

- [2] Белова, В.Ю. Специфика и перспективы использования функциональных животны белков [Текст] / В.Ю. Белова, Н.А. Смордлев // Мясная индустрия - 1999. - №5 - С.23 - 26.
- [3] Дунченко, Н. И. Функционально-технологические свойства коллагенсодержащей молочной основы [Текст] / Н. И. Дунченко, В. С. Янковская, Р. С. Аль-Кайси, И. П.Савенкова, С. И. Перминов // Изв. вузов. Пищ. технол. - 2005. №4.-С. 34-36.
- [4] Куцакова, В.Е. Использование гидролизатов свиной шкурки в производстве колбасных изделий [Текст] /В.Е. Куцакова, М.И. Кременевская, О.А.Мухина.// Хранение и переработка сельхозсырья №1-2009 с. 14-16
- [5] Патшина, М.В. Способ производства коллагенового полуфабриката из свиной шкурки [Текст] /М.В. Патшина, Т.П. Перкель, В.Я. Карташев // Хранение и переработка сельхозсырья № 1 - 2009 с.23-26.
- [6] . Кажымурат А.Т., Перспективы применения коллагена в пищевой промышленности /Уажанова Р.У., Ахметсадыков Н.Н., Айдарова М.М., Абдел З.Ж., Тютенов К.С. // СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ И АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС НА РУБЕЖЕ ВЕКОВ СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ XVIII Международной научно-практической конференции -Новосибирск, 2017 г. – с 6-14 с
- [7] Штраубе, Г.И. / Эффективность использования различных групп биогенных композиционных материалов при хирургическом лечении околокорневых кист челюстей. Роль эндодонтической подготовки зубов к операции. [internet] / Г.И.Штраубе //

Тунгышбаева У.О., Уажанова Р.У., Сериккызы М.С., Манап К.Р.

Еңбектің өнімдерін өндіру сапасы және қауіпсіздік жүйесінің негізгі мәселелері. Бағалауға арналған факторлар

Түйіндеме: Қазіргі әлемде биліктің екі түрі бар: мұнай мен тамақ күші. Тамақтың қуаты майдың күштерінен әлдеқайда күшті. Сондықтан әлем халқының үштен екісімен қарым-қатынасымыздың маңызды құралы азық-түлік болады. Батыс Еуропаның баспасөзі дәл осындай пікірде: «Астық қаруы - бұл бидай», онда астық атомдық қару мен майға теңестіріледі. Мақалада нан пісіру өнімдерінің бағасына әсер ететін ең таралған факторлар талданады. Сондай-ақ, ол азық-түлікпен ауыратын науқастарға да назар аударады.

Түйінді сөздер: сапа, нан тоқаш өнімі, қауіпсіздік, азық-түлік, нан сапасы, азық-түлік қауіпсіздігі.

UDC 621.928

¹V. Golubev, ²A. Leudanskii, ²D. Chirkun, ¹D. Sarsenbekuly, ¹D. Zhumadullayev

(¹M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

²Belorussian State Technological University, Minsk, Belarus

e.mail: nii_mm@mail.ru)

EXPERIMENTAL AND THEORETICAL STUDIES OF THE GAS-CENTRIFUGAL CLASSIFIER

Abstract. Based on the analysis of the existing methods of air classification of crushed bulk materials, the priority directions of their development and improvement are identified, the hardware design of these methods and the main approaches to the calculation of air classifiers are studied.

Theoretical and experimental studies of the separation process in a gas-centrifugal classifier have been carried out. Theoretical dependences and differential equations are obtained that characterize the dependence of the kinetic characteristics of the particle at the time of its approach to the perforated wall on the average gas flow rate, the change in the pressure of the gas flow on the element wall depending on the dependence of the minimum perforation on the boundary particle size at different angles of inclination of the swirl blades, as well as the dependence of the minimum perforation hole on the boundary particle size at various particle densities and p different gas speeds.

Theoretically, the relationship of technological and structural parameters of the apparatus.

Key words: material, grinding, particle, classification, apparatus, fraction, hydrodynamics, gravity, flowability, flow.

¹В. Голубев, ²А. Левданский, ²Д. Чиркун, ¹Д. Сарсенбекулы, ¹Д. Жумадуллаев

(¹Южно-Казахстанский государственный университет им.М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

²Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь

e.mail: nii_mm@mail.ru)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗО-ЦЕНТРОБЕЖНОГО КЛАССИФИКАТОРА

Аннотация. На основании анализа существующих способов воздушной классификации измельченных сыпучих материалов, выявлены приоритетные направления их развития и совершенствования, изучено аппаратное оформление этих способов и основные подходы к расчетам воздушных классификаторов.

Проведены теоретические и экспериментальные исследования процесса разделения в газо-центробежном классификаторе. Получены теоретические зависимости и дифференциальные уравнения, характеризующие зависимость кинетических характеристик частицы в момент ее подхода к перфорированной стенке от среднерасходной скорости газового потока, изменение давления газового потока на стенку элемента в зависимости от, зависимость минимального отверстия перфорации от граничного размера частиц при различных углах наклона лопастей завихрителя, а также зависимость минимального отверстия перфорации от граничного размера частиц при различных плотностях частиц и различной скорости газа.

Теоретически определена взаимосвязь технологических и конструктивных параметров аппарата.

Ключевые слова: материал, измельчение, частица, классификация, аппарат, фракция, гидродинамика, гравитация, сыпучесть, поток.

Введение. Большинство отраслей промышленности широко используют материалы, представленные порошками, получение которых осуществляется, как правило, путем измельчения. К сожалению, процессы измельчения несовершенны, поэтому получить на выходе из мельницы продукт требуемого гранулометрического состава весьма сложно. В этих случаях в технологических процессах, связанных с производством или переработкой сыпучих порошкообразных материалов, обычно присутствует стадия разделения измельченного продукта на различные фракции или классы, что позволяет управлять гранулометрическим составом конечного продукта в соответствии с предъявляемыми к нему требованиями.

Разделение в гравитационных классификаторах происходит под действием только силы тяжести. В центробежных классификаторах, в основном, используется совместное воздействие на материал инерционных и гравитационных сил.

Как гравитационные, так и инерционные классификаторы находят свои области применения. Гравитационные аппараты за счет своей простоты, надежности и дешевизны являются с экономической точки зрения более предпочтительными, чем инерционные. Однако невозможность интенсификации процесса разделения за счет увеличения движущей силы не позволяет гравитационным аппаратам работать при низких границах разделения. Поэтому в последнее время появляются и конструктивно реализуются идеи комбинированных схем классификации, гармонично объединяющих достоинства тех или иных классических способов разделения [1-5].

Методы. При определении гидродинамических параметров и распределения дисперсных частиц классификационных веществ использовались стандартные методы физико-химических исследований.

Экспериментальные исследования газо-центробежного классификатора проводились с целью:

а) апробации полученной математической модели движения одиночной частицы в закрученной газовой среде;

б) определение избыточного давления на внутренней стенке перфорированного элемента;

в) определения граничного размера частиц, проходящих через отверстия перфорации;

г) изучения эффективности процесса классификации в зависимости от конструктивных и технологических параметров.

Методика экспериментальных исследований заключалась в следующем. В экспериментальной установке корпус классификатора составлялся из отдельных цилиндрических секций, каждая из которых содержала патрубок для отвода мелкой фракции и газового потока, прошедшего через перфорацию рабочего элемента. Набором того или иного количества секций достигалось изменение высоты аппарата, и как следствие имелась возможность установки перфорированных элементов различной длины. Пространство между корпусом и перфорированным элементом так же разбивалось на участки, длина которых соответствовала длине секций. Это достигалось при наборе корпуса аппарата из отдельных секций, установкой между ними дополнительных перегородок. Внесение данных дополнений позволило получать информацию о происходящем процессе классификации по всей длине перфорированного элемента.

Во время исследований изменялись:

- расход воздуха $0,06 \div 0,12 \text{ м}^3/\text{с}$;
- производительность по разделяемому материалу в газовом потоке $0,1 \div 1,8 \text{ кг}/\text{м}^3$;
- живое сечение отверстий перфорированного элемента $20 \div 51\%$
- диаметр отверстий перфорации $0,4 \div 3,0 \text{ мм}$

- угол конусности перфорированного элемента $0 \div 5$ градусов;
- использовались твердые частицы различных материалов с плотностью $1000 \div 3000 \text{ кг/м}^3$;
- размер частиц $0 \div 5 \text{ мм}$.

Конструкция исследуемого газоструевого классификатора представляет собой цилиндрический корпус диаметром 200 мм, набранный из отдельных секций, высота каждой из которых составляет 70 мм.

Для опытов использовались перфорированные элементы длиной 470 и 910 мм.

Определение длины перфорированного элемента, на которой происходило достижение частицами сыпучего материала его поверхности, осуществлялось на основе анализа появления частиц материала в первой сверху секции. Частицы материала из первой секции подвергались расщеплению на лабораторных ситах.

Определение граничного размера частиц, проходящих через отверстия перфорации определенной величины, также осуществлялось на основе анализа полученной мелкой фракции. С этой целью в экспериментальной установке поочередно устанавливались перфорированные элементы с различными размерами отверстий перфорации. Получаемая мелкая фракция подвергалась расщеплению на лабораторных ситах с ячейками 0.063; 0.08; 0.125; 0.180; 0.235; 0.315; 0.5; 0.63; 0.8; 1; 1.4; 2 и 3 мм. Анализируя полученные результаты, делались выводы о граничном размере частиц.

Результаты. При проведении исследований, используя разработанную математическую модель движения одиночной частицы в закрученном газовом потоке, были получены теоретические кривые достижения частицей стенки перфорированного элемента в зависимости от размера частиц; среднерасходной скорости газовой среды; угла закрутки газовой среды и т.д.

Для изучения влияния размера частиц на длину перфорированного элемента, необходимой для достижения частицей его поверхности, в опытную установку подавались поочередно различные классы крупности частиц. С целью приближения условий в экспериментальной установке к условиям движения одиночной частицы производительность питателя была минимальной и концентрация частиц в газовой фазе не превышала $0,01 \text{ кг/м}^3$.

Опыты производились при угле закрутки газового потока 30 градусов и среднерасходной скорости 12 м/с . Результаты экспериментов показаны в виде отдельных точек.

Полученная графическая зависимость рис. 1 кривая 1 показывает, что чем крупнее размер частицы, тем ниже она подойдет к перфорированной стенке. Данная закономерность легко объясняется высокой подверженностью мелких частиц воздействию газового потока и более высокой инерционностью крупных частиц, которые под воздействием силы тяжести значительно быстрее набирают осевую скорость.

Изучалось влияние изменения гидродинамических параметров на движение одиночных частиц. С этой целью была проведена серия экспериментов, в которых изменялась среднерасходная скорость в пределах $8,2 \div 14,0 \text{ м/с}$ при неизменных прочих параметрах. Опыты проводились с использованием частиц крупностью $0,08 \div 0,14 \text{ мм}$. Опытные данные также представлены в виде отдельных точек. Результаты теоретических и экспериментальных исследований приведены на графике рис. 1 в виде прямой линии 2. Из представленной зависимости видно, что с увеличением среднерасходной скорости газовой среды от 8 до 16 м/с необходимая длина перфорированного элемента для достижения ее поверхности частицами уменьшается по линейной зависимости. Данное явление легко объяснить тем, что с увеличением среднерасходной скорости на частицу начинает действовать более высокая сила гидродинамического сопротивления, которая является основной силой, способствующей достижению частицей стенки перфорированного элемента.

Изучалась длина первого участка перфорированного элемента в зависимости от угла закрутки газового потока. Эксперименты, как и в предыдущем случае, проводились с частицами песка крупностью $0,08 \div 0,14 \text{ мм}$. В экспериментальной установке поочередно устанавливались многолопастные завихрители с углом наклона лопастей 15; 30 и 45 градусов. Во всех опытах поддерживалась постоянная среднерасходная скорость газовой среды 12 м/с . Результаты теоретических и экспериментальных исследований представлены на графике рисунок 1 в виде линии 3.

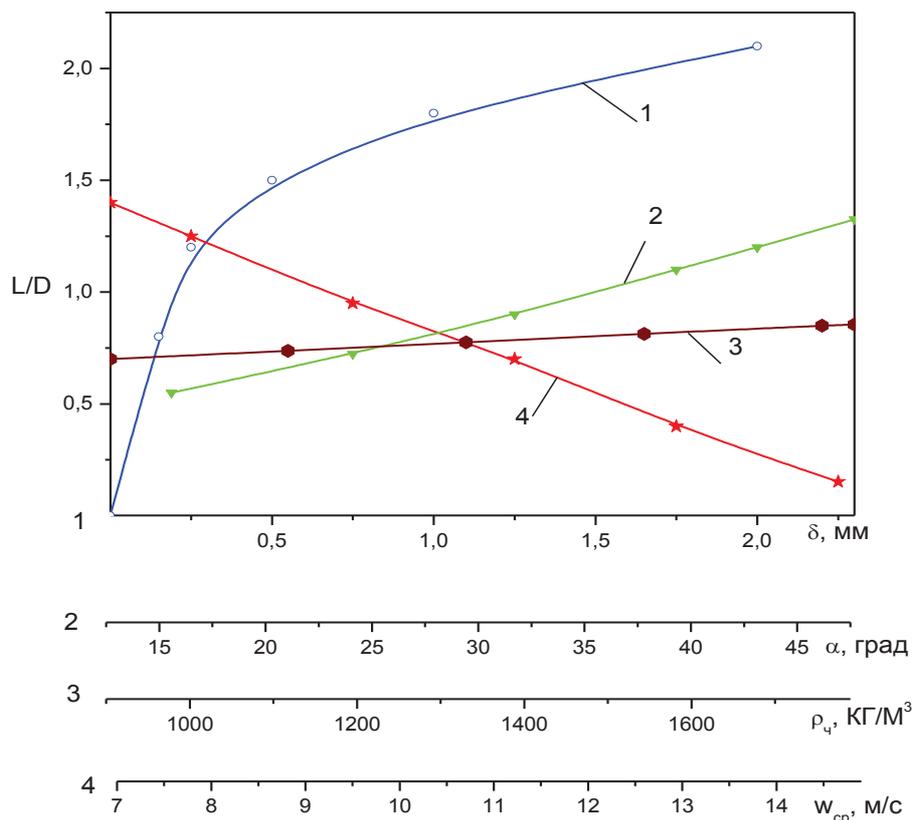


Рис. 1. Достижение частицей стенки перфорированного элемента в зависимости от:

1 – размеров частицы δ , мм; 2 – от среднерасходной скорости газа W_{cp} , м/с; 3 – от угла наклона лопастей завихрителя, α , град; 4 – от плотности частиц ρ_p , кг/м³

Обсуждение. Анализируя полученные результаты исследований, мы видим, что чем выше угол наклона лопастей завихрителя, тем требуется большая длина первого участка перфорированного элемента. Такое воздействие величины закрутки газового потока на траекторию движения частиц объясняется тем, что чем меньше угол наклона лопастей многолопастного завихрителя, тем поток газовой среды приобретает более высокую тангенциальную составляющую скорости, которая способствует более быстрому движению частицы в радиальном направлении.

При изучении влияния плотности разделяемых частиц, на длину первого участка перфорированного элемента в экспериментальную установку поочередно подавались частицы полистирола, песка и сульфата аммония с размером крупности $0,315 \div 0,63$ мм. Результаты теоретических и экспериментальных исследований представлены на графике рис. 7 линия 4.

Анализируя полученный теоретический и экспериментальный материал, можно с достаточной точностью утверждать, что длину первого участка рабочего разделительного элемента можно принять равной двум диаметрам этого элемента на входе.

Для определения минимального диаметра отверстий перфорации для заданного граничного размера частиц рассчитывались составляющие скорости и угол подхода частицы к перфорированной стенке. Результаты расчетов получены в виде графических зависимостей. Один из графиков представлен на рис. 2. На этом графике представлены кривые изменения осевой (1) радиальной (2) и тангенциальной (3) составляющих скорости частицы, а также угла ее подхода к перфорированной стенке в зависимости от среднерасходной скорости газового потока. Данные расчеты проводились для частиц песка, размером 0,5 мм, при угле закрутки 37 градусов.

Измерение давления газа на стенку перфорированного элемента производилось при изменении среднерасходной скорости газа в элементе, степени закрутки газового потока, нагрузки по твердой фазе. Замеры давления осуществлялись в шести точках по длине элемента.

Результаты исследований вначале были обработаны в виде графических зависимостей и представлены на рисунке 3. Кривая 1 показывает зависимость давления у стенки перфорированного элемента от угла наклона лопастей завихрителя. Из графика видно, что с уменьшением угла наклона лопастей давление у стенки резко возрастает. Однако в этом случае возрастает и сопротивление газоцентрифужного сепаратора, что ведет к повышенному расходу электроэнергии потребляемой электродвигателем вентилятора. Поэтому все дальнейшие исследования проводились при угле наклона лопастей завихрителя, равном 37° .

Кривая 2 на графике рисунке3 показывает зависимость давления у стенки перфорированного элемента от изменения скорости среднерасходной скорости газового потока. Из полученной экспериментальной кривой отчетливо видно, что с ростом среднерасходной скорости газового потока перепад давления у стенки перфорированного элемента так же возрастает.

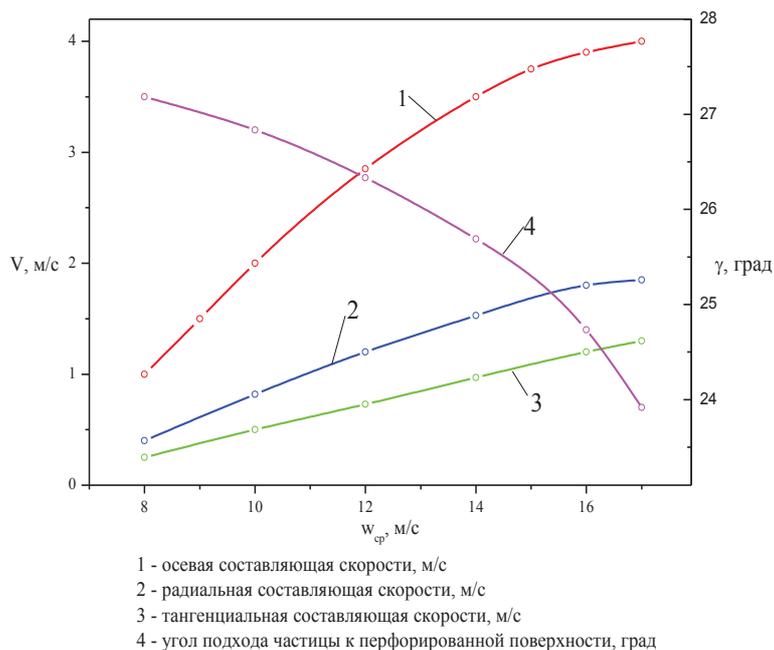


Рис. 2. Зависимость кинетических характеристик частицы в момент ее подхода к перфорированной стенке от среднерасходной скорости газового потока

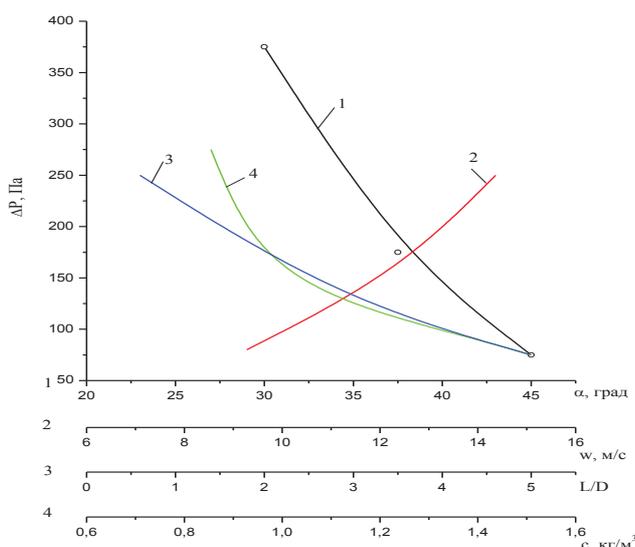


Рис. 3. Изменение давления газового потока на стенку элемента в зависимости от:
 1 – угла наклона лопастей завихрителя; 2 – среднерасходной скорости газа в элементе;
 3 – по длине элемента; 4 – от нагрузки по сыпучему материалу.

Результаты экспериментальных исследований изменений перепада давления вдоль длины перфорированного элемента показаны на графике, кривая 3. Из полученной графической зависимости отчетливо видно, что перепад давления падает по всей длине элемента.

При проведении экспериментальных замеров перепадов давления у стенки перфорированного элемента изменялась и нагрузка по сыпучему материалу. Из представленной графической зависимости (кривая 4) видно, что с ростом нагрузки по сыпучему материалу величина перепада давления падает.

Результаты всех вышеописанных экспериментов по определению перепада давления газового потока на стенке перфорированного элемента были подвергнуты аппроксимации, результатом которой явилось получение функциональной эмпирической зависимости для определения перепада давления:

$$\Delta P = 80 \rho_2 W^2 \left(\frac{L}{D} \right)^{-0,5} e^{\frac{1}{0,95\varepsilon}} \cdot e^{\frac{1}{5,38 \sin \alpha}} \quad (1)$$

Зная величину перепада давления у стенки перфорированного элемента можно найти скорость истечения газовой среды через отверстия перфорации. Имея кинетические характеристики разделяемых частиц, воспользовавшись зависимостью, полученную в ранних работах [4-7], можно определить величину граничного зерна разделения. По результатам таких расчетов были построены графические зависимости рис.4 и рис.5 для определения граничного зерна разделения в зависимости от конструктивных и технологических параметров газо-центробежного классификатора.

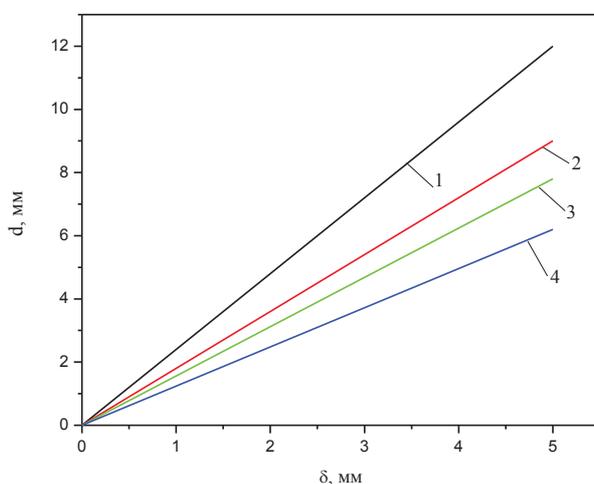


Рис. 4. Зависимость минимального отверстия перфорации от граничного размера частиц при различных углах наклона лопастей завихрителя $w_{cp} = 12$ м/с; $\rho_ч = 1500$ кг/м³; 1 – $\alpha = 45^\circ$; 2 – $\alpha = 37^\circ$; 3 – $\alpha = 30^\circ$; 4 – $\alpha = 15^\circ$

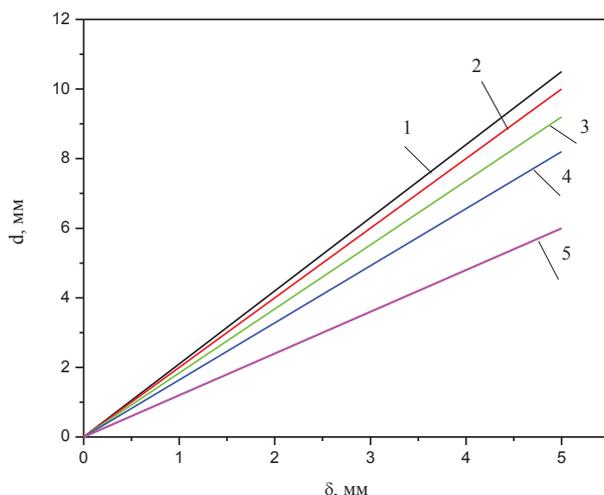


Рис.5. Зависимость минимального отверстия перфорации от граничного размера частиц при различных плотностях частиц и различной скорости газа.

1 – $\rho = 1800$ кг/м³, $W_{cp} = 12$ м/с; 2 – $\rho = 1500$ кг/м³, $W_{cp} = 8$ м/с; 3 – $\rho = 1500$ кг/м³, $W_{cp} = 10$ м/с;
4 – $\rho = 1500$ кг/м³, $W_{cp} = 12$ м/с; 5 – $\rho = 1000$ кг/м³, $W_{cp} = 12$ м/с.

При проведении экспериментов анализировался дисперсный состав частиц прошедших через отверстия перфорации, и делались заключения о величине граничного зерна разделения.

Таким образом, длину первого участка рабочего разделительного элемента можно принять равной двум диаметрам этого элемента на входе. С уменьшением угла наклона лопастей давление у стенки резко возрастает. Однако в этом случае возрастает и сопротивление газо-центробежного сепаратора, что ведет к повышенному расходу электроэнергии потребляемой электродвигателем вентилятора. Получена функциональная эмпирическая зависимость для определения перепада давления. Зная величину перепада давления у стенки перфорированного элемента можно найти скорость истечения газовой среды через отверстия перфорации. Имея кинетические характеристики разделяемых частиц можно определить величину граничного зерна разделения.

Патентная проработка по конструкциям проточных классификаторов, а также проведенные теоретические и экспериментальные исследования процесса проточной классификации дают возможность создать более совершенные конструкции таких аппаратов. Новые конструкции проточных классификаторов могут применяться как самостоятельные аппараты, а также при агрегировании с ударно-центробежными мельницами.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Рекин А.Д. Экспериментальное определение коэффициента истечения из канала через перфорированные стенки // Инж.- физ. журнал. 1982 – Т. 43. – № 1. – С. 34-38.

[2] Левданский А. Э., Вилькоцкий А. И., Левданский Э. И. Разработка и создание математической модели процессов проточной классификации в линейном грохоте // Химия и технология неорганических веществ: Труды БГТУ. – Минск, 2001. – Вып.9. – С.125-136.

[3] Левданский А. Э. Математическая модель процессов проточной классификации в линейном грохоте // Тезисы докладов Международной научно-техн. конференции «Интерстроймех-2002». – Могилев. – 2002. – С.109-114.

[4] Левданский А. Э. Математическое описание процессов в гидравлических классификаторах проточного типа // Тезисы докладов Международной научно-техн. конференции «Новые технологии в химической промышленности». – Минск. – 2002. – С.234-236.

[5] Кирсанов, В. А. Научные основы и принципы совершенствования процессов и аппаратов каскадной пневмокласификации сыпучих материалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08 / В. А. Кирсанов; Ивановский гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2005. – 36 с.

[6] Чиркун, Д. И. Совершенствование процессов разделения в воздушных классификаторах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08 / Д. И. Чиркун; Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2006. – 18 с.

[7] Андреев, А. А. Разделение угольной пыли в динамическом сепараторе с предвключенным направляющим аппаратом: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.14.14 / А. А. Андреев; Ивановский гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2006. – 18 с.

Голубев В., Левданский А., Чиркун Д., Сарсенбекулы Д., Жумадуллаев Д.

Газ-ортадан тепкіш классификаторды теориялық және эксперименттік зерттеу

Түйіндеме. Ұсақталған сусымалы материалдарды ауалы классификациялаудың қолданыстағы тәсілдерін талдау негізінде оларды дамыту мен жетілдірудің басым бағыттары анықталды, осы тәсілдердің аппаратуралық ресімделуі және ауалы классификацияларды есептеудің негізгі тәсілдері зерделенді.

Газ-ортадан тепкіш классификаторда бөлу процесіне теориялық және эксперименттік зерттеулер жүргізілді. Тесілген қабырғаға жақындау сәтінде бөлшектердің кинетикалық сипаттамаларының газ ағынының орташа шығындық жылдамдығына тәуелділігін сипаттайтын теориялық тәуелділіктер мен дифференциалдық теңдеулер алынды, газ ағыны қысымының элементтің қабырғасына перфорацияның ең аз тесігіне байланысты, құйындағыш қақтарының әр түрлі көлбеу бұрыштарында бөлшектердің шекаралық өлшемінен өзгеруі, сондай-ақ перфорацияның ең аз тесігінің бөлшектердің әртүрлі тығыздығы мен газдың әр түрлі жылдамдығында бөлшектердің шекаралық өлшемінен тәуелділігі алынды.

Аппараттың конструктивті және технологиялық параметрлерінің қарым-қатынасы теориялық тұрғыда анықталды.

Кілт сөздер: материал, ұсақтау, бөлшек, классификация, аппарат, фракция, гидродинамика, гравитация, сусымалдылық, ағын.