

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИБРАЦИОННОГО ЭФФЕКТА ПРИ ПНЕВМАТИЧЕСКОМ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Гущин В.М. канд. тех. наук, доц.,

Донбасская государственная машиностроительная академия

*Приведены основные результаты исследований пневмотранспортной установки с дополнительным вибрационным воздействием на транспортируемую массу при перемещении увлажненных сыпучих материалов.*

*The main results of research of pneumatic conveying with action of the vibration on mass of the transpotion are shown.*

В ДГМА выполнен ряд работ по созданию высокоэффективных малоэнергоемких специализированных пневмотранспортных установок и их загрузочных устройств. Наметились новые подходы в создании гаммы пневмотранспортных установок для перемещения как легкоподвижных и связных сыпучих материалов, так и увлажненных, мелкозернистых горных масс, транспортируемых на обогатительных фабриках.

Из многообразия вибрационных технологических процессов, применительно к транспортной техники непрерывного действия, следует выделить два: процессы, целью которых является перемещение сыпучих тел и процессы, в которых вибрация способствует уменьшению усилий сопротивления среды, т. е. вибрация способствует течению технологического процесса и повышает его эффективность [1]. Трение, в обоих случаях, играет важную роль: в первом случае трение полезно и обеспечивает процесс перемещения сыпучих материалов; во втором случае - трение играет вредную роль и, следствием этого, вибрация ставит целью уменьшить его воздействие. Этот противоречивый, в какой-то мере взаимоисключающий подход полезности и вредности сил внутреннего и внешнего трения сыпучих материалов используется в пневматических и пневмовибрационных транспортных установках и обслуживающих их агрегатах.

В сыпучих материалах, находящихся в сосуде под вибрационным воздействием, происходит как бы преобразование трения - силы типа сухого трения преобразуются в силы типа вязкого трения. Виб-

рация, в данном случае, играет роль дополнительного быстрого движения, накладывающегося на основное медленное движение. Взаимосвязь между частицами снижается и сыпучий материал переходит в частично или полно вибровзвешенное состояние. Имеет место кажущееся изменение коэффициента трения при вибрации, приведшее к введению понятия эффективного коэффициента сухого трения при вибрации [2...4]. Возможность управления величиной (модулем) силы преобразованного трения путем изменения параметров дополнительного быстрого движения использована для придания сыпучим материалам свойств сверхсыпучести и сверхтекучести с целью ускорения их истечения из загрузочных устройств и для интенсификации процесса течения в транспортном трубопроводе.

При вибрационном воздействии особую роль играет асимметрия системы «частицы сыпучего материала - ограничивающие плоскости и поверхности». Асимметрия обеспечивает преодоление сил трения, неизбежно возникающих при относительном движении частиц сыпучей массы. Силы трения, как правило, обладают разрывной характеристикой и относительное движение частиц возникает при условии достаточной выраженности асимметрии системы. Геометрическая асимметрия, асимметрия фрикционных свойств, силовая и «временная» асимметрия и их возможные сочетания используются в пневмотранспортных установках и обслуживающих их агрегатах (загрузочных устройствах).

Схема измерения величины эффективного коэффициента внешнего трения кварцевого песка при вибрации, представлена на рис.1. Эффективный коэффициент сухого трения  $f_{\text{эф}}$ , как и классический коэффициент сухого трения  $f_0$ , определяется отношением минимального значения силы  $F$ , необходимой для нарушения состояния относительного покоя, к нормальной реакции (в данном случае  $mg$ ):

$$f_{\text{эф}} = F/mg \quad \text{или} \quad f_{\text{эф}} = f_0(1 - |\xi_{\text{max}}|/f_0g),$$

где  $\xi$ - параметр вибрации.

Взаимосвязь между эффективным коэффициентом внешнего трения кварцевого песка при вибрации и амплитудой колебаний при частоте колебаний  $Nz=50$ , представлена на рис. 2: сплошной линией (1) показана зависимость для сухого песка, как модели идеально сыпучего тела, пунктирной линией (2) показана зависимость для кварцевого песка влажностью  $\approx 4\%$ . Зависимость эффективного коэффициента сухого трения кварцевого песка от ускорения силы тяжести

представлена на рис.3, а его изменения от частоты колебаний при амплитуде  $A = 4\text{ мм}$  - на рис.4.

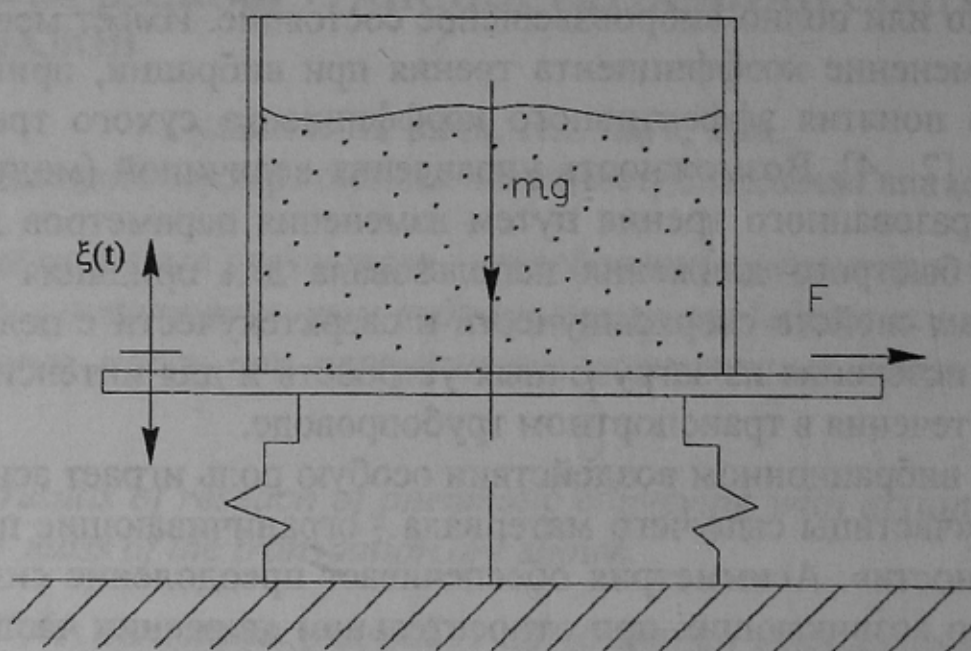


Рисунок 1—Схема изменения эффективного коэффициента трения сыпучих материалов при вибрации

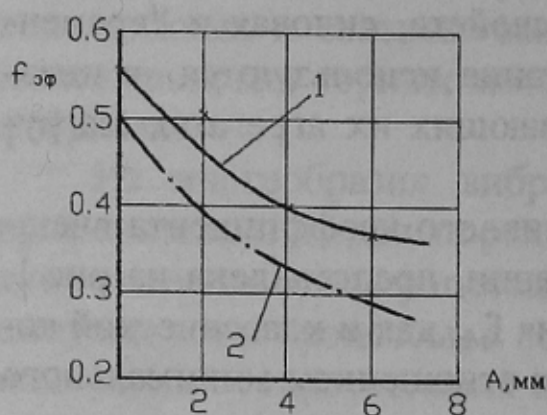


Рисунок 1 – Зависимость эффективного коэффициента трения кварцевого песка от амплитуды колебаний

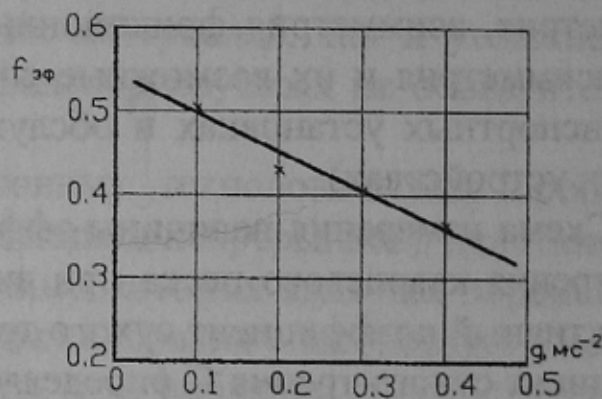


Рисунок 1—Зависимость эффективного коэффициента трения кварцевого песка от ускорения силы тяжести

Дополнительное вибрационное возбуждение сыпучих материалов положено в основу: повышения производительности пневматического транспорта с порционным и волновым режимами движения аэросмеси; разработки пневмовибрационной установки для перемеще-

ния увлажненных и влажных сыпучих материалов; и создания специальных типов загрузочных устройств, обеспечивающих их работу.

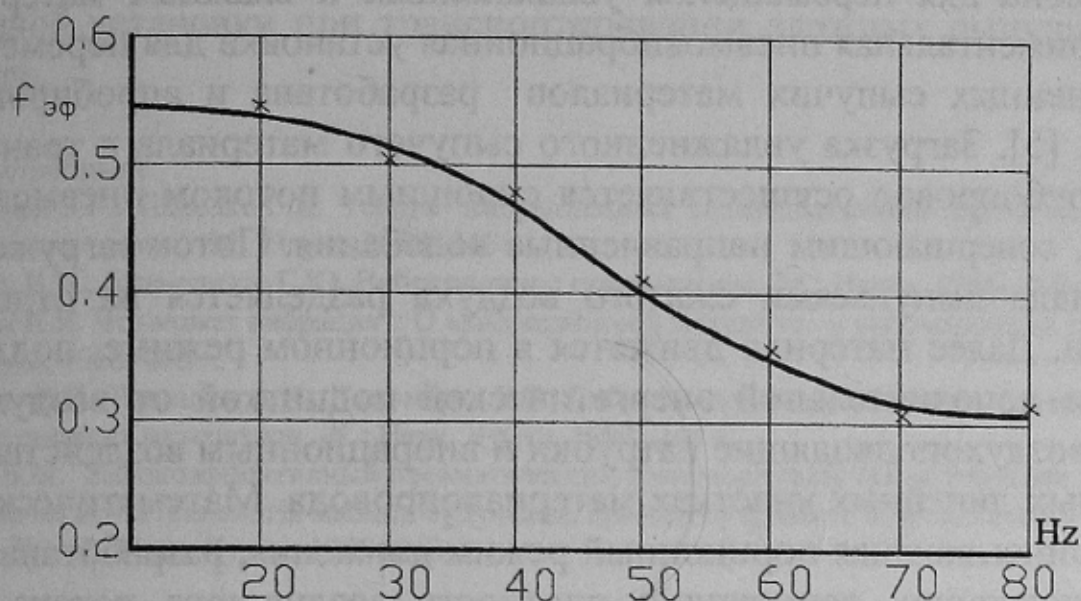


Рисунок 2—Изменение эффективного коэффициента трения кварцевого песка от частоты колебаний

Высокие технико-энергетические показатели достигнуты в пневмотранспортных установках с порционным движением сыпучих материалов [5]. Отличительной конструктивной особенностью пневмотранспортных установок данного типа является наличие двух трубопроводов - материалопровода и дополнительного воздуховода, соединенных между собой воздухоподводящими патрубками. Легкоподвижный сыпучий материал, предварительно аэрированный и загруженный в транспортный трубопровод, под воздействием воздушных импульсов, поступающих через воздухоподводящие патрубки, расчленяется на отдельные порции, чередующиеся воздушными прослойками, и транспортируется.

Экспериментальные исследования и опытно-промышленные испытания показывают, что при таком подходе, потенциальные возможности рассматриваемой конструкции остаются реализованными частично. Использование явления сверхсыпучести легкоподвижных материалов при вибрационном воздействии на материал в период формирования режима загрузки транспортного трубопровода позволяет повысить пропускную способность трубопровода в 1,5-2 раза.

При условии специальной подготовки сыпучего материала в загрузочном устройстве и их сохранении относительно разделенных порций перемещаемого материала на всем участке транспортирова-

ния пневмотранспортная установка данного типа, с дополнительным использованием эффекта вибрационного воздействия, может быть применена для перемещения увлажненных и влажных материалов. Экспериментальная пневмовибрационная установка для перемещения увлажненных сыпучих материалов разработана и апробирована в ДГМА [5]. Загрузка увлажненного сыпучего материала в транспортный трубопровод осуществляется сплошным потоком пневмозагрузчиком, совершающим направленные колебания. Поток загруженного материала импульсами сжатого воздуха разделяется на отдельные порции. Далее материал движется в порционном режиме, поддерживаемом дополнительной энергетической подпиткой от воздуховода через воздухоподводящие патрубки и вибрационным воздействием на вставных линейных участках материалопровода. Математическая модель, описывающая порционный режим движения, разработана с учетом следующих допущений: плотность воздушного потока вдоль транспортного трубопровода изменяется незначительно, процесс близок к изотермическому, каждая фаза заменена осредненно, режим движения низкоскоростной.

Экспериментально исследованы режимы движения увлажненных и влажных кварцевых песков и феррохромовых материалов, определены основные технические параметры пневмотранспортной установки: производительность, скорость движения порций материала, давление в транспортной системе и сопротивления движению аэросмеси. Крупность частиц исследуемых материалов находилась в пределах 0,5 - 1,5 мм, насыпная плотность 1,6 - 1,8 т/м<sup>3</sup>, влажность 2 - 5%.

Исследования массопереноса выполнены с использованием видеозаписи и фотографирования. Скорость движения порций оценивалась секундомером на мерном участке. Давления определялись дифференциальными манометрами типа ОБМ1-100, установленными в характерных точках, с записью на осциллограмму. Производительность оценивалась по времени разгрузки бункера.

Экспериментальные исследования подтвердили, предположение, что при загрузке материалопровода увлажненным кварцевым песком, подготовленным предварительно вибрационным воздействием, кварцевый песок транспортируется в порционном режиме. Дополнительное промежуточное вибрационное воздействие на сыпучий материал на вставном линейном участке материалопровода снижает прилипание частиц материала к стенкам трубопровода и обеспечива-

ет транспортирование на расстояния, заданные требованиями технологического процесса. Выполненные лабораторные экспериментальные исследования показали хорошую работоспособность пневмовибрационной установки при транспортировании влажных сыпучих материалов.

## Список источников

1. Гудушаури Э.Г., Пановко Г.Я. Теория вибрационных технологических процессов при некулоновом трении. -М.: Наука, 1988.-145 с.
2. Блехман И.И., Джанелидзе Г.Ю. Вибрационное перемещение.-М.: Наука, 1964.-410 с.
3. Блехман И.И. Что может вибрация?: О «вибрационной механике» и вибрационной технике. -М.: Наука, 1988.-208 с.
4. Потаев В.Н., Волошин А.И., Пономарев Б.В., Вибрационно-пневматическое транспортирование сыпучих материалов. -К.: Наук. Думка, 1989.-248 с.
5. Гушин В.М. Высокоэффективный пневматический транспорт сыпучих материалов // Прогресивна техніка і технологія машинобудування, приладобудування і зварювального виробництва. Т.3.-К.: Наук. Думка, 1989.-248 с.