

УДК 614.73.16

doi:10.20998/2413-4295.2016.25.17

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГИДРОДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ ДВУХФАЗНОГО ВОСХОДЯЩЕГО ПОТОКА В ПНЕВМОКЛАССИФИКАТОРАХ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ

А. В. ЛИТВИНЕНКО*, Н. П. ЮХИМЕНКО

*Кафедра процессов и оборудования химических и нефтеперерабатывающих производств, Сумской государственной
университет, Сумы, УКРАИНА*

**email: andrew.litvinenko@gmail.com*

АННОТАЦИЯ Процессы классификации заключаются в разделении сыпучих материалов на две и более фракции по размеру частиц, причем содержание примесей в этих продуктах допускается в небольшом количестве. Высокая степень разделения при осуществлении процессов классификации дисперсных материалов влияет не только на расходные нормы сырья и его качество, но и определяет производительность и эффективность работы других машин и аппаратов в технологической схеме, в конечном итоге сказывается на технико - экономических показателях всего производства. Данная работа посвящена созданию математической модели гидродинамики движения двухфазного потока. Описана математическая модель однофазного потока (газовая фаза). Так же описана математическая модель двухфазного потока, на примере газовой фазы и твёрдой частицы.

Ключевые слова: Пневмоклассификатор; частичка; траектория; скорость витания; профиль скорости; сечение.

THE MATHEMATICAL MODEL OF HYDRODYNAMICS MOTION OF TWO PHASE ASCENDING FLOW IN PNEUMATIC CLASSIFIERS OF VARIABLE CROSS-SECTION

A. V. LITVYNENKO*, M. P. YUKHYMENKO

Processes and Equipment of Chemical and Petroleum-Refineries Department, Sumy state university, Sumy, UKRAINE

ABSTRACT. Classification processes involve division of granular materials into two and more fractions according to the particles size. Notably, impurity content in these products is acceptable in small amounts. The high separation level during the particulates classification processes affects not only the raw materials unit consumption and its quality but also has an impact on the productivity and efficiency of other machines and apparatus in the flowsheet and, eventually, on the technical-and-economic indicators of the production in general. This paper deals with the developing the hydrodynamics mathematical model of two phase flow motion. To reach the set goal, the authors created the mathematical model of one phase flow (gas phase). The next stage was the creation of the mathematical model of two phase flow, as exemplified by the gas phase and the solid particle. This model is unique due to the fixation of the dependence of solid particles velocity on the apparatus body and the gas flow profile. The authors worked out the equations to define the velocity of the gas flow and the velocity of the solid particle at every point of the variable cross-section apparatus body. The authors developed the characteristic curve of gasflow line in the pneumatic classifier body. The solid particle trajectories were defined in the body of the pneumatic classifier with variable cross-section. The velocity distribution and the influence of the gas flow on the individual solid particle are deeply analyzed in the paper. The conclusions also deal with the trajectory change of the individual particle within the apparatus body.

Keywords: pneumatic classifier; particle; trajectory; terminal velocity; velocity profile; cross-section.

Введение

Процессы классификации заключаются в разделении сыпучих материалов на две и более фракции по размеру частиц, причем содержание примесей в этих продуктах допускается в небольшом количестве. Высокая степень разделения при осуществлении процессов классификации дисперсных материалов влияет не только на расходные нормы сырья и его качество, но и определяет производительность и эффективность работы других машин и аппаратов в технологической схеме, в конечном итоге сказывается на технико - экономических показателях всего производства. Структура движения двухфазных потоков в

технологических аппаратах, в том числе и пневмоклассификаторах, оказывает большое влияние на эффективность проводимых в них процессов. Эффективность в значительной степени определяется полем течения газового потока в рабочем объёме аппарата, которое влияет на профиль скорости твёрдой фазы и, соответственно на качество разделения сыпучих полидисперсных материалов на крупную и мелкую фракции.

Цель работы

Создание математической модели гидродинамики движения двухфазного потока в пневмоклассификаторе переменного сечения. Первой

ступеню является создание математической модели однофазного потока (газовой фазы). Следующим этапом является включение в систему одиночной твёрдой частицы для создания математической модели двухфазного потока, на примере газовой фазы и твёрдой частицы.

Изложение основного материала

Одним из широко распространённых типов пневмоклассификаторов, согласно классической классификации [1], являются гравитационные. Данные аппараты относятся к равновесным, то есть работающим по принципу уравнивания частиц граничной крупности в потоке за счёт равенства гравитационных сил и аэродинамического сопротивления газового потока. Но более практичным показателем оценки равновесной классификации является скоростное число [2], в виде соотношения и усредненной по сечению скорости газового потока W_G к скорости витания твёрдой частицы U_T , которое равно $W_G / U_T = 1$. В действующих пневмоклассификаторах реальный процесс разделения не является статическим, поэтому $W_G / U_T > 1$, то есть при $W_G > U_T$ происходит вынос частиц определённого размера из взвешенного слоя. Реализация данного условия в пневмоклассификаторах постоянного сечения не обеспечит технологически заданного гранулометрического состава разделяемых фракций, так как крупная фракция будет «засорена» мелкими частицами, а мелкая фракция - крупными. Это связано с отсутствием эффекта расслоения слоя взвешенных частиц по высоте аппарата постоянного сечения. Поэтому корпус в пневмоклассификаторах зачастую выполняют в виде расширяющегося кверху конуса. Такая форма характерна для сепарационного пространства аппаратов псевдоожиженного слоя, пневмоклассификаторов Гоннеля, с газораспределительными решетками, клиновидными и полочными элементами, расположенными по высоте на разных уровнях конусной части аппарата [3].

На равновесие процесса разделения полидисперсного материала на крупную и мелкую фракции, а соответственно и на величину W_G / U_T , влияет фактический профиль скоростей газового потока в поперечном сечении зоны сепарации, который будет различным по высоте аппарата в виде расширяющегося конуса. Так же на скорость витания частиц в газовом потоке будет оказывать влияние турбулентность потока, наличие завихрений, стеснённость потока за счёт концентрации частиц, наличия стенок аппарата. Указанные причины вносят изменения в величину экспериментально замеренной скорости витания [4-5]. Поэтому более корректным будет учёт влияния указанных параметров на истинную скорость твёрдой частицы в потоке.

Изменение скорости твёрдой частицы при её движении в потоке среды описывается вторым законом Ньютона. Наиболее полное аналитическое решение дифференциального уравнения 1-го порядка, описывающее движение частицы в газовом потоке представлено в монографиях [4-13]. Представленные в этих работах зависимости зачастую носят теоретический характер, решения сложные по структуре, содержат трудноопределимые параметры, поэтому их сложно применить для инженерных расчётов конкретных конструкций пневмоклассификаторов.

В данной работе рассматривается математическая модель гидродинамики движения двухфазного восходящего потока в канале в виде расширяющегося конуса [14]. Особенностью данной модели является учёт взаимного влияния на скорость твёрдой частицы скоростного профиля газового потока и влияния стенок аппарата, сечение которого является переменным по высоте.

На первом этапе математического моделирования рассмотрим динамику движения одиночной шарообразной твёрдой частицы в вертикальном канале в условиях незначительно объёмной концентрации частиц $\beta < 0,005 - 0,01 \text{ м}^3 / \text{м}^3$. В этих условиях силами столкновения частиц одна с другой, со стенками аппарата, а также трением о стенки аппарата можно пренебречь.

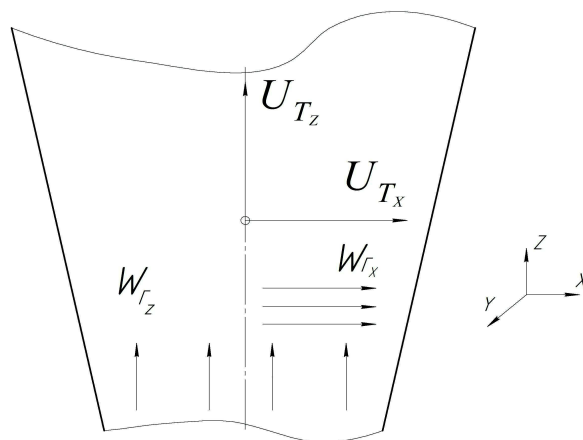


Рис. 1 – Схема движения твёрдой частицы в вертикальном расширяющемся канале

Тогда уравнения, которые описывают движение частицы в вертикальном направлении (Z) и в горизонтальном (X) (рис.1), представлены в виде системы:

$$\begin{cases} m_T \frac{dU_{Tz}}{d\tau} = -m_T g + S_T \zeta \frac{\rho_G (W_{Gz} - U_{Tz})^2}{2} \\ m_T \frac{dU_{Tx}}{d\tau} = S_T \zeta \frac{\rho_G (W_{Gx} - U_{Tx})^2}{2} \end{cases}, \quad (1)$$

где m_T - масса твёрдой частички, кг;

U_T - скорость твёрдой частички, м/с;

S_T - площадь миделевого сечения шарообразной частички, м²;

ζ - коэффициент гидродинамического сопротивления, $\zeta = f(\text{Re}_T)$;

Re_T - критерий Рейнольдса относительно двухфазного потока.

После преобразований системы уравнений (1), получаем:

$$\begin{cases} U_{T_z} \frac{dU_{T_z}}{dZ} = -g + \frac{3}{4} \zeta \frac{\rho_\Gamma (W_{\Gamma_z} - U_{T_z})^2}{\rho_T d_T} \\ U_{T_x} \frac{dU_{T_x}}{dX} = \frac{3}{4} \zeta \frac{\rho_\Gamma (W_{\Gamma_x} - U_{T_x})^2}{\rho_T d_T} \end{cases}, \quad (2)$$

После интегрирования методом Рунге-Кутты 4-го порядка для предельного значения скорости $U_{T_z} = 0$ и $U_{T_x} = 0$, получаем соответствующие градиенты:

$$D_z(z, U_{T_z}) = \frac{-g + \frac{3}{4} \zeta \frac{\rho_\Gamma (W_{\Gamma_z} - U_{T_z})^2}{\rho_T d_T}}{U_{T_z}}, \quad (3)$$

где ρ_T - плотность твёрдой частички, кг/м³;

d_T - диаметр твёрдой частички, мм;

W_{Γ_z} - скорость газового потока по оси Z, м/с.

$$D_x(x, U_{T_x}) = \frac{\frac{3}{4} \zeta \frac{\rho_\Gamma (W_{\Gamma_x} - U_{T_x})^2}{\rho_T d_T}}{U_{T_x}}, \quad (4)$$

где W_{Γ_x} - скорость газового потока по оси X, м/с.

В уравнения (3) и (4) входят соответствующие значения скоростей газового потока в вертикальном W_{Γ_z} и горизонтальном W_{Γ_x} направлениях, которые влияют на скорости твёрдой частицы в указанных направлениях, и поэтому требуют аналитического определения.

Из уравнения изменения количества движения газовой фазы, которое учитывает силы трения газового потока о стенки аппарата, и соответствующих преобразований получим:

$$\rho_\Gamma W_{\Gamma_z} \frac{dW_{\Gamma_z}}{dz} = -\frac{\lambda_{TP} \rho_\Gamma W_{\Gamma_z}^2}{D_\Sigma}, \quad (5)$$

Коэффициент трения газового потока об стенки канала аппроксимируется зависимостью вида:

$$\lambda_{TP} = \frac{C}{\text{Re}^n}, \quad (6)$$

где C ; n - экспериментальные коэффициенты ($0 \leq n \leq 1$), которые зависят от числа Рейнольдса (Re).

Количественную оценку значений эмпирических коэффициентов C и n определяем из формулы:

$$R_{(n)} = \sum_{k=1}^N \left[w_0^n - \frac{C_{(n)} v^n}{2\theta} \left(\frac{1}{d_0^n} - \frac{1}{d_k^n} \right) \right]^{\frac{1}{n}} - w_k^n, \quad (7)$$

Используя формулу (7), строим график зависимости $R(n)$ от значения экспериментального коэффициента (n) (рис.2):

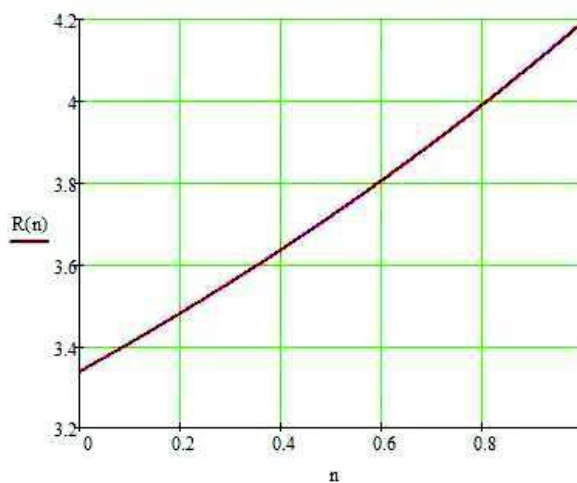


Рис. 2 – Зависимость погрешности $R(n)$ от значения коэффициента (n)

Из графика (рис.2) видно, что погрешность минимальна при $n = 0$. Это означает что режим движения газового потока – развитый турбулентный, а значит расчёт следует проводить согласно формуле:

$$R_{(C)} = \sum_{k=1}^N \left[w_1 \cdot \left(\frac{d_k}{d_1} \right)^{-\frac{C}{2\theta}} - w_k^n \right]^2, \quad (8)$$

Определив погрешность, видно, что значение коэффициента C стремится к единице, поэтому для его расчёта используем формулу:

$$C = 2\theta \cdot \frac{\sum_{k=1}^N \left(\ln \left(\frac{d_1}{d_k} \right) \ln \left(\frac{w_k}{w_1} \right) \right)}{\sum_{k=1}^N \left(\ln \left(\frac{d_1}{d_k} \right)^2 \right)}, \quad (9)$$

Тогда скорость газового потока в направлении Z по высоте канала:

$$W_{Tz} = w_0 \cdot \left[\frac{d_k}{d_1} \right]^{\frac{C}{2\theta}}, \quad (10)$$

Изменения скорости газового потока в направлении X в поперечном сечении канала:

$$W_{Tx} = W_{Tz} \left(1 - \frac{X}{B} \right)^{\frac{1}{n}}, \quad (11)$$

где X - координаты точки по сечению канала, в которой производят расчёт значения скорости газового потока W_{Tx} по оси X , м;

B - длина сечения канала, м.

Экспериментальная постоянная n из условия минимума суммарного квадратического отклонения теоретических значений скорости потока от соответствующих экспериментальных значений:

$$n = \frac{\sum_{m=1}^M \left(\ln \left(1 - \frac{x_m}{B} \right) \ln \left(\frac{w_{x_m}}{w_1} \right) \right)}{\sum_{m=1}^M \left(\ln \left(\frac{w_{x_m}}{w_1} \right)^2 \right)}, \quad (12)$$

Траектория движения газового потока в условиях отсутствия загруженности твёрдыми частицами, определяется зависимостью:

$$z_{(x,x_0)} = \frac{B \cdot n}{n-1} \left[\left(1 - \frac{x_0}{B} \right)^{\frac{n-1}{n}} - \left(1 - \frac{x}{B} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right], \quad (13)$$

где x_0 - координаты точки входа газового потока в рабочий объём аппарата по оси X , м.

Обсуждение результатов

Полученные решения уравнений дают возможность определить скорость газового потока в

каждой точке аппарата, а также оценить изменения скорости по высоте и ширине корпуса. Это важно для подбора рациональных гидродинамических параметров потока разделения полидисперсной смеси зернистых материалов. Уравнение (13) даёт возможность оценить траектории движения газа в рабочем пространстве корпуса аппарата, а также оценить влияние углов раскрытия ромба на изменения в движении газового потока (рис.3).

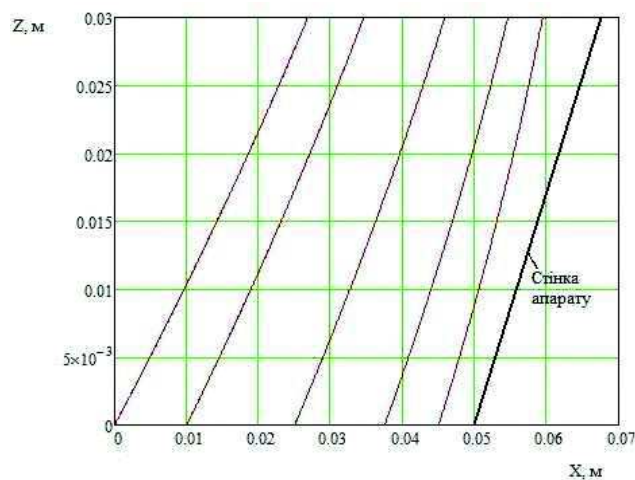


Рис.3 – Линии тока газа в рабочем пространстве аппарата

В уравнения (3) и (4) входят соответствующие значения скорости газового потока в вертикальном

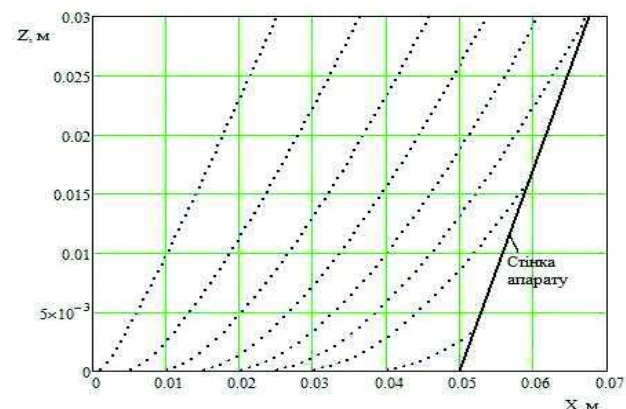


Рис.4 – Траектории движения твёрдой частички в аппарате

U_{Tz} и горизонтальном U_{Tx} направлениях, которые дают возможность определить траектории частиц в канале аппарата.

Из представленных (рис.4) траекторий видно, что частичка в нижней части корпуса имеет практически нулевую скорость, а потом начинает постепенно разгоняться под действием газового потока. Скорость в вертикальном направлении больше, нежели в горизонтальном. Оценив

траектории, можно сделать вывод что газовый поток достаточно сильно влияет на одиночную частичку, и поджимает ее к стенкам аппарата.

Выводы

Таким образом, определение профиля скоростей твёрдой фазы с учётом взаимного влияния распределения скоростей газового потока в вертикальном и горизонтальном направлении вертикального канала аппарата переменного сечения даёт возможность более корректно оценить особенности выноса мелкой фракции из взвешенного слоя материала.

Список литературы

1. Устинов, С. Г. Инерционная сепарация пыли / С. Г. Устинов, Н. И. Зверев // М.: Энергия. – 1974. – 168 с.
2. Johanson, K. Quantitative measurement of particle segregation mechanisms / K. Johanson, C. Eckert, D. Ghose, M. Djomlija, M. Hubert // *Powder Technology*. – 2005. – No 159(1). – P. 1-12. – doi: 10.1016/j.powtec.2005.06.003.
3. Юхименко, Н. П. Аппараты взвешенного слоя / Н. П. Юхименко, С. В. Вакал, Н. П. Кононенко, А. П. Филонов // Сумы: Собор. – 2003. – 304 с.
4. Литвиненко, А. В. Исследование скорости витания полидисперсных материалов для определения возможности их разделения в пневмокласификаторах / А. В. Литвиненко, Н. П. Юхименко // *Журнал инженерных наук, СумГУ*. – 2014 – Т.1 №3 – В9-В13.
5. Бабуха, Г. Л. Механика и теплообмен потоков полидисперсной газозвеси / Г. Л. Бабуха, Н. И. Рабинович // К.: Наукова думка. – 1969. – 219 с.
6. Latz, A. Hydrodynamic modeling of dilute and dense granular flow / A. Latz, S. Schmidt // *Granul. Matter*. – 2010. – No12 (4). – P. 387-397. – doi: 10.1007/s10035-010-0187-6.
7. Шрайбер, А. А. Гидромеханика двухкомпонентных потоков с твёрдым полидисперсным веществом / А. А. Шрайбер, В. Н. Милотин, В. П. Яценко // Киев.: Наукова думка. – 1980. – 252 с.
8. Шрайбер, А. А. Турбулентные течения газозвеси / А. А. Шрайбер, Л. Б. Гавин, В. А. Наумов // Киев.: Наукова думка. – 1987. – 240 с.
9. Goldschmidt, M. J. V. Hydrodynamic modelling of dense gas-fluidised beds: comparison and validation of 3D discrete particle and continuum models / M. J. V. Goldschmidt, R. Beetstra, J. A. M. Kuipers // *Powder Technol.* – 2004. – No 142 (1). – P. 23-47. – doi: 10.1016/j.powtec.2004.02.020
10. Tingwen Li Numerical investigation of gas mixing in gas-solid fluidized beds / Tingwen Li, Yongmin Zhang, John R. Grace, Xiaotao Bi // *AIChE J.* – 2010. – No 56 (9). – P. 2280-2296. – doi: 10.1002/aic.12144.
11. McCarthy, J. J. Turning the corner in segregation / J. J. McCarthy // *Powder Technology*. – 2009. – No 192. – P. 137-142. – doi:10.1016/j.powtec.2008.12.008.
12. Heinrich, S. Particle population modeling in fluidized bed spray granulation – analysis of the steady state and unsteady behavior / S. Heinrich, M. Peglow, M. Ihlow, L. Mörl // *Powder Technol.* – 2003. – No 130 – P. 154-161. – doi:10.1016/S0032-5910(02)00259-0.

13. Hilton J. E. Dynamics of gas–solid fluidized beds with non-spherical particle geometry / J. E. Hilton, L. R. Mason, P. W. Cleary // *Chem. Eng. Sci.* – 2010. – No 65. – P.1584-1596. – doi:10.1016/j.ces.2009.10.028.
14. Litvinenko A. Pneumatic Classification Of The Granular Materials In The “Rhombic” Apparatus / A. Litvinenko, M. Yukhimenko // *Journal of Manufacturing and Industrial Engineering (JMIE)*. – 2014. – Vol 1-2. – P.1-3. – doi:10.12776/mie.v13i1-2.340.

Bibliography (transliterated)

1. Ustinov, S. G., Zverev, N. I. Inertsionnaya separatsiya pyli. Moscow: Energiya, 1974, 168 p.
2. Johanson, K., Eckert, C., Ghose, D., Djomlija, M., Hubert, M. Quantitative measurement of particle segregation mechanisms. *Powder Technology*. 2005, **159**, 1-12, doi: 10.1016/j.powtec.2005.06.003.
3. Yuhimenko, N. P., Vakal, S. V., Kononenko, N. P., Filonov, A. P. Apparaty vzveshennogo sloya. Sumyi: Sobor, 2003, 304 p.
4. Litvinenko, A. V., Yuhimenko, N. P. Issledovanie skorosti vitaniya polidispersnykh materialov dlya opredeleniya vozmozhnosti ih razdeleniya v pnevmoklassifikatorah. *Zhurnal inzhenernykh nauk, SumGU*, 2014, **1-3**, V9-V13.
5. Babuha, G. L., Rabinovich, N. I. Mehannika i teploobmen potokov polidispersnoy gazovzvesi. Kyiv: Naukova dumka, 1969, 219 p.
6. Latz, A., Schmidt, S. Hydrodynamic modeling of dilute and dense granular flow. *Granul. Matter*, 2010, **12** (4), 387-397, doi: 10.1007/s10035-010-0187-6.
7. Shrayber, A. A., Milyutin, V. N., Yatsenko, V. P. Gidromekhanika dvuhkomponentnykh potokov s tvYordym polidispersnym veschestvom. Kiev: Naukova dumka, 1980, 252 p.
8. Shrayber, A. A., Gavin, L. B., Naumov, V. A. Turbulentnyie techeniya gazovzvesi. Kiev: Naukova dumka, 1987, 240 p.
9. Goldschmidt, M. J. V., Beetstra, R., Kuipers, J. A. M. Hydrodynamic modelling of dense gas-fluidised beds: comparison and validation of 3D discrete particle and continuum models. *Powder Technol.*, 2004, **142** (1), 23-47, doi: 10.1016/j.powtec.2004.02.020.
10. Tingwen Li, Yongmin Zhang, John R. Grace, Xiaotao Bi Numerical investigation of gas mixing in gas–solid fluidized beds, *AIChE J.*, 2010, **56** (9), 2280-2296, doi: 10.1002/aic.12144.
11. McCarthy, J. J. Turning the corner in segregation. *Powder Technology*, 2009, **192**, 137-142, doi:10.1016/j.powtec.2008.12.008.
12. Heinrich, S., Peglow, M., Ihlow, M., Mörl, L. Particle population modeling in fluidized bed spray granulation — analysis of the steady state and unsteady behavior, *Powder Technol.* 2003, **130**, 154-161, doi:10.1016/S0032-5910(02)00259-0.
13. Hilton, J. E., Mason, L. R., Cleary, P. W. Dynamics of gas–solid fluidized beds with non-spherical particle geometry. *Chem. Eng. Sci.* 2010, **65**, 1584-1596, doi:10.1016/j.ces.2009.10.028.
14. Litvinenko, A., Yuhimenko, M. Pneumatic Classification Of The Granular Materials In The “Rhombic” Apparatus. *Journal of Manufacturing and Industrial Engineering (JMIE)*, 2014, **1-2**, 1-3, doi:10.12776/mie.v13i1-2.340.

Сведения об авторах (About authors)

Литвиненко Андрей Владимирович – асистент, кафедра Процессы и оборудование химических и нефтеперерабатывающих производств, Сумской государственной университет; г. Сумы, Украина; e-mail: andrew.litvinenko@gmail.com.

Andrii Lytvynenko – assistant, Department Processes and Equipment of Chemical and Petroleum-Refineries, Sumy State University, Sumy, Ukraine; e-mail: andrew.litvinenko@gmail.com.

Юхименко Николай Петрович – кандидат технических наук, доцент, кафедра Процессы и оборудование химических и нефтеперерабатывающих производств, Сумской государственной университет; г. Сумы, Украина; e-mail: yunp@ukr.net.

Mykola Yukhymenko – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Department Processes and Equipment of Chemical and Petroleum-Refineries, Sumy State University, Sumy, Ukraine; e-mail: yunp@ukr.net.

Пожалуйста ссылайтесь на эту статью следующим образом:

Литвиненко, А. В. Математическая модель гидродинамики движения двухфазного восходящего потока в пневмокласификаторах переменного сечения / **А. В. Литвиненко, Н. П. Юхименко** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2016. – № 25 (1197). – С. 113-118. – doi:10.20998/2413-4295.2016.25.17.

Please cite this article as:

Lytvynenko, A. V., Yukhymenko, M. P. The mathematical model of hydrodynamics motion of two phase ascending flow in pneumatic classifiers of variable cross-section // *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2016, **25** (1197), 113-118, doi:10.20998/2413-4295.2016.25.17.

Будь ласка посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Литвиненко, А. В. Математична модель гідродинаміки руху двофазного висхідного потоку в пневмокласификаторах змінного перерізу / **А. В. Литвиненко, М. П. Юхименко** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 25 (1197). – С. 113-118. – doi:10.20998/2413-4295.2016.25.17.

АНОТАЦІЯ Процеси класифікації полягають у поділі сипучих матеріалів на дві і більше фракції за розміром частинок, причому вміст домішок в цих продуктах допускається в невеликій кількості. Високий ступінь поділу при здійсненні процесів класифікації дисперсних матеріалів впливає не тільки на витратні норми сировини і його якість, а й визначає продуктивність і ефективність роботи інших машин та апаратів в технологічній схемі, в кінцевому підсумку позначається на техніко-економічних показниках всього виробництва. Дана робота присвячена створенню математичної моделі гідродинаміки руху двофазного потоку. Описано математичну модель однофазного потоку (газова фаза). Так само описана математична модель двофазного потоку, на прикладі газової фази і твердої частинки.

Ключові слова: Пневмокласифікатор; частинка; траєкторія; швидкість витання; профіль швидкості; переріз.

Поступила (received) 14.06.2016