

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волошин А.Н., Пономарев Б.В. Теория и расчет современных пневмотранспортных систем для горнодобывающей промышленности // Геотехническая механика (НАНУ ИГТМ, межведомств. сборн. научн. трудов). – 1998. – №6 – С.3-14.
2. Пономарев Б.В. Движение вращающихся частиц в потоке газа по горизонтальному трубопроводу с ударами об обе стенки // Геотехническая механика (НАНУ ИГТМ, межведомств. сборн. научн. трудов). – 1998. – №7 – С.72-85.
3. Смолдырев А.Е. Трубопроводный транспорт. – М.: Недра, 1980. – 292 с.
4. Гушин В.М. Пневмотранспортная установка с порционным движением песка// Литейное производство. – 1979. – №6. – С.25-26.
5. Гушин В.М. О массопереносе и его самоорганизации при пневматическом транспортировании сыпучих материалов // Нові матеріали в металургії та машинобудуванні. Зб.наук.пр.–Вип.3.–Запоріжжя, 1998. –С.52-54.
6. Фрост У., Моулден Т. Турбулентность. – М.: Мир, 1980. – 535 с.
7. Гушин О.В. Экспериментальные исследования пневмотранспортной установки с порционным движением сыпучих материалов// Совершенствование процессов и оборудование обработки давлением в металлургии и машиностроении. Вып.4. – Краматорск, 1998. – С.154-159.

УДК 622.648.6:621.867.8:532.51.001.24

О.В. Гушин

ИССЛЕДОВАНИЕ ПНЕВМОТРАНСПОРТНОЙ УСТАНОВКИ С ПОРЦИОННЫМ ДВИЖЕНИЕМ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

В статті розглянуті основні результати досліджень переміщення сипучих матеріалів у пневмотранспортному трубопроводі з порційним режимом руху аеросумішів.

Одним из перспективных способов пневматического транспортирования сыпучих материалов является перемещение их в порционном режиме. Данный способ может найти широкое применение в горном деле, порошковой металлургии, литейном и химическом производстве, строительной индустрии.

Целью исследований является изучение процессов массопереноса при порционном режиме движения аэросмесей в транспортном трубопроводе и определение оптимальной скорости перемещения сыпучих материалов с разными физико-механическими свойствами.

Пневмотранспортная установка с порционным движением сыпучих материалов [1] в конструктивном отношении представляет собой материалопровод и дополнительный воздуховод, соединенные между собой воздухопроводящими патрубками, установленными по всей трассе с определенным шагом. Предварительно азрированный (псевдооживленный, флюидизированный) сыпучий материал посредством загрузочного устройства специального типа вводится в материалопровод. Дополнительный воздушный поток, поступающий в материалопровод через воздухоподводящие патрубки, поддерживает заданный порционный режим движения аэросмеси. Отличительной особенностью пневмотранспортных установок данного типа является высокая концентрация аэросмеси. Аэросмесь в трубопроводе движется с малыми скоростями при невысоких давлениях.

Одним из наиболее важных параметров, детерминирующих работоспособность пневмотранспортной установки в целом, является скорость движения аэросмеси, при которой, сохраняется заданный режим массопереноса на всей длине участка транспортирования. Скорость движения аэросмеси в транспорт-

ном трубопроводе определяется по соотношению:

$$V_{,cr} > V_{tr} > V_0 \quad (1)$$

где $V_{,cr}$ – скорость витания одиночной частицы в стесненных условиях, $m \cdot c^{-1}$; V_{tr} – транспортная скорость движения аэросмеси, $m \cdot c^{-1}$; V_0 – скорость начала псевдооживления дисперсного слоя, $m \cdot c^{-1}$.

Для переходного режима движения аэросмеси ($Re = 2 \dots 500$) скорость витания одиночной частицы в свободных условиях с достаточной степенью точности определяется [2]:

$$V_s = 0,153 \cdot Ar^{0,7} \cdot \nu/d, \quad (2)$$

где Ar – параметр Архимеда; ν – кинематическая вязкость несущего потока, $m^2 \cdot c^{-1}$; d – диаметр частицы, м.

Скорость витания частицы в стесненных условиях

$$V_{,cr} = V_s [(1-d/D)^2], \quad (3)$$

где D – диаметр транспортного трубопровода, м.

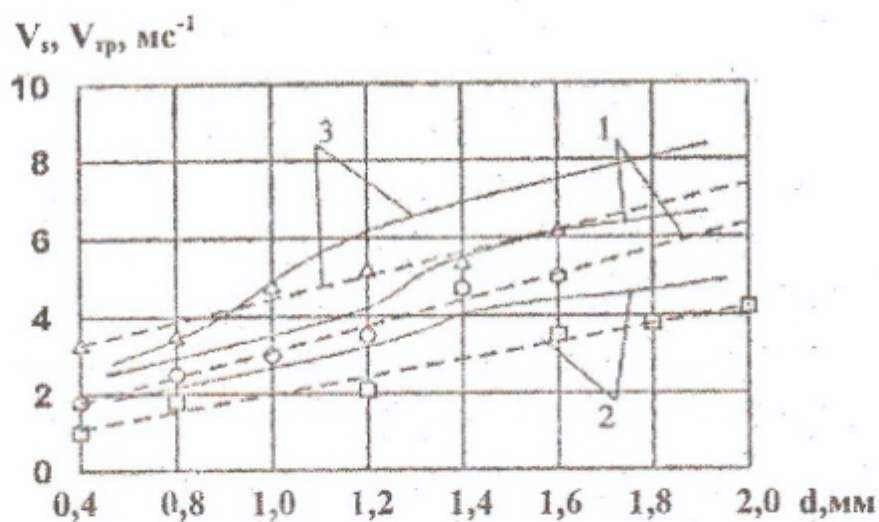
Скорость начала псевдооживления монодисперсного слоя может быть определена:

$$V_0 = \nu \cdot Re_0/d, \quad (4)$$

где Re_0 – критерий Рейнольдса, отнесенный к скорости начала псевдооживления; d – диаметр частиц, м.

На рис. 1 сплошными линиями показаны расчетные значения скорости витания одиночных частиц, построенные по уравнению (2) для следующих материалов: кварцевого песка $\rho = 1600 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$, каменного угля $\rho = 875 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$, железной руды $\rho = 2250 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$.

В качестве несущей среды принят воздух при температуре 20°C и избыточном давлении $0,1 \text{ МПа}$ $\rho_{\nu} = 2,4 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ и $\nu = 15 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$. Как видно из графиков, скорость витания возрастает с увеличением диаметра частиц и их плотности. Здесь же пунктирными линиями показаны рабочие скорости движения этих материалов, полученные экспериментальным путем, при движении в порционном режиме. Данные графики свидетельствуют, что рабочие скорости движения аэросмесей всех исследуемых материалов несколько ниже скоростей витания их одиночных частиц и могут быть, с достаточной степенью точности, аппроксимированы линейной зависимостью.



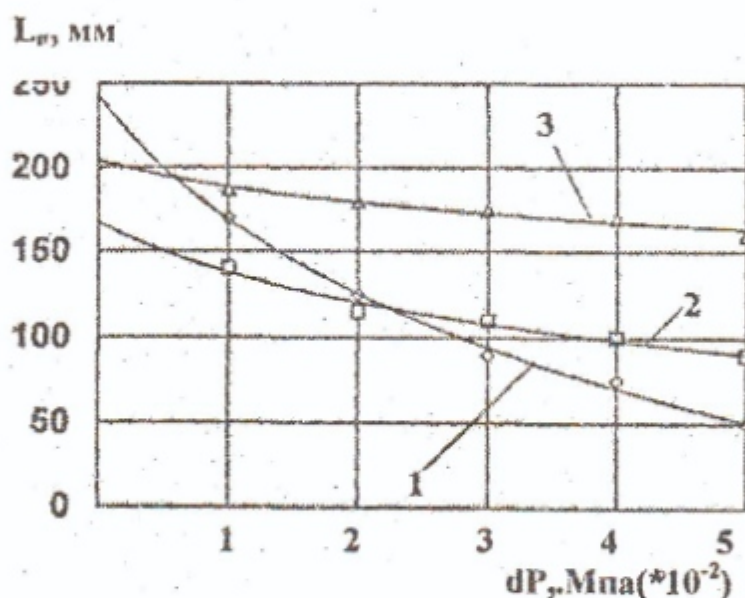
1 – кварцевый песок; 2 – каменный уголь; 3 – железная руда
 Рис. 1 - Скорость вращения одиночной частицы и транспортная скорость аэросмеси

Экспериментальные исследования выполнены на лабораторном стенде с последующей проверкой основных результатов на опытно-промышленной установке в производственных условиях. Так как режим порционного движения сыпучих материалов низкоскоростной в качестве критерия подобия двух пневмопотоков для модели и реальной установки принят параметр Фруда. Экспериментальная установка [3] имеет следующую техническую характеристику: производительность 1...3 т/ч, дальность транспортирования 6...20 м, высота подъема 0...5 м, диаметр транспортного трубопровода 28, 36, 42 мм, диаметр обводного воздушного канала и воздухоподводящих патрубков 3...6 мм, давление компрессорной установки до 0,6 МПа.

Изучены процессы массопереноса следующих сыпучих материалов: кварцевый песок (как модель идеально сыпучего тела), гранулированные частицы полиэтилена, капрона, пластмассы, кальцинированная сода, феррохром, каменный уголь, некоторые частицы железистых соединений, формовочные материалы. Крупность частиц колеблется в пределах 0,1...3 мм, насыпная плотность — 0,4...4,5 $г\cdot см^{-3}$, материал разнофракционный. Исследования порционного режима движения сыпучих материалов выполнены визуально, методами фотографирования и видеосъемки с записью на видеокассету. Производительность оценивалась по времени разгрузки мерного бункера, скорость движения отдельных порций измерялась секундомером на мерном участке и записью на видеокассету с временной отсечкой, изменения давления измерялись дифференциальными манометрами типа ОБМ1 - 100 с записью осциллографом Н-145.

Исследования показали, что при определенных условиях, создается режим движения материалов в форме порций "пробок", расчлененных воздушными прослойками (объемами воздуха). Порционный режим движения сохраняется на всей длине транспортного трубопровода при перемещении исследуемых типов сыпучих материалов. Границы порций материала и воздушных прослоек

очерчиваются достаточно четко, хотя и изменяются в процессе движения. При формировании длинных порций происходит их саморасчленение под воздействием воздушных импульсов, идущих от воздухоподводящих патрубков. Короткие порции сливаются в более длинные, сохраняя в общем длину порядка $(30...80)d_T$ — диаметров транспортного трубопровода. Процесс стабилен по всей длине транспортирования. Повышение общего давления воздуха в транспортной системе приводит к повышению скорости движения отдельных порций, к увеличению расстояния между ними, к уменьшению количества материала в отдельной порции, что, в итоге, приводит к снижению массовой концентрации. Повышение давления вызывает увеличение скорости движения отдельных порций и уменьшение их длины (рис. 2). Дальнейшее повышение давления в трубопроводе влечет за собой переход к режиму движения аэросмеси "в полете" независимо от типа перемещаемого сыпучего материала. Падение давления в транспортном трубопроводе ниже номинального приводит к залеганию перемещаемого материала вдоль тубы. В этом случае, последующее повышение давления выше номинального (в начальный момент в 1,5...2 раза) восстанавливает порционный режим движения аэросмеси.



1 — кварцевый песок; 2 — пластмасса; 3 — полиэтилен
Рис. 2 - Изменение длины порции от избыточного давления

Выполненные исследования позволили сделать следующие выводы: при определенных условиях сыпучий материал в транспортном трубопроводе стабильно движется в виде отдельных объемов, чередующихся с объемами воздуха; порционный режим сохраняется по всей длине транспортного трубопровода, причем, границы порции очерчены достаточно четко; длина и форма отдельных порций несколько видоизменяются в процессе поступательного движения вдоль трубопровода; размеры и их форма зависят от физико-механи-

ческих свойств транспортируемых материалов, геометрических параметров материалопровода, воздухопровода и воздухоподводящих патрубков, давления воздуха в транспортной линии; по поперечному сечению сыпучий материал распределяется неравномерно, более высокая массовая концентрация материала имеет место у нижней кромки трубопровода; массовая концентрация аэросмеси значительно повышается в сравнении с традиционными пневмотранспортными установками работающими в режиме "полета" отдельных частиц; исключается деградация частиц сыпучего материала; снижается износ материалопровода и уменьшается выброс пыли в окружающую среду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гушин В.М. О применении пневматического транспорта в литейных цехах // Литейное производство. - 1978. - 12. - С.23-24.
2. Разумов И.М. Псевдооживление и пневматический транспорт сыпучих материалов. - М.: Химия, 1964. - 346с.
3. Гушин О.В. Некоторые результаты экспериментальных исследований пневмотранспортной установки с порционным движением сыпучих материалов // Межвуз. сб. научн. тр./ Хар. ГАЖД, 1997. - Вып. 30. - С.46-49.

УДК 532.517.42.001.57:622.648.24:621.67

Е.В. Семененко

АНАЛИЗ ОСНОВНОГО УРАВНЕНИЯ ЛОПАСТНЫХ МАШИН ДЛЯ НАГНЕТАНИЯ ГИДРОСМЕСИ

На основі імовірностного усереднення рівнянь руху багатофазної рідини розглядається основне рівняння лопаточних машин. Показано різницю підходу, що передбачається, від існуючого. Наведено функціональну залежність величини звиження напору, який обумовлено присутністю твердих часток, від основних безрозмірних і конструктивних параметрів.

На сегодняшний день для нагнетания гидросмесей наиболее широко используются насосы центробежного типа [1-5]. Однако не смотря на строительство и эксплуатацию подобных насосных установок строгой теоретической модели для расчета таких насосов практически не существует.

Наиболее известны, и используются на практике, формулы пересчета характеристик насосов "с воды на гидросмесь", часто полученные в результате аппроксимации экспериментальных данных, [1-3]. Например, ВНИИ гидромаш предложил формулу, которая учитывает неоднородность гранулометрического состава твердого и плотностей каждой из его фракций

$$H = H_0 \left(1 - \sum_k [0.15 Ar_k - 0.15 + 0.56 \lg(10d_k)] \frac{S_k Ar_k}{1 + ArS} \right),$$

где H , H_0 - напор насоса на при работе на гидросмеси и при работе на воде; Ar , Ar_k - параметры Архимеда рассчитанные по средней плотности и по плотности k -й фракции; S_k , S - концентрация k -й фракции и общая концентрация гидросмеси; d_k - средний диаметр частиц k -й фракции.

Ряд авторов, [4-5], предлагают использовать для расчетов центробежных насосов, перекачивающих гидросмесь, основное уравнение лопастных машин, аналогичное для случая работы на чистой воды. Для этого рассматривается