

Investigation of structural homogeneity of ceramic materials / V.P. SHVETS // Visnyk NTU «KhPI». – 2014. – № XX (XXXX). – (Series: Khimiya, khimichna tekhnolohiya ta ecolohiya). – P. XXX – XXX. – Bibliogr.: 7 names. – ISSN 2079-0821.

The paper presents the evaluation of structural homogeneity of ceramic materials from the assessment of their structural state by the parameters of scatter in characteristics of indenter penetration depth.

Keywords: homogeneity, homogeneity coefficient, scatter in properties, structural homogeneity, indenter.

УДК 622.73

А.М. ШЕВЕЛЁВА, асп., ИТМ НАНУ и ГКАУ, Днепропетровск

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЯ И ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ, ИСТЕКАЮЩИХ В ПЛОСКИЙ КАНАЛ МОДЕЛИ ГАЗОСТРУЙНОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ

В статье исследованы закономерности изменения скорости энергоносителя и твердых частиц, истекающих в плоский канал модели газоструйного измельчителя. Выявлены зависимости скорости рабочих тел от давления на входе в разгонную трубку измельчителя, плотности подаваемого твердого материала и площади сечения бункера подачи. Определены условия, при которых достигается равномерное распределение частиц по сечению канала.

Ключевые слова: двухфазный поток, скорость энергоносителя, частицы сыпучего материала, плоский канал, бункера подачи материала, разгонная трубка.

Постановка задачи. Особый интерес в технологии процесса измельчения представляют исследования течения газа с твердыми частицами в каналах измельчителя. Интенсивное развитие производственных процессов, необходимость модернизации оборудования, стремительные темпы развития научных и технических достижений обуславливают потребность исследования газодинамических характеристик двухфазных дисперсных потоков. Можно отметить большое количество обобщающих работ, касающихся изучения данной темы, некоторые из которых представлены в списке литературы [1 – 7]. Благодаря простоте конструкции, надежности, относительно низкой стоимости изготовления и высокой дисперсности готового продукта все большее распространение для тонкого и сверхтонкого измельчения приобретают газоструйные измельчители [4]. Вместе с тем газоструйные измельчители

© А.М. Шевелёва, 2014

ли обладают рядом недостатков, требующих дальнейших исследований. Одним из таких недостатков является повышенный износ элементов конструкции измельчителя, в частности разгонных трубок, и как следствие загрязнение измельченного материала продуктами износа.

Для разработки рекомендаций по защите разгонных трубок измельчителя необходимо в первую очередь исследовать закономерности изменения газодинамических параметров при разгоне твердых частиц. В частности, закономерности изменения скорости энергоносителя и частиц.

Цель работы. Цель данной работы состоит в исследовании изменения скорости газа и твердых частиц с различными физическими свойствами, истекающих в плоский канал модели газоструйного измельчителя.

Материалы исследования. Полная система уравнений, описывающая процесс изменения скорости энергоносителя и твердых частиц по длине плоского канала, имеет вид [3]:

$$\begin{cases} \left(\frac{2a^2}{u_0 u(x)} \left(\frac{u_0}{u(x)} \right)^k - 1 \right) \frac{du(x)}{dx} = \frac{\lambda}{b} u(x) + \frac{\psi Q_m}{V_m \rho_m} \frac{4 \cdot b \cdot c}{\pi \cdot d_2^2} \left(1 - \frac{v(x)}{u(x)} \right) \left| \frac{v(x)}{u(x)} - 1 \right|, \\ \frac{dv(x)}{dx} = \frac{3}{4} \frac{\psi}{d^2} u_0 \frac{\rho_0}{\rho_m} \left(1 - \frac{v(x)}{u(x)} \right) \left| \frac{v(x)}{u(x)} - 1 \right|, \end{cases}$$

где $u(x)$ – скорость воздуха на расстоянии « x » от начала канала, м/с; $v(x)$ – скорость частиц на расстоянии « x » от начала канала, м/с; x – расстояние от начала плоского канала, м; u_0 – начальная скорость воздуха, м/с; v_0 – начальная скорость частиц, м/с; ρ_0 – начальная плотность воздуха, кг/м³; ρ_m – плотность материала, кг/м³; a – скорость звука, м/с; k – показатель адиабаты; c – длина плоского канала, м; ψ – коэффициент лобового сопротивления частицы; d_2 – диаметр частицы, м; Q_m – массовый расход материала, кг/с; V_m – объемная концентрация материала; λ – коэффициент аэродинамического трения: $\lambda = 0,11 \left[\frac{\Delta^*}{b} + \frac{68}{Re} \right]^{1/4}$, где $\Delta^* = 0,0001$ м – абсолютная шероховатость поверхности разгонной трубки; Re – число Рейнольдса; b – ширина плоского канала, м.

Скорость энергоносителя при его движении по плоскому каналу может быть найдена из выражения [2]:

$$u(x) = u_0 \left[1 + \frac{\lambda \cdot x}{b \cdot \left(\frac{2a^2}{u_0^2} - 1 \right)} \right] \quad (1).$$

Соотношение, связывающее скорость воздуха и скорость частиц в плоском канале, представимо следующим образом [1]:

$$v(x) = v_0 + u_0 \cdot \frac{\lambda}{\beta} \cdot \frac{x}{b} \quad (2),$$

где $\beta = \frac{16}{3} \left(\frac{Q_m}{V_m \rho_m} \right) \frac{b \cdot c}{\pi \cdot d_2^2} \left(\frac{\rho_m}{\rho_0} \right) d_2$.

При решении выражений (1), (2) получены графические зависимости, иллюстрирующие изменение скорости воздуха и твердых частиц в плоском канале (рис. 1 – 4).

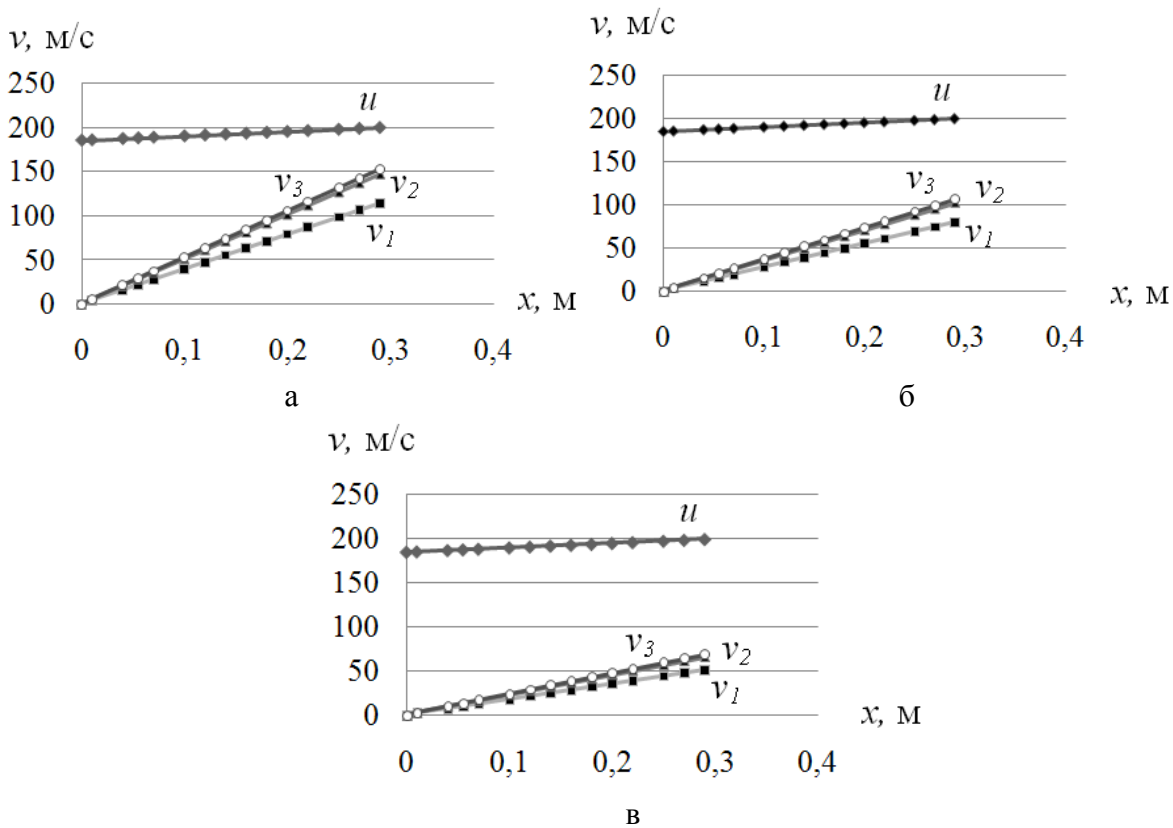


Рис. 1 – Изменение скорости газа u и частиц v_1, v_2, v_3 по длине разгонной трубки при давлении 0,15 МПа для различных значений диаметра бункера подачи твердых частиц d_δ : а – $d_\delta = 0,005$ м; б – $d_\delta = 0,006$ м; в – $d_\delta = 0,0075$ м.

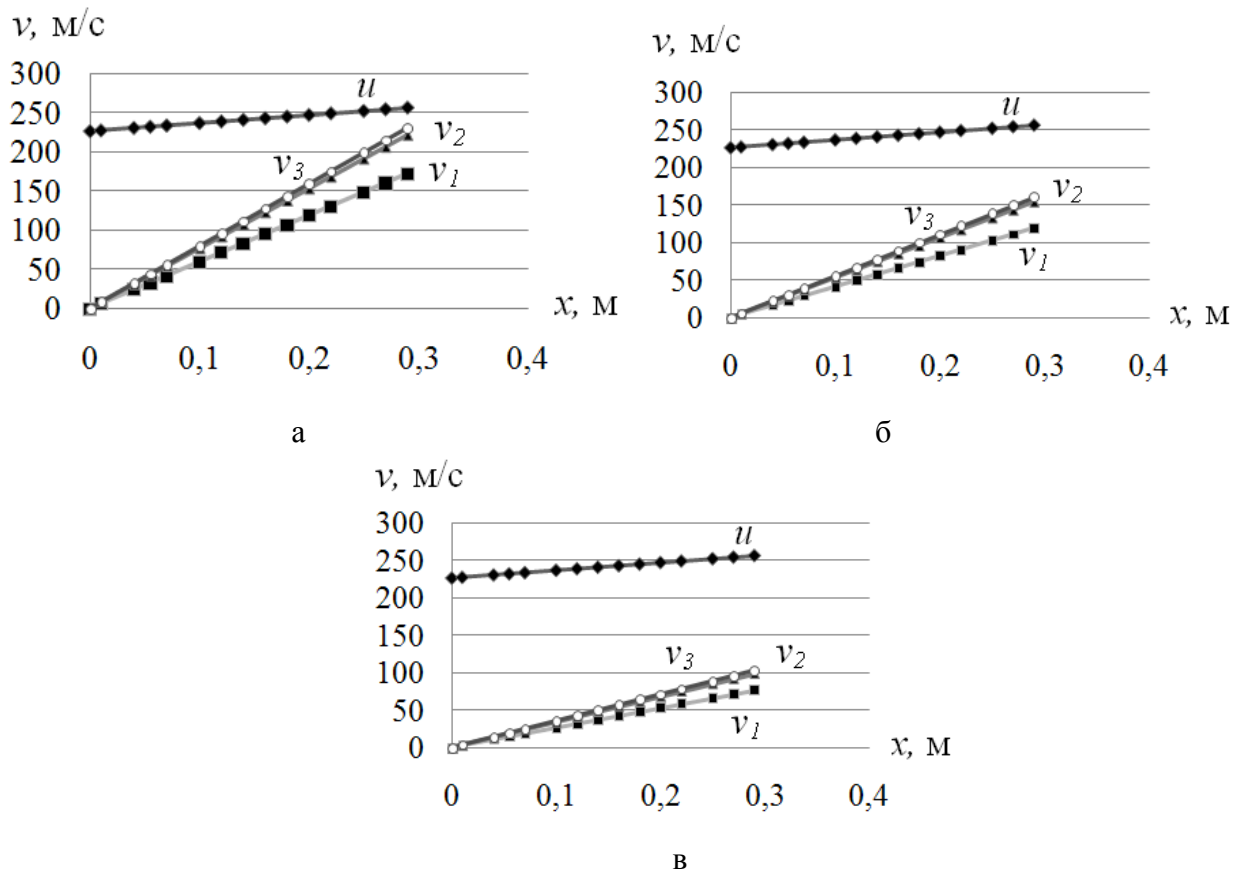


Рис. 2 – Изменение скорости газа u и частиц v_1, v_2, v_3 по длине разгонной трубки при давлении 0,175 МПа для различных значений диаметра бункера подачи твердых частиц d_6 : а – $d_6 = 0,005$ м; б – $d_6 = 0,006$ м; в – $d_6 = 0,0075$ м.

Полагаем, что в разгонном узле плоского канала движется двухфазный поток, где в качестве твердой фазы выступают частицы, средний размер которых 2 мм.

Исследовались материалы с различными плотностями, равными 1800, 1400 и 1340 кг/м³. Обозначим скорости v_1, v_2, v_3 – скорости частиц с плотностями 1800, 1400 и 1340 кг/м³ соответственно.

При давлении 0,15 МПа скорость энергоносителя плавно повышается от 185 до 199 м/с.

Скорости частиц v_1, v_2, v_3 при значении диаметра бункера 0,005 м возрастают до 115, 147 и 153 м/с соответственно.

При $d_6 = 0,006$ м – до 80, 102 и 107 м/с, при $d_6 = 0,0075$ м – до 52, 66 и 69 м/с.

При давлении 0,175 МПа скорость газа увеличивается от 228 до 257 м/с.

Скорости частиц при этом возрастают до $v_1 = 172, v_2 = 221$ и $v_3 = 231$ м/с при $d_6 = 0,005$ м, до 120, 154 и 161 м/с при $d_6 = 0,006$ м и до 77, 99, 103 м/с при $d_6 = 0,0075$ м.

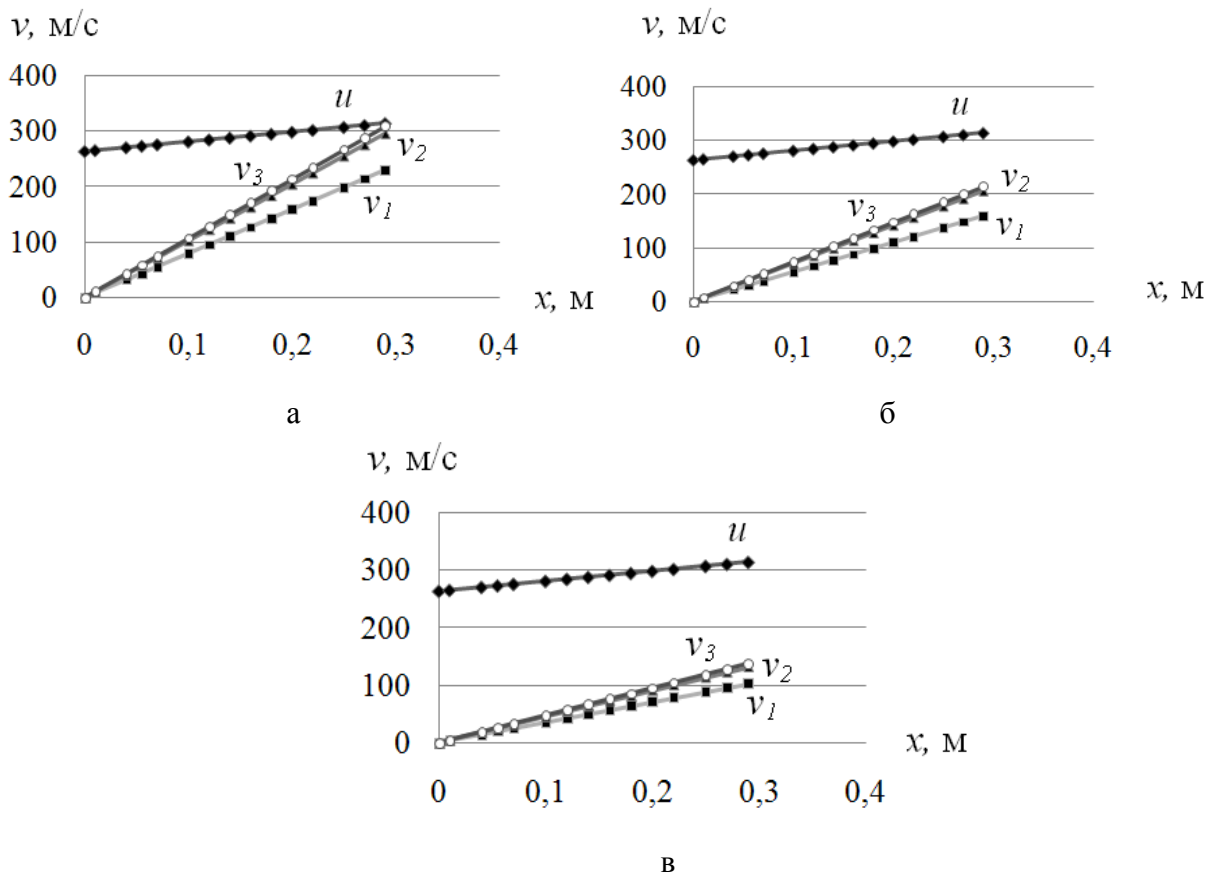


Рис. – 3. Изменение скорости газа u и частиц v_1 , v_2 , v_3 по длине разгонной трубки при давлении 0,2 МПа для различных значений диаметра бункера подачи твердых частиц d_δ : а – $d_\delta = 0,005$ м; б – $d_\delta = 0,006$ м; в – $d_\delta = 0,0075$ м.

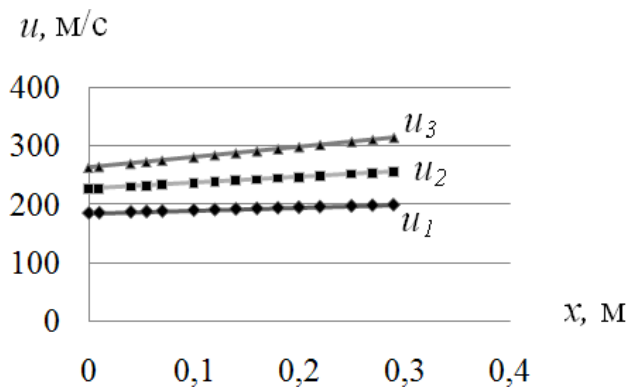


Рис. 4 – Изменение скорости газа в зависимости от давления: u_1 – скорость газа при давлении 0,15 МПа; u_2 – при давлении 0,175 МПа; u_3 – при давлении 0,2 МПа.

Повышение скорости газа при давлении 0,2 МПа происходит от 263 до 314 м/с.

При значении $d_\delta = 0,005$ м частицы разгоняются до 230, 295 и 309 м/с.

При значении $d_\delta = 0,006$ м – до 160, 206 и 215 м/с, при $d_\delta = 0,0075$ м – до 103, 132 и 138 м/с.

Анализ результатов исследований. Исследования показали, что по длине разгонной трубки происходит увеличение скорости газа, а также твердых частиц. Однако скорость газа повышается значительно медленнее, чем скорость твердой фазы за счет передачи значительной части энергии частице.

С увеличением давления на входе в разгонную трубку увеличивается темп роста скорости как энергоносителя, так и твердой фазы.

Представленные графики указывают на зависимость скорости частиц от площади сечения бункера подачи материала. С увеличением диаметра бункера, а следовательно и площади его сечения, происходит увеличение прироста скорости частиц по сравнению со скоростью газа.

Также наблюдается зависимость скорости частиц от плотности материала. Чем выше плотность твердых частиц, тем медленнее возрастает их скорость.

Анализ результатов исследований показал, что для достижения равномерного потока частиц на выходе из разгонной трубки для данных условий необходимо сохранить размер диаметра бункера подачи твердых частиц $d_6=0,005$ м (см. рис. 1-3 а). Однако при дальнейшем уменьшении размера диаметра бункера подачи, т. е. при увеличении скорости частиц, появляется возможность достижения частицами скорости, равной скорости потока, и затем в потоке «оседания» частиц на стенки разгонной трубки. Исследование данной возможности позволит изучить поведение частиц в пограничном слое течения.

Выводы.

Установлена зависимость скорости частиц сыпучих материалов разной плотности, подаваемых в плоский канал газоструйного измельчителя, от диаметра загрузочного бункера, давления энергоносителя и плотности частиц.

Определены условия достижения равномерного распределения двухфазного потока на выходе из канала. Необходимо продолжить исследования для выявления условий попадания частиц на стенки канала.

Список литературы: 1. *Булгаков С.Б.* Струйная противоточная мельница с дополнительным подводом энергоносителя: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.02.13 «Машины, агрегаты и процессы» / *С.Б. Булгаков*. – Белгород, 2002. – 31 с. 2. *Хлудеев В.И.* Струйная мельница с отбойной плитой: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.02.13 «Машины, агрегаты и процессы» / *В.И. Хлудеев*. – Белгород, 2006. – 28 с. 3. *Нейков О.Д.* Аспирация и обеспыливание воздуха при производстве порошков / *О.Д. Нейков, И.Н. Лопатин*. – Белгород, 2014. – 10 с. *ISSN2079-0821*. Вісник НТУ «ХПІ». 2014. № 52 (1094)

гачев. – М.: Металлургия. – 1981. – 192 с. **4.** Акунов В.И. Струйные мельницы / В. И. Акунов. – М.: Машиностроение. – 1967. – 264 с. **5.** Зайчик Л. И. Моделирование влияния мелкодисперсных частиц на турбулентность / Л.И. Зайчик, В.М. Алипченков, И.М. Козлов // Теплофизика высоких температур. – 2010. – Т. 48, № 2. – С. 224 – 233. **6.** Дьяченко Н.Н. Математическая модель течения полидисперсного ансамбля твердых частиц в ускоряющихся потоках / Н.Н. Дьяченко, Л.И. Дьяченко // Вестник Томского государственного университета. – 2010. – № 3(11). – С. 95 – 99. **7.** Нікулін О.Ф. Математична модель руху двофазового потоку в прискорюючому каналі / О.Ф. Нікулін, О.М. Тітенко // Вісник НАУ. – 2010. – № 1. – С. 65 – 69.

Referens: **1.** Bulgakov S.B. Strujnaja protivotochnaja mel'nica s dopolnitel'nym podvodom jenergonositelja: avtoref. dis. na soiskanie uchenoj stepeni kand. tehn. nauk: spec. 05.02.13 «Mashiny, agregaty i processy» / S.B. Bulgakov. – Belgorod, 2002. – 31 s. **2.** Hludeev V.I. Strujnaja mel'nica s otbojnoj plitoj: avtoref. dis. na soiskanie uchenoj stepeni kand. tehn. nauk: spec. 05.02.13 «Mashiny, agregaty i processy» / V.I. Hludeev. – Belgorod, 2006. – 28 s. **3.** Nejkov O.D. Aspiracija i obespylivanie vozduha pri proizvodstve poroshkov / O.D. Nejkov, I.N. Logachev. – Moscow: Metallurgija. – 1981. – 192 s. **4.** Akunov V.I. Strujnye mel'nicy / V. I. Akunov. – Moscow: Mashinostroenie. – 1967. – 264 s. **5.** Zaichik L.I. Simulation of the effect of finely divided particles on turbulence / L.I. Zaichik, V.M. Alipchenkov, I.M. Kozlov // High Temperature. – 2010. – Vol. 48, Iss. 2. – P. 205 – 214. **6.** D'jachenko N.N. Matematicheskaja model' techenija polidispersnogo ansamblja tverdyh chastic v uskorjajushhihsja potokah / N.N. D'jachenko, L.I. D'jachenko // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2010. – № 3(11). – S. 95 – 99. **7.** Nikulin O. F. Matematychna model' rukhu dvofazovoho potoku v pryskoryuju chomu kanali / O.F. Nikulin, O.M. Titenko // Visnyk NAU. – 2010. – № 1. – S. 65 – 69.

Поступила в редакцию (Received by the editorial board) 06.08.14

УДК 622.73

Исследование скорости энергоносителя и твердых частиц, истекающих в плоский канал модели газоструйного измельчителя / А.М. ШЕВЕЛЁВА // Вісник НТУ «ХПІ». – 2014. – № 52 (1094). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 160 – 167. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2079-0821.

В роботі досліджується характер зміни швидкості енергоносія й твердих часток, що витікають у плоский канал моделі газоструйного подрібнювача. Встановлено залежність швидкості часток від тиску на вході в розгінну трубку подрібнювача, щільності твердого матеріалу, що подається, й площі перетину бункера подачі. Визначено умови, при яких досягається рівномірний розподіл часток по перетині каналу на виході з розгінної трубки.

Ключові слова: двофазовий потік, швидкість енергоносія, частки спкого матеріалу, плоский канал, бункер подачі матеріалу, розгінна трубка.

UDC 622.7

The research of energy source and solid particles velocity flowing in a plane channel of gas-jet mill model / A.M. SHEVELYOVA // Visnyk NTU «KhPI». – 2014. – № 52 (1094). – (Series:

Khimiya, khimichna tekhnolohiya ta ecolohiya). – P. 160 – 167. – Bibliogr.: 7. – ISSN 2079-0821.

One of the main factors limiting the active use of gas jet mills is the increased mill design wear. To develop recommendations for the protection of gas-jet mill accelerating tube is necessary to examine of dynamic parameters change regularities at solid particles accelerating.

In the work change character of energy source velocity and solid particles flowing in a plane channel of gas-jet mill model velocity are examined. Dependence of solid particles velocity from the pressure at the inlet to the accelerating tube, feed solids density and cross-sectional area of the feed hopper are established. The conditions under which the equal distribution of particles in the channel cross section at the outlet of the accelerating tube is achieved are defined.

Key words: two-phase flow, energy source velocity, bulk particle velocity, plane channel, the feed hopper, accelerating tube.

УДК 669.01: 621.9

Є.В. ШТЕФАН, д-р техн. наук, проф., НУХТ, Київ

Д.В. РИНДЮК, канд. техн. наук, доц., НУХТ, Київ

ГРАНУЛЮВАННЯ ДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ В УМОВАХ КОНТАКТНОГО ТЕРТЯ З РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ МАШИН

В роботі розглянуто проблему гранулювання дисперсних матеріалів в умовах контактного тертя з робочими органами вузла пресування гранулятора. Досліджено вплив шорсткості контактної поверхні на коефіцієнт тертя ковзання при різних швидкостях руху дисперсних матеріалів (стружка сосни та лушпиння соняшника) по сталевій поверхні в каналі формуючої головки.

Ключові слова: дисперсні матеріали, тертя ковзання, гранулювання, шорсткість, біопаливо, екструзія, математична модель.

Вступ. Виробництво твердого біопалива є актуальною потребою для паливно-енергетичного комплексу будь-якої розвиненої країни світу, а отже виникає необхідність в дослідженнях, що дали б змогу розкрити особливості процесу пресування при гранулюванні паливних гранул.

В роботі [1] було розглянуто проблему визначення оптимальних конструктивно-технологічних параметрів процесу гранулювання дисперсних матеріалів (ДМ) екструзією та отримані залежності впливу основних технічних характеристик вузла пресування гранулятора (рис. 1) на якість кінцевого продукту – гранулу.

Незалежно від апаратного оформлення процесу гранулювання екструзією одним з основних параметрів, що визначає закономірність формування