потока. Изменение параметров прямоугольного сечения участка истечения по координате x можно получить в виде

$$\begin{aligned} B &= B_p - 2x_u \operatorname{tg} \beta_u; \\ H &= H_p - x_u \operatorname{tg} \alpha_u. \end{aligned}$$

Производительность по пульпе на участке истечения постоянна, и может быть получена как разница $Q_u = Q_p - Q_{\text{нес}}$. Тогда уравнение скорости потока

на участке истечения запишем как отношение

$$u_{xu} = \frac{Q_u}{(B_p - 2x_u \operatorname{tg} \beta_u)(H_p - x_u \operatorname{tg} \alpha_u)}.$$

Преобразуем уравнение скорости потока на участке истечения к виду

$$u_{xu} = \frac{Q_u}{2x_u^2 \operatorname{tg} \beta_u \operatorname{tg} \alpha_u - x_u (B_p \operatorname{tg} \alpha_u + 2H_p \operatorname{tg} \beta_u) + B_p H_p}.$$

Введем обозначения

$$d = 2 \operatorname{tg} \beta_u \operatorname{tg} \alpha_u; \quad e = B_p \operatorname{tg} \alpha_u + H_p 2 \operatorname{tg} \beta_u; \quad f = B_p H_p.$$

В этом случае система уравнений для скорости потока на участке истечения, аналогично (7) примет вид

$$\begin{cases} u_{xu} = \frac{Q_u}{dx_u^2 - ex_u + f}; \\ u_{yu} = \operatorname{tg} \beta_u \frac{Q_u}{dx_u^2 - ex_u + f}; \\ u_{zu} = \operatorname{tg} \alpha_u \frac{Q_u}{dx_u^2 - ex_u + f}. \end{cases} \quad (13)$$

После преобразований, выполненных аналогично (8), ускорение потока на участке истечения в направлении осей O-X, O-Y, O-Z запишем как систему уравнений

$$\begin{cases} \frac{du_{xu}}{dt} = \frac{-Q_u^2(2dx_u - e)}{(dx_u^2 - ex_u + f)^3}; \\ \frac{du_{yu}}{dt} = \operatorname{tg} \beta_u \frac{-Q_u^2(2dx_u - e)}{(dx_u^2 - ex_u + f)^3}; \\ \frac{du_{zu}}{dt} = \operatorname{tg} \alpha_u \frac{-Q_u^2(2dx_u - e)}{(dx_u^2 - ex_u + f)^3}. \end{cases} \quad (14)$$

Пример графического описания полученных теоретических зависимостей для скорости потока на участках разделения (7), осаждения (10, 11) и истечения (13) приведен на рисунке 2. Видно, что участок разделения характеризуется за-

кономерным снижением скорости по всем координатам в соответствии с увеличением площади потока, а участок истечения – обратным процессом увеличения скорости при уменьшении площади сечения потока.



Рисунок 2 - Скорость потока в классификаторе гидравлическом горизонтальном

На участке осаждения наблюдается плавное уменьшение скорости потока по оси $O-X$ ввиду оттока сгущенной пульпы, нулевое значение скорости по оси $O-Y$ и линейное увеличение скорости потока по оси $O-Z$.

Пример графического представления математического моделирования ускорения потока на участках разделения (9), осаждения (12) и истечения (14) приведен на рис. 3.



Рисунок 3 - Ускорение потока в классификаторе гидравлическом горизонтальном.

На участке разделения по всем осям течение потока характеризуется отрицательными, приближающимися к нулю, значениями ускорения. На участке

осаждения ускорение потока остается практически неизменным. На участке истечения наблюдается увеличение ускорения по всем осям от отрицательных близких к нулю до положительных значений.

Вывод. Разработанная математическая модель движения жидкости в проточной части классификатора гидравлического горизонтального позволяет получить значения скоростей и ускорений потока в характерных участках процесса. Полученная модель будет применена при описании процесса осаждения твердых частиц, движимых ускоренным несущим потоком пульпы, что позволит обосновать рациональные параметры устройства, применяемого для гравитационной переработки зернистых материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богомолов, А.И. Гидравлика: учебник для вузов / А.И. Богомолов, К.А. Михайлов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1972. – 648 с.
2. Франчук, В.П. Розробка математичної моделі руху потоку в класифікаторі гідравлічному горизонтальному / В.П. Франчук, А.О. Бондаренко // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – 2013, № 3(66). – С. 140 – 149.
3. Кизевальтер, Б.В. Теоретические основы гравитационных методов обогащения / Б.В. Кизевальтер. – М.: Недра, 1979. – 295 с.
4. Шкундин, Б.М. Гидромеханизация в энергетическом строительстве / Б.М. Шкундин. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 224 с.
5. Ялтанец, И.М. Гидромеханизация / И.М. Ялтанец, В.К. Егоров. – М.: Изд-во МГГУ, 1999.
6. Ландау, Л.Д. Механика сплошных сред / Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Гос. изд. технико-теоретической лит., 1954. – 795 с.
7. Блюсс, Б.А., Семенов, Е.В. Научные основы гидромеханизации для открытой разработки россыпных месторождений // Геотехническая механика. – Днепропетровск, 2010. – Вып. 85. – С. 19 – 33.
8. Семенов, Е.В. Методические разработки расчета параметров процессов гидромеханизации при открытой разработке полиметаллических россыпей // Горный вестник Узбекистана. – №1(40). – 2010. – С. 67 – 73.
9. Блюсс, Б.А. Математические модели процессов гидромеханизации / Б.А. Блюсс, Е.В. Семенов, С.И. Криль // Вісник Дніпропетровського університету. Серія Механіка. - Вип. 14, 2010. – № 5 – С. 80 – 90.
10. Семенов, Е.В. Модели гидротехнических систем технологий переработки титанцирконового сырья / Е.В. Семенов, В.Г. Скосырев // Геотехническая механика. – Днепропетровск, 2010. – Вып. 90. – С. 132 – 141.

REFERENCES

1. Bogomolov, A.I. and Mikhaylov, K.A. (1972), *Gidravlika* [Hydraulic], Stroyizdat, Moscow, SU.
2. Franchuk, V.P. and Bondarenko O.A. (2013), "Development of mathematical model of stream motion in classifier hydraulic horizontal", *Visnik ZDTU*, no. 3(66), pp. 140-149..
3. Kizelvalter, B.V. (1979), *Teoreticheskiye osnovy gravitaciiionnikh metodov obogashcheniya* [Theoretical bases of gravitation methods of enrichment], Nedra, Moscow, SU.
4. Shkundin, B.M. (1986) *Gidromekhanizatsiya v energeticheskom stroitelstve*, Energoatomizdat, Moscow, SU.
5. Yaltanets, I.M. (1999), *Gidromekhanizatsiya* [Hydro-mechanization], *Izdatelstvo MSMU*, Moscow, Russia
6. Landau, L.D. and Livshits, E.M. (1954), *Mekhanika sploshnih sred* [Mechanics of continuous environments], State publishing house of the technical-theoretical literature, Moscow, SU.
7. Blyuss, B.A. and Semenenko, Ye.V. (2010), "Scientific bases of hydro-mechanization for the opened development of mining placer deposits", *Geo-Technical Mechanics*, no. 85, pp. 19-33.
8. Semenenko, E.V. (2010), "Methodical developments of calculation parameters of processes of hydro-mechanization at the opened development of polymetal mineral deposits", *Gorniy Vestnik Uzbekistana*, no. 1(40), pp. 67-73.

9. Blyuss, B.A. and Semenenko, Ye.V. (2010), "Mathematical models of processes of hydro-mechanization", *Visnik Dnepropetrovskogo universitetu*, no. 14, pp. 80-90.

10. Semenenko, Ye.V. and Skosirev, V.G. (2010), "Models of the hydrotechnical systems of technologies of processing of tytan-tsyronovogo raw material", *Geo-Technical Mechanics*, no. 90, pp. 80-90.

Об авторах

Франчук Всеволод Петрович, доктор технических наук, заведующий кафедрой горных машин и инжиниринга, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), г. Днепропетровск, Украина.

Бондаренко Андрей Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры горных машин и инжиниринга, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), г. Днепропетровск, Украина, bondarenkoa@nmu.org.ua.

About the authors

Franchuk Vsevolod Petrovich, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Professor, Head of Department of mining machines and engineering, State higher educational establishment «National mining university» (SHEE «NMU»), Dnepropetrovsk, Ukraine.

Bondarenko Andrii Oleksijovich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor of Department of mining machines and engineering, State higher educational establishment «National mining university» (SHEE «NMU»), Dnepropetrovsk, Ukraine, bondarenkoa@nmu.org.ua.

Анотація. У зв'язку з невідповідністю якості природних нерудних пісків, з набору основних фізико-механічних властивостей, діючим нормам до кінцевої продукції необхідна переробка вихідної сировини. Як правило, переробка передбачає, у тому числі, відділення від піску мілких, пилюватих, глинистих, мулистих (диспергованих) додатків. Найбільш переважним пристроєм, який дозволяє ефективно виділяти дрібнодисперсні домішки, може служити класифікатор гідравлічний горизонтальний. Процес гравітаційної переробки зернистих матеріалів в горизонтальному потоці пульпи супроводжується протіканням несучого потоку в межах різнопохилих поверхонь, а також відтоком донизу згущеної пульпи. Для коректного опису процесу розроблена математична модель руху потоку в проточній частині класифікатора, із застосуванням рівняння Ейлера для ідеальної (нев'язкою) рідини. В результаті математичного моделювання отримані теоретичні залежності для швидкості і прискорення потоку, розділеного на характерні ділянки: розділення, осадження, витікання.

Метою роботи стала розробка математичної моделі руху несучого горизонтального потоку на ділянках розділення, осадження і витікання проточної частини класифікатора гідравлічного горизонтального.

Розроблена математична модель дозволяє отримати значення швидкостей і прискорень потоку в характерних ділянках процесу, це дозволить обґрунтувати раціональні параметри пристрою для гравітаційної переробки зернистих матеріалів.

Ключові слова: гравітаційне розділення, класифікатор горизонтальний, математичне моделювання, потік рідини.

Abstract. As quality of natural non-metallic sands does not meet current norms set for the end products by their controlled physical and mechanical properties it is necessary to pre-process the feedstock. As a rule, the primary processing assumes separation of the fine-grained, clay and silty (dispersed) impurities from the sands. The most preferable device is a hydraulic horizontal classifier which effectively separates the fine-grained purities. The process of gravity processing of granular materials in the horizontal pulp stream is accompanied with a bearing stream flowing on the surfaces inclined at different angels and with the outflow of the thickened underflow. In order to correctly describe the process, a mathematical model of the stream flowing in the channel of the classifier was designed with the use of the Euler equation for an ideal (nonviscous) liquid. The mathematical model showed theoretical dependences between the flow speed and acceleration. The flow was divided into specific stages: separation, sedimentation and outflow.

The purpose of this work was to design a mathematical model of the bearing horizontal stream flowing in the channels of the hydraulic horizontal classifier at the separation, sedimentation and outflow stages.

The created mathematical model allows to specify values for the stream speeds and accelerations at specific stages of the process and to ground rational parameters for the device used for the gravity processing of the granular materials.

Key words: gravity separation, horizontal classifier, mathematical modeling, flow of liquid.

Статья поступила в редакцию 20.02.2014

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук В.П. Надутым

УДК 614.894.28.001.5

Т.І. Долгова, д-р техн. наук, професор,
С.І. Чеберячко, канд. техн. наук, доцент,
Д.І. Радчук, канд. техн. наук, доцент
(ДВНЗ «НГУ»)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КЛАПАНІВ ВИДИХУ ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ ПІВМАСОК

Т.И. Долгова, д-р техн. наук, профессор,
С.И. Чеберячко, канд. техн. наук, доцент,
Д.И. Радчук, канд. техн. наук, доцент
(ГВУЗ «НГУ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КЛАПАНОВ ВЫДОХА ФИЛЬТРУЮЩИХ ПОЛУМАСОК

T.I. Dolgova, D.Sc. (Tech.), Professor,
S.I. Cheberyachko, Ph.D. (Tech.), Associate Professor
D.I. Radchuk, Ph.D. (Tech.), Associate Professor
(SHEE «NMU»)

RESEARCH OF THE EXHALATION VALVE EFFECTIVENESS IN THE FILTERING HALF MASKS

Анотація. Мета. Дослідження працездатності різних конструкцій клапанів видиху на циклічному повітряному потоку. Методика. Випробування з визначення герметичності клапанів дихання проводились відповідно до вимог ДСТУ EN 149:2003 та ГОСТ 17263-79, а еластичність гуми проводили за ГОСТ 27110-86. Результати. Встановлено, що герметичність залежить від товщини, еластичності гуми та способу закріплення клапанів видиху. При заданій еластичності гуми існує оптимальне значення товщини клапану видиху, яка забезпечить максимальну герметичність. Наявність сторонніх предметів або вибоїв на сидловині клапану погіршує герметичність, але збільшення вакууметричного тиску у клапанів грибової форми зменшує витіки з-під маскового простору. Встановлено, що найбільша кількість аерозолу у підмасковий простір потрапляє під час закривання клапану видиху на початку фази вдиху.

© Т.И. Долгова, С.И. Чеберячко, Д.И. Радчук, 2014