

А.Ф. Булат, Г.А. Шевченко

ВЛИЯНИЕ ПОЛИЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРОСЕИВАЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВИБРАЦИОННЫХ ГРОХОТОВ НА РАЗДЕЛЕНИЕ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

INFLUENCING POLYFREQUENCY OSCILLATIONS OF SIEVING SURFACES OF VIBRATING SCREENS ON SEPARATION OF BULK MATERIALS IS REVIEWED

Определён уровень ускорений просеивающих поверхностей вибрационных грохотов для эффективного разделения тонкодисперсных сыпучих материалов. Установлены уровни собственных частот частиц, прилипших к просеивающей поверхности или связанных между собой под воздействием сил поверхностного натяжения жидкости. Рассмотрено влияние поличастотных колебаний просеивающих поверхностей вибрационных грохотов на разделение сыпучих материалов. Показаны преимущества сплошного спектра возбуждения поверхностей над моночастотным или узким дискретным.

Ключевые слова: сыпучие материалы, вибрационный грохот, поличастотные колебания.

При классификации сыпучих материалов по крупности на ситовых поверхностях вибрационных грохотов существенное влияние на эффективность разделения оказывает влажность материала, его гранулометрический состав, наличие комкующих примесей (например, глины), крупность разделения, интенсивность сегрегационных процессов и другие факторы. Влияние влажности в основном определяется содержанием внешней (поверхностной) влаги, покрывающей пленкой поверхность частиц материала. Вода, находящаяся в порах и трещинах частиц, а также химически связанная, на процесс грохочения влияние не оказывает [1].

Влияние этих факторов усиливается с увеличением содержания мелких (тонких) частиц в материале и уменьшением крупности разделения. Причиной резкого снижения показателей разделения тонкодисперсных материалов является усиление аутогезионной и адгезионной способности частиц материала за счёт граничных слоёв влаги на их поверхностях [2, 3]. Мелкие классы имеют наибольшую поверхностную влажность вследствие их большой удельной поверхности. Поверхностная влага вызывает слипание мелких частиц между собой, налипание их на крупные куски и замазывание отверстий сит вязким материалом. Кроме того, вода смачивает проволоку сита и может под действием сил поверхностного натяжения образовывать пленки, затягивающие отверстия [4-7].

При наличии в материале глинистых примесей грохочение, даже при незначительной влажности, затрудняется. Глинистые примеси образуют комки (агрегаты), уносящие мелкие частицы в надрешетный продукт, при этом глина быстро залепляет отверстия сита.

Все эти факторы препятствуют разделению материала по крупности на сите и затрудняют прохождение мелких частиц через отверстия, в результате чего они остаются в надрешетном продукте.

На интенсивность сегрегационных процессов существенное влияние оказывают амплитуда и частота колебаний просеивающей поверхности, при увеличе-

нии которых увеличивается число контактов частиц с просеивающей поверхностью и улучшаются условия самоочистки сита от зерен, застрявших в отверстиях, в результате чего увеличивается производительность и эффективность грохочения. Однако увеличение амплитуды и частоты колебаний ограничено механической прочностью грохота. По условиям прочности в настоящее время для вибрационных грохотов допускаются ускорения до 60-80 м/с².

Слипание мелких частиц между собой, налипание их на крупные куски материала и сито в воздушной или газовой среде вызваны силами аутогезии и адгезии, соответственно, между частицами и между частицами и поверхностью сита. К таким силам относятся силы молекулярного взаимодействия, капиллярные силы жидкости, находящейся (конденсирующейся) в зазоре между контактирующими телами, силы, возникающие под действием двойного электрического слоя, образующегося в зоне контакта, а также кулоновского взаимодействия и других причин [8]. При наличии масляной пленки, глинистых включений и образовании клейкого слоя, прилипание вызвано липкостью подложки. В этом случае при отрыве частиц преодолеваются или силы взаимодействия молекул вязкого слоя на твердой подложке (так называемые когезионные силы), или адгезионное взаимодействие на границе твердое тело – масло.

Силы адгезии в жидкой среде складываются из молекулярного притяжения соприкасающихся тел и сил отталкивания тонкого слоя жидкости в зоне контакта. Поэтому в жидкой среде адгезия частиц значительно меньше, чем в воздушной.

В воздушной среде, при наличии поверхностной влаги, капиллярные силы преобладают над другими составляющими сил адгезии. Жидкая прослойка между частицами или частицами и поверхностью исключает или значительно ослабляет действие электрических сил. Поэтому совместное действие капиллярных и электрических сил практически исключено.

Капиллярные силы возникают в зазоре между контактирующими телами (частицами) при наличии мениска жидкости между частицей и поверхностью или между поверхностями самих частиц. Образовавшийся в зазоре за счет поверхностного натяжения жидкости мениск, с одной стороны, стягивает частицы, а с другой – благодаря своей вогнутости уменьшает давление жидкости. Очевидно, что в равновесном состоянии, когда расклинивающее давление пленки жидкости уравнивается капиллярными силами, зазор (или толщина пленки) примет равновесное значение. Поэтому адгезия, вызванная капиллярными силами, зависит от величины зазора между контактирующими телами. Капиллярные силы, тем больше, чем больше поверхностное натяжение жидкости, размеры частиц и лучше смачивание соприкасающихся поверхностей.

Молекулярные и кулоновские силы возникают до непосредственного соприкосновения поверхностей. Величина молекулярных сил зависит от свойств соприкасающихся тел, размеров частиц, площади контакта и быстро убывает с увеличением расстояния между контактирующими поверхностями. Кулоновские силы проявляются, когда частицы предварительно заряжаются под действием поля высокого напряжения и при наличии зазора между соприкасающимися телами. Прослойка жидкости способствует утечке заряда, снижению кулоновских сил, а, следовательно, и адгезии.

Силы электрического взаимодействия за счет двойного слоя в зоне контакта возникают только при контакте поверхностей. Вне контакта эти силы существовать не могут. Присутствие влаги в зазоре между соприкасающимися поверхностями исключает возможность проявления электрических сил.

Следовательно, при вибрационном разделении сыпучих материалов проявляются силы адгезии, которые кроме сил электрического взаимодействия относятся к восстанавливающим силам, обеспечивающие при относительных колебаниях связанных частиц их возврат в равновесное состояние. К таким силам относятся также силы упругих деформаций твердых и жидких фаз среды, элементов просеивающей поверхности, например, проволоки или полимерных нитей в результате расклинивающего действия частиц, застрявших в ячейках сита, силы давления пузырьков воздуха, находящегося в промежутках между частицами и т.д. Такие силы способны обеспечить наличие собственных частот частиц. При близости собственных частот с частотами возбуждения возможно развитие резонансных явлений в колебаниях связанных частиц, частиц, застрявших в ячейках сита или находящихся под действием сил упругих деформаций.

Рассмотрим поведение на вибрирующем сите грохота влагонасыщенного слоя тонкодисперсных частиц, например, после выделения этих частиц из пульпы. Очевидно, что за счет остаточной поверхностной влаги зазоры между контактирующими частицами, а также ситом будут заполнены водой. Следовательно, при отсутствии примесей частицы в

основном будут связаны капиллярными силами адгезии.

Оценим влияние капиллярных сил адгезии и аутогезии на вибрационное перемещение идеальной частицы на горизонтальной плоскости, совершающей поперечные гармонические колебания. Предварительно следует оценить максимальный размер частиц, на перемещение которых влияние сил адгезии будет заметно. Прежде всего, эти силы должны обеспечивать удержание частиц на просеивающей поверхности грохота и в связи между собой. Максимальный размер частиц трудно определить однозначно. За верхний предел возможно принять верхнее значение диапазона для мелких частиц, который принят равным 1,0 мм, или размер макроскопических частиц, к которым относятся частицы, сила взаимодействия которых с плоской поверхностью не превышает их вес.

Адгезия препятствует перемещению частиц в направлении, перпендикулярном к просеивающей поверхности грохота. При адгезии монослоя частиц к просеивающей поверхности отрывающая сила действует на каждую частицу. При адгезии слоев сила действует на все частицы, образующие слой или слои. Прочность этого слоя зависит не только от адгезии его к просеивающей поверхности сита, но и от аутогезии самих частиц.

Частица будет оставаться прилипшей к вибрирующей плоскости до тех пор, пока её сила инерции не превысит или не станет равной сумме сил тяжести и адгезии, удерживающих частицу на плоскости

$$mA\omega^2 \sin \omega t \geq mg + F_a, \quad (1)$$

где m – масса частицы; A – амплитуда колебаний плоскости; ω – круговая частота колебаний; g – ускорение свободного падения; F_a – сила адгезии.

Для шарообразной частицы при действии на неё капиллярных сил сила адгезии частицы к плоскости определяется по выражению [8]

$$F_k = 4\pi\sigma r \cos \theta, \quad (2)$$

где σ – коэффициент поверхностного натяжения жидкости; r – радиус частицы; θ – краевой угол смачивания.

При взаимодействии двух шарообразных частиц за счет капиллярных сил

$$F_k = 2\pi\sigma r \cos \theta. \quad (3)$$

Согласно уравнениям (2) и (3), наибольшее влияние на адгезию оказывают капиллярные силы на гидрофильной поверхности, когда $\theta \rightarrow 0$, и наименьшее на гидрофобной, когда $\theta \rightarrow 90^\circ$. Поэтому капиллярные силы могут принимать нулевые значения при отсутствии смачивания до максимальных при полном смачивании поверхностей.

Оценим влияние адгезии шарообразной частицы к плоскости при действии на неё максимальной капиллярной силы. При $\theta \rightarrow 0$ условие (1) можно записать в виде

$$A\omega^2 \geq \frac{d^2 \rho_i g + 12\sigma}{d^2 \rho_i}, \quad (4)$$

где d – диаметр частицы; ρ_t – плотность материала частицы.

При взаимодействии двух шарообразных частиц, условие отрыва частиц от частицы, прилипшей к плоскости при $F_{ay} < F_a$, где F_{ay} – сила аутогезии частицы, запишется в виде

$$A\omega^2 \geq \frac{d^2 \rho_t g + 6\sigma}{d^2 \rho_t}. \quad (5)$$

Области выполнения условия (1) для сферических частиц различной плотности в случае их адгезии к плоской поверхности при $\sigma = 72,8 \cdot 10^{-3}$ Н/м для воды при температуре 20 °С приведены на рис. 1, а. На

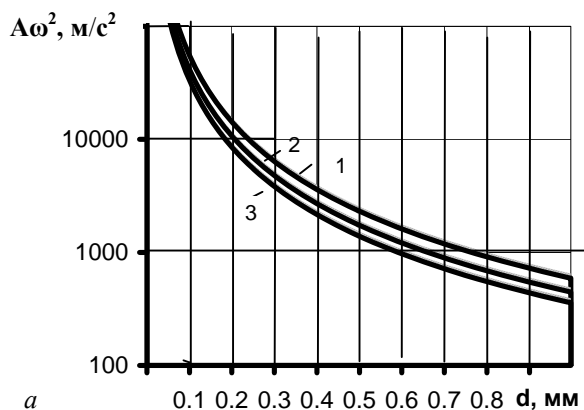
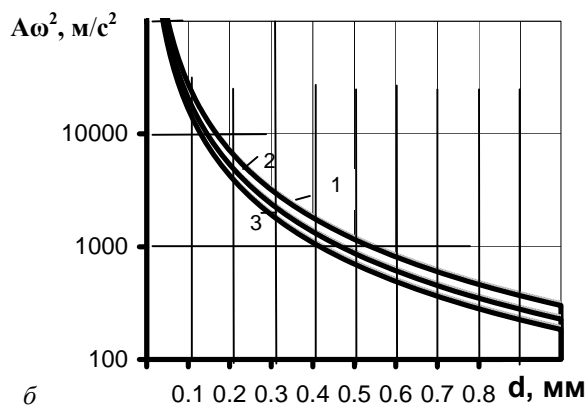


рис. 1, б – в случае их аутогезии к сферическим частицам, прилипшим к плоскости. На графиках оси ускорений представлены в логарифмическом масштабе.

Для частиц, попавших в области, расположенные ниже построенных кривых (рис. 1, а), условие (4) не выполняется, силы адгезии и тяжести преобладают над силой инерции и, следовательно, частица не может оторваться от вибрирующей плоскости. Если же при этом не выполняется и условие (5), то происходит прилипание частиц к частицам и плоскость покрывается слоем материала. В случае же налипания частиц на сито, ячейки сита забиваются материалом и процесс разделения прекращается.



1 – 1500 кг/м³; 2 – 2000 кг/м³; 3 – 2500 кг/м³

Рис. 1. Области существования отрыва сферических частиц: а – от плоскости; б – от частиц, прилипших к плоскости, при различной их плотности

Зависимости на рис. 1 носят степенной характер и для отрыва даже относительно крупных частиц от плоскости необходим значительный уровень ускорений её колебаний. Такой уровень ускорений не может быть достигнут на просеивающих поверхностях в существующих типах вибрационных грохотов, применяемых для разделения сыпучих материалов.

Зависимости на рис. 1 построены при максимально возможной адгезии частиц капиллярными силами. При грохочении полезных ископаемых условия, при которых краевой угол смачивания поверхностей частиц и сита $\theta \rightarrow 0$, практически не могут быть достигнуты. Наоборот, стремятся обеспечить минимальное смачивание просеивающих поверхностей, например, за счет применения специальных материалов для изготовления сит, таких как полимерные нити. Следовательно, капиллярные силы адгезии будут меньше максимальных, а условие (1) выполняется при меньших значениях ускорений колебаний сита. Однако зависимости на рис. 1 дают представление о степени влияния сил адгезии при грохочении тонкодисперсных материалов на образование агрегатов из слипшихся частиц и их налипание на поверхности сита. Принимая во внимание, что главной проблемой при грохочении являются именно эти процессы, то для эффективного разде-

ления необходимо значительно поднять уровень ускорений колебаний просеивающих поверхностей вибрационных грохотов.

Установим величины собственных частот связанных частиц при действии на них сил адгезии. На рис. 2 приведены зависимости собственных частот шарообразных частиц различной плотности от диаметра при действии на них сил поверхностного натяжения воды, находящейся в капиллярных промежутках между частицами. На графике ось угловых частот представлена в логарифмическом масштабе.

Анализ зависимостей показывает, что собственные частоты частиц значительно превышают частоты возбуждения сит вибрационных грохотов, применяемых для разделения сыпучих материалов. Кроме того, вследствие разнообразия восстанавливающих сил, их нелинейности, демпфирования при относительных перемещениях частиц и различий в их параметрах, структура спектров собственных частот чрезвычайно разнообразна и имеет широкое распределение даже для однотипных частиц. Поэтому при моночастотном или даже поличастотном возбуждении сит вибрационных грохотов с узким дискретным спектром резонансных явлений в колебаниях связанных частиц происходить не может. Даже если допустить, что при вибрационном возбуждении благодаря резонансу обеспечиваются условия эффективного колебания

частиц с определенными параметрами, то отсутствие таких условий для других частиц и их колебания со значительно меньшей интенсивностью подавляют эти резонансные колебания и, следовательно, резонансных явлений в колебаниях связанных частиц наблюдать не будет. Для возбуждения резонансных колебаний необходимо, чтобы структура спектров собственных частот была близка к структуре спектров возбуждения. При разнообразии и значительном распределении спектров собственных частот частиц это возможно только при возбуждении сплошного частотного спектра колебаний просеивающих поверхностей вибрационных грохотов и частиц материала, находящегося на поверхности.

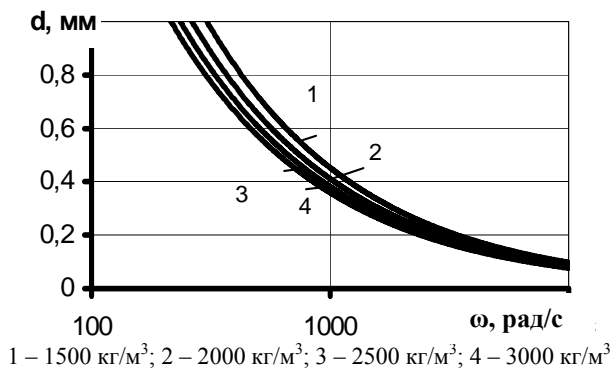


Рис. 2. Зависимости собственных частот колебаний шарообразных частиц различной плотности от диаметра

Резонансные явления вследствие резонансного усиления могут обеспечить существенные относительные колебания связанных частиц с амплитудами, достаточными для разрушения удерживающих связей. В результате происходит разрушение аутогезионных связей, удерживающих частицы между собой, и создаются условия, препятствующие их образованию.

Подобные процессы происходят при адгезии частиц к ситам поличастотного грохота. Здесь эти процессы более выражены, так как сито грохота постоянно находится в режиме поличастотного возбуждения, в отличие от частиц, связанных в агрегаты, поличастотные воздействия, на которые оказываются в основном при их контакте с ситом. Возбуждение частот колебаний сита, близких к свободным частотам связанных с ним частиц, обусловленных контактными силами сцепления между частицами и ситом, могут привести вследствие резонансного усиления к возникновению существенных относительных колебаний частиц. При амплитудах колебаний, достаточных для разрушения удерживающих связей частицы отрываются от сита, в результате чего происходит очистка сита от налипших на него частиц.

Резонансные явления способствуют также очистке сита от «трудных» зерен, застрявших в его ячейках. На контакте «трудное» зерно – ячейка сита возникают силы упругих деформаций, вызванных деформацией ячейки, проволоки (лески) сита и частицы, удерживающие её в ячейке.

При колебании сита с частотами близкими к собственным частотам частицы, обусловленных упругостью её контакта с ячейкой сита, происходит резонансное усиление относительных колебаний частицы. При амплитудах, достаточных для образования зазоров между частицей и поверхностью ячейки сита, частица высвобождается из ячейки. Перемещаясь в направлении наименьших сопротивлений, частица проходит через ячейку или поступает обратно в надрешётное пространство грохота.

Резонансное усиление колебаний частиц происходит также вследствие упругих соударений частиц между собой и ситом. При наличии упругих восстанавливающих сил и близости частот свободных колебаний частиц к частотам возбуждения, вследствие резонансного усиления частицы испытывают усиленные силовые взаимодействия, что способствует интенсивному перемещению их в слое материала, увеличивает вероятность контакта с просеивающей поверхностью грохота и прохождения через её ячейки.

Следовательно, при поличастотном возбуждении сит со сплошным частотным спектром исключается забивание ячеек сита в результате адгезии частичек материала к ситам и происходит постоянная и полная самоочистка сита от прилипших, а также застрявших в ячейках сита частиц. При этом происходит постоянное разрушение агрегатов из слипшихся частиц. Все это обеспечивает эффективную классификацию тонкодисперсных материалов по крупности на просеивающих поверхностях вибрационных грохотов с поличастотным возбуждением, в том числе при наличии в них липких, например, глинистых примесей.

По условиям прочности вибрационных грохотов поличастотные колебания с интенсивностью, достигающей тысяч м/с², возможно обеспечить только на самих просеивающих поверхностях, поскольку колебания такой интенсивности не могут быть обеспечены на других элементах конструкции без потери их прочности. Кроме того, при таких ускорениях необходимо обеспечить достаточную долговечность работы самих просеивающих поверхностей, по крайней мере, она должна быть на уровне показателей надежности работы ситовых поверхностей вибрационных грохотов, которые применяются для разделения мелких и тонких сыпучих материалов.

Поличастотные колебания сит вибрационных грохотов могут быть реализованы в системах с нелинейной характеристикой упругих элементов [9]. Конструктивно это может быть воплощено путём установки с зазором относительно рабочего органа грохота упругих ограничителей хода.

На рис. 3 приведена структурная схема поличастотного вибрационного грохота. Грохот представляет собой трехмассную динамическую систему, состоящую из корпуса массой m_1 , установленного на неподвижном основании через упругие связи с жесткостью c_1 , которые расположены на расстоянии a относительно вертикальной оси симметрии. К корпусу жестко прикреплен

инерционный вибровозбудитель колебаний с дебалансной массой m_0 . Внутри короба закреплено упругое сито и ударник массой m_2 , установленный с зазором δ_{03} или в контакте с ситом, для непосредственного возбуждения его колебаний.

Ударник закреплён к коробу посредством упругих связей с жесткостью c_2 , которые расположены на расстоянии d относительно вертикальной оси симметрии, и оснащен эластичными буферами с жёсткостями c_{01} и c_{02} , а короб – жесткими

ограничителями перемещения ударника. Жёсткости c_{01} и c_{02} расположены на расстоянии b относительно вертикальной оси симметрии. При этом между буферами и ограничителями в состоянии покоя системы устанавливаются зазоры δ_{01}' , δ_{01}'' и δ_{02}' , δ_{02}'' в общем случае не равные между собою. На сите грохота находится технологическая нагрузка с общей массой m_3 и жесткостью c_3 . Просеивание материала через сито моделируется за счёт уменьшения массы технологической нагрузки по длине сита.

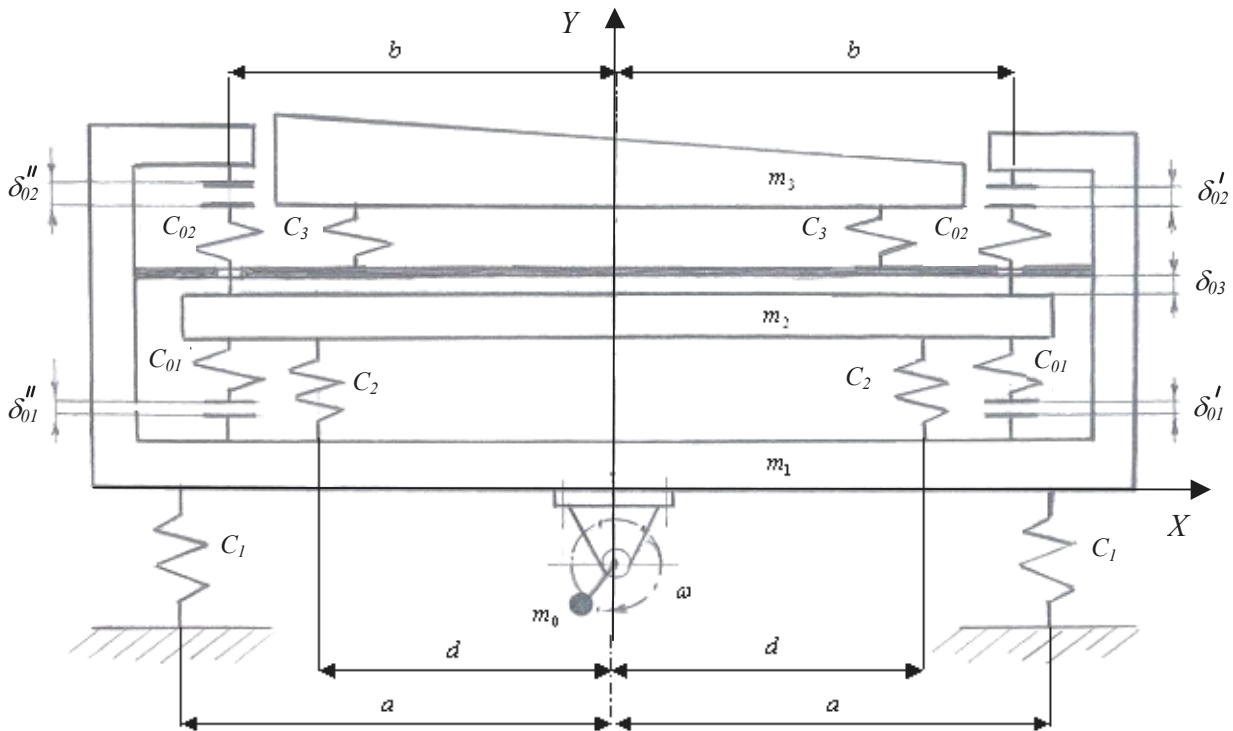


Рис. 3. Структурная схема поличастотного грохота

Особенности такой динамической системы заключаются в следующем. Соотношение масс m_1 и m_2 выбирается таким образом, что $m_1 \gg m_2$. Такое соотношение, а также отсутствие абсолютно жесткой связи между коробом, ударником и упругим ситом позволяет запустить систему. Взаимодействие ударника с коробом осуществляется посредством соударения буферов с ограничителями и ситом. В результате ударного взаимодействия возбуждаются поличастотные колебания сита и материала на сите, что благоприятно влияет на увеличение эффективности просеивания. Короб за счет соответствующего соотношения масс колеблется со значительно меньшей амплитудой, а путём выбора жесткости c_1 и динамических параметров системы возможно уменьшить передачу динамических нагрузок на основание. Задача заключается в определении такого соотношения динамических параметров системы, величины зазоров и возмущающего усилия, которые обеспечивают максимальную подвижность технологической нагрузки при работе приводного электродвигателя в

режиме, близком к номинальному. Так как возбуждение решета происходит в основном в результате взаимодействия с ударником, то максимальная подвижность технологической нагрузки будет наблюдаться при наиболее благоприятных условиях передачи вибраций от ударника к ситам. Эти условия заключаются в возбуждении резонансных колебаний в системе ударник – сито – сыпучий материал.

На основе структурной схемы и полученных результатов исследований создан экспериментальный образец поличастотного вибрационного грохота [10], промышленные испытания которого на ООО «ЦОФ «Павлоградская» подтвердили высокую эффективность разделения по крупности и обезвоживания тонких фракций угольных шламов [11]. Полученные результаты промышленных испытаний позволили рекомендовать поличастотные грохоты для промышленного использования в процессах переработки и обогащения угля.

Выводы. Для разрушения связей, возникающих под действием сил поверхностного натяжения жидкости, на смачиваемых поверхностях между тонко-

дисперсными частицами и просеивающей поверхностью вибрационного грохота, уровень их ускорений не менее чем на порядок должен превышать уровень ускорений вибрационных грохотов, применяемых для классификации тонкодисперсных материалов; при этом зависимость ускорений от характерного размера частиц подчиняется степенному закону и при уменьшении размера частиц требуется больший уровень ускорений для разрушения этих связей.

Для связанных частиц при действии на частицы восстанавливающих сил, обеспечивающих собственные частоты их колебаний, и близости собственных частот к частотам возбуждения возможно развитие резонансных колебаний частиц с амплитудами, достаточными для разрушения удерживающих связей; при этом зависимость собственных частот от характерного размера частиц подчиняется степенному закону и при уменьшении размера частиц собственные частоты возрастают, причем собственные частоты тонкодисперсных частиц значительно превышают частоты возбуждения просеивающих поверхностей вибрационных грохотов, применяемых для классификации тонкодисперсных материалов.

При действии на частицы восстанавливающих сил, удерживающих частицы в связи между собой и просеивающей поверхностью вибрационного грохота, для разрушения этих связей и эффективной классификации тонкодисперсных частиц по крупности необходимы возбуждения поличастотных колебаний просеивающих поверхностей с широким сплошным частотным спектром и уровнем ускорений, в десятки раз превышающем максимальный уровень ускорений вибрационных грохотов с моночастотным или узким поличастотным дискретным спектром возбуждения; при этом такие поличастотные колебания возбуждаются при наложении на рабочий орган грохота односторонних удерживающих упругих связей с нелинейными характеристиками сила-перемещение и резонансном усилении колебаний, что обеспечивает абсолютную устойчивость этих колебаний к изменению технологической нагрузки.

Список литературы

1. Андреев С.Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. – 3-е изд., перераб. и доп./ Андреев С.Е., Перов В.А., Зверевич В.В. – М.: Недра, 1980. – 415 с.
2. Сергеев П.В. Влияние на процесс грохочения структурно-механических свойств зернистых материалов [Текст] / П.В. Сергеев, С.Л. Букин, Н.Н. Соломичев // Труды ДонГТУ. – 1999. – Вып. 7. – С. 204-209.
3. Букин С.Л. Обоснование рабочего режима трёхмассового виброгрохота [Текст] / С.Л. Букин, Н.Н. Соломичев // Машиностроение и техносфера на рубеже 20 века. – Донецк: ДонГТУ, 1999. – Т. 1. – С. 108-111.
4. Надутый В.П. Моделирование процесса просеивания влажного минерального сырья [Текст] / В.П. Надутый, Е.С. Лапшин // Вісник Нац. техн. ун-ту “ХП” – Харьков, 2007. – № 26. – С. 93-98.

5. Надутый В.П. Экспериментальное определение динамических параметров процесса просеивания влажного минерального сырья [Текст] / В.П. Надутый, Е.С. Лапшин // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. ИГТМ им. Н.С. Полякова НАНУ. – Д., 2008. – Вып. 74. – С. 3-7.

6. Елисеев В.И. Равновесные слои жидкости в капиллярной ситовой ячейке / В.И. Елисеев, В.И. Луценко, В.П. Надутый, И.П. Хмеленко // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. ИГТМ им. Н.С. Полякова НАНУ. – Д., 2008. – Вып. 74. – С. 44-54.

7. Елисеев В.И. Влияние шероховатости на движение жидкости в капилляре [Текст] / В.И. Елисеев, В.И. Луценко, Н.П. Анфимова // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. ИГТМ им. Н.С. Полякова НАНУ. – Д., 2008. – Вып. 74. – С. 54-61.

8. Зимон А.Д. Адгезия пыли и порошков / Зимон А.Д. – Изд. 2-е, пер. и доп. – М.: Химия, 1976. – 432 с.

9. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. / Ред. совет: В.Н. Челомей (пред.). – М.: Машиностроение, 1979 – Т. 2. Колебания нелинейных механических систем / Под ред. И.И. Блехмана. – 1979. – 351 с.

10. Пат. 45544 Украина, МПК В07В 1/42. Привод поличастотного грохота / Булат А.Ф., Шевченко Г.А., Шевченко В.Г. – № u200906845; заявл. 30.06.09; опубл. 10.11.09. Бюл. № 21.

11. Шевченко Г.А. Поличастотные грохоты для разделения тонких сыпучих материалов [Текст] / Г.А. Шевченко, В.Г. Шевченко, А.Р. Кадыров // Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб. / НГУ. – Д., 2009. – Вип. 38 (79). – С. 44-50.

Визначено рівень прискорень ситових поверхонь вібраційних грохотів для ефективного розділення тонкодисперсних сипких матеріалів. Встановлено рівні власних частот частинок при їх налипанні на ситову поверхню чи зв'язаних між собою під впливом сил поверхневого натягу рідини. Розглянуто вплив полічастотних коливань ситових поверхонь вібраційних грохотів на розділення сипких матеріалів. Показано переваги суцільного спектру збудження поверхонь над моночастотним або вузьким дискретним.

Ключові слова: *ситкі матеріали, вібраційний грохот, полічастотні коливання.*

The level of accelerations of sieving surfaces of vibrating screens for effective separation finely dispersed bulk materials is determined. The levels of natural frequencies of the particles that have adhered to a sieving surface or bound among themselves under effect of surface forces of a liquid are established. Influencing polyfrequency oscillations of sieving surfaces of vibrating screens on separation of bulk materials is reviewed. Are rotined of advantage of a continuous spectrum of excitation of surfaces above monofrequency or narrow discrete.

Key words: *bulk materials, shaker, multifrequency fluctuations.*

Рекомендовано до публікації д.т.н. Б.О. Блюссом 17.02.10