

ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЕ РЕЖИМНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПНЕВОТРАНСПОРТА ИЗМЕЛЬЧЕННОГО ТОРФА

Петренко С.М.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Численно определены важные для технологии и понимания физической сущности процесса пневмотранспорта измельченного торфа действительные режимные параметры – истинная концентрация торфяных частиц в аэросмеси, действительные скорости воздушной и твердой фаз. Получены зависимости действительных режимных параметров от легко регистрируемых расходных параметров – приведенной скорости воздуха и производительности по транспортируемому материалу.

Действительные режимные параметры процесса вертикального пневмотранспорта фрезерного торфа определялись из экспериментальных данных, приведенных в [1] в виде зависимостей перепада давления от приведенной (отнесенной ко всему поперечному сечению трубопровода) скорости воздуха $\Delta p/L = f(V)$ в трубопроводах различных диаметров при различных производительностях Q_m по транспортируемому материалу. Характерный вид зависимостей $\Delta p/L = f(V)$ представлен на рис. 1.

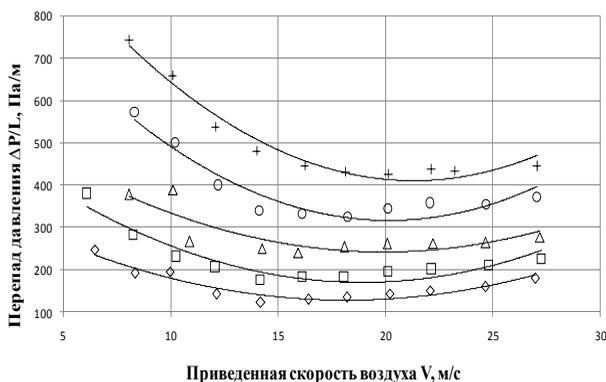


Рис. 1.

Действительные режимные параметры определялись по методике, изложенной в материалах доклада «Методика определения действительных режимных параметров пневмотранспорта измельченного торфа» (в настоящем сборнике).

Для оценки влияния на действительные режимные параметры производительности Q_m при фиксированных значениях скорости воздуха экспериментальные зависимости $\Delta p/L = f(V)$ аппроксимировались полинома-

ми (величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0,895..0,964$). Значения $\Delta p/L$ для ряда значений приведенной скорости воздуха V вычислялись по аппроксимирующим уравнениям при разных значениях Q_m .

С увеличением приведенной скорости воздуха при постоянном значении Q_m соответственно увеличиваются действительные скорости воздуха V_v , материала V_m , относительная скорость $V_{ot} = V_v - V_m$ и действительная скорость витания V_s . Характер изменения этих скоростей при пневмотранспорте фрезерного торфа в трубопроводе диаметром $D = 80$ мм при $Q_m = 1$ кг/с представлен на рис. 2.

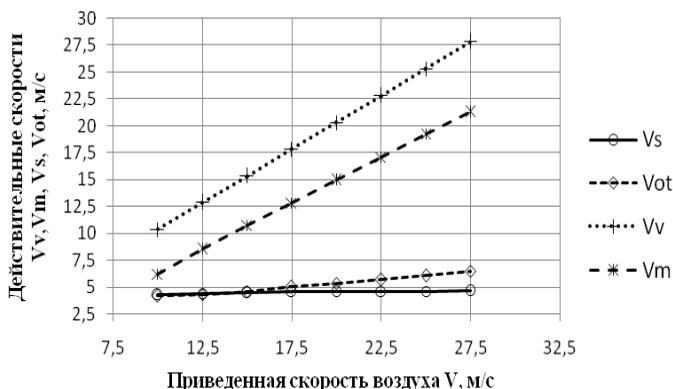


Рис. 2.

Устойчивое направленное перемещение торфяных частиц вверх реализуется при приведенных скоростях воздуха, соответствующих условию $V_{ot} > V_s$ (правые ветви кривых $\Delta p/L = f(V)$ на рис. 1. Разность скоростей $V_{ot} - V_s$ возрастает с увеличением V из-за увеличения торможения торфяных частиц вследствие более интенсивного взаимодействия их со стенками трубопровода при более высоких скоростях воздуха.

Движущей силой при вертикальном пневмотранспорте является сила аэродинамического взаимодействия $F_{\text{вз}}$ между несущей воздушной средой и торфяными частицами. Величина этой силы, отнесенная к единице массы, в области устойчивого транспортирования торфяных частиц вверх (правые ветви кривых $\Delta p/L = f(V)$ на рис.1. превышает минимально возможное для режима «витания» частиц с вертикальной скоростью $V_m = 0$ значение 9,81 Н.

С увеличением приведенной скорости воздуха V сила аэродинамического взаимодействия $F_{\text{вз}}$ также возрастает за счет увеличения отношения V_{ot}/V_s (рис 3).

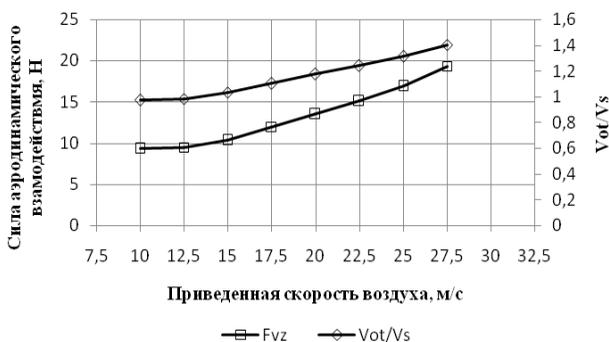


Рис. 3.

Истинная объемная концентрация c торфяных частиц в объеме аэросмеси при $Q_m = \text{const}$ снижается с увеличением V , а коэффициент относительного скольжения фаз $\varepsilon = V_m/V_v$ возрастает (рис. 4).

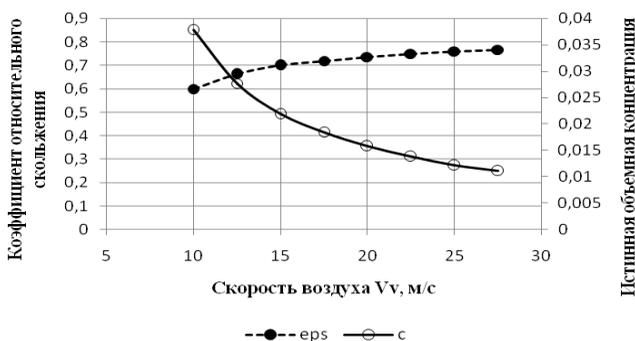


Рис. 4.

Увеличение $V_v = V(1 - c)$ при возрастании V и соответствующем ему уменьшении истинной объемной концентрации объясняется незначительным уменьшением c на фоне более существенного увеличения приведенной скорости V .

Влияние приведенной скорости воздуха V и производительности по материалу Q_m на истинную объемную концентрацию в вертикальном трубопроводе диаметром $D = 53$ мм показано на рис. 5.

На рис. 6 представлен характер зависимости коэффициента относительного скольжения компонент от приведенной скорости воздуха V и производительности по материалу Q_m .

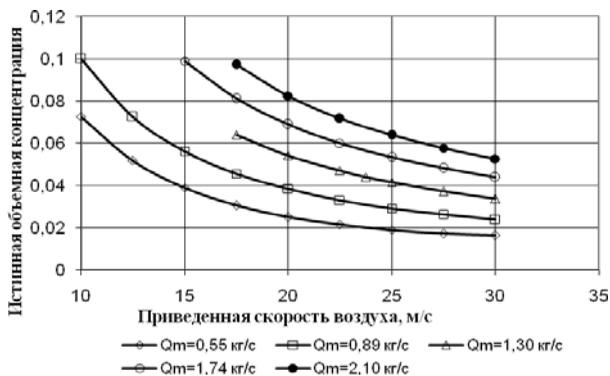


Рис. 5.

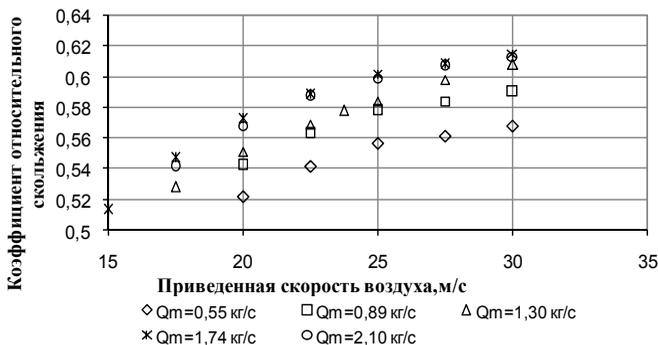


Рис. 6.

Анализ влияния на величину коэффициента сопротивления перемещению материала λ_m (на диаграмме обозначен L_m) действительных режимных параметров (относительной скорости фаз и скорости витания, скорости материала, истинной объемной концентрации, диаметра трубопровода и плотности торфяных частиц) показал следующее. Коэффициент λ_m отражает влияние совокупности реализуемых в каждом конкретном случае пневмотранспорта измельченного торфа действительных режимных параметров и не может использоваться в качестве константы, характеризующей измельченный торф. Целесообразно использовать для определения λ_m критериальные зависимости, учитывающие влияние всех действительных режимных параметров.

Наиболее существенно λ_m зависит от соотношения V_{of}/V_s относительной скорости воздушной и твердой фаз и действительной скорости витания.

Характерный вид зависимостей $\lambda_m = f(V)$ при различных значениях Q_m для условий взвешенного транспортирования одного из образцов измельченного торфа представлен на рис. 7.

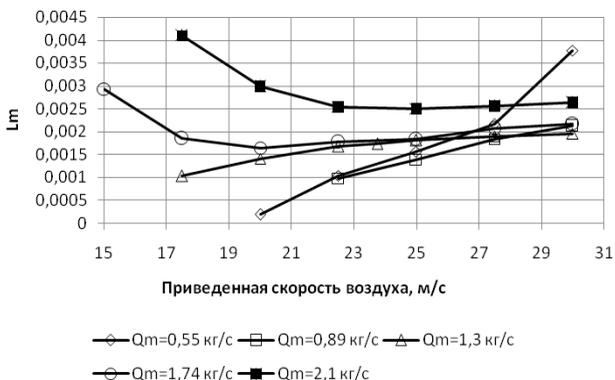


Рис. 7.

Для каждой конкретной совокупности реализуемых режимных параметров существуют значения истинной объемной концентрации c_{min} и коэффициента относительного скольжения ε_{min} , при которых затраты энергии на пневмотранспорт минимальны.

Характерный вид зависимости $\Delta p/L = f(c)$ при пневмотранспорте фрезерного торфа в трубопроводе диаметром $D = 80$ мм при $Q_m = 1$ кг/с представлен на рис. 8.

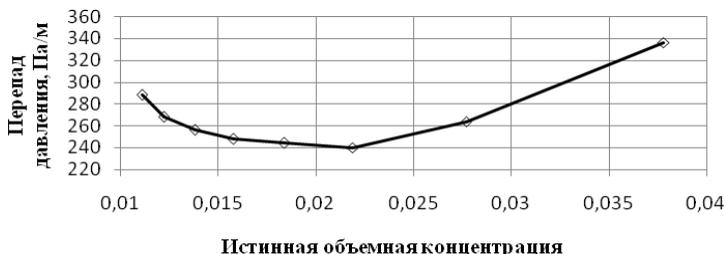


Рис. 8.

На рис.9 представлен характерный вид зависимости $\Delta p/L = f(\varepsilon)$ для тех же режимных параметров (фрезерный торф, диаметр трубопровода $D = 80$ мм, $Q_m = 1$ кг/с).

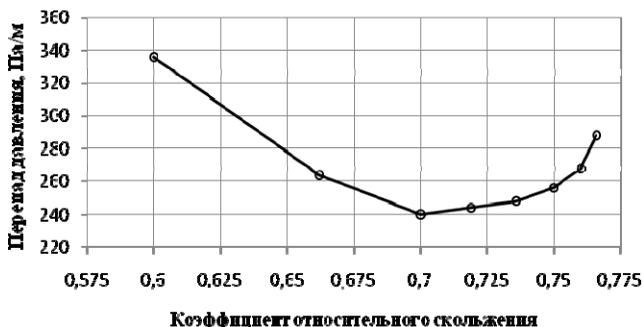


Рис. 9.

Потери давления на пневмотранспорт $\Delta p/L$ являются суммой потерь давления на перемещение материала dp_m/dL и потерь давления на перемещение воздуха dp_v/dL .

При известных действительных режимных параметрах они могут быть определены по отдельности.

Согласно [2], потери давления на перемещение материала

$$\left(\frac{\Delta p}{L}\right)_m = c\rho_m g \sin \alpha + c\lambda_m \rho_m \frac{g_m^2}{2D}, \quad (1)$$

и потери давления на перемещение воздуха.

$$\left(\frac{\Delta p}{L}\right)_v = c\rho_m g \sin \alpha + c\lambda_m \rho_m \frac{g_m^2}{2D}, \quad (2)$$

На рис. 10 представлены зависимости $\Delta p/L = f(V)$, $dp_v/L = f(V)$ и $dp_m/L = f(V)$ для одного из образцов фрезерного торфа со средним диаметром частиц $d = 18$ мм и плотностью частиц $\rho_m = 845$ кг/м³ при пневмотранспорте по трубопроводу. $D = 80$ мм с $Q_m = 1$ кг/с.

С увеличением приведенной скорости воздуха потери давления на перемещение торфяных частиц уменьшаются вследствие снижения их истинной концентрации в аэросмеси, а потери давления на перемещение несущей воздушной фазы увеличиваются. Поэтому наиболее эффективным по энергозатратам является процесс пневмотранспорта со скоростями

воздуха, при которых значение истинной объемной концентрации немного меньше C_{min} .

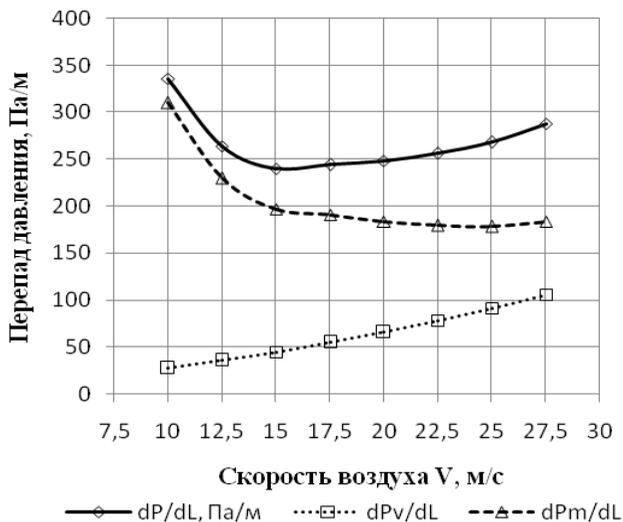


Рис. 10.

Литература

1. Бакшанский В. И. Исследование пневматического транспортирования измельченного торфа при повышенных концентрациях аэросмеси // Автореф. канд. дисс. / Минск, 1978. – 259 с.
2. Петренко, С.М. Уравнения движения двухфазной среды в пневмотранспортном трубопроводе / С.М.Петренко //Проблемы технологии и механизации разработки месторождений полезных ископаемых: сб. науч. тр. МНТК, Минск, 20 -23 февраля 2009 г. / Часть 1. –Минск, 2009. –С. 106 – 109.