

УДК

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ТРУБОПРОВОДЕ

Украинцева Л.В., студентка,
Козыряцкий Л.Н., канд. техн. наук, доцент
Донецкий национальный технический университет

Исследовано движение твердой фракции в горизонтальном трубопроводе, рассмотрен вопрос о взвешивании твердых частиц потоком жидкости.

Наиболее эффективная очистка водоёмов и подъём твёрдых материалов со дна внутренних водоемов производится гидравлическим способом, с помощью землесосных снарядов. Проблема гидроподъёма твёрдых материалов является актуальной и на сегодняшний момент. Существуют ЭЗК с горизонтальными пульпопроводами. Для оптимизации параметров грунтонасоса, перекачных станций, трубопроводов, по которым осуществляется транспорт, исследовано движение твёрдой фракции в горизонтальном трубопроводе.

Важная характеристика твёрдых частиц - гидравлическая крупность, представляющая собой скорость равномерного свободного падения частиц в достаточно большом объёме покоящейся жидкости. Гидравлическая крупность зависит в общем случае от размеров, формы и плотности частицы, а также плотности и вязкости жидкости. Режим обтекания частицы может быть ламинарным, переходным или турбулентным. Критерием, определяющим режим обтекания твёрдой частицы диаметром, является число Рейнольдса. При $Re < 1$ наблюдается ламинарный режим обтекания, при $Re < 250$ - переходной, а при $Re > 250$ - турбулентный. Потоки гидросмесей в трубопроводных гидротранспортных системах характеризуются высокими объёмными концентрациями и широкими диапазонами крупностей и плотностей твёрдых частиц, входящих в состав гидросмесей. Эти потоки, как правило, турбулентны, поэтому для них, как и для всякого турбулентного потока однородной жидкости, характерно наличие пульсаций скоростей и давлений в точках потока. Именно за счет этих пульсаций осуществляется гидродинамический процесс взвешивания твёрдых частиц турбулентным потоком жидкости.

Наличие взвешенных твёрдых частиц в турбулентном потоке воды в общем случае изменяет кинематическую и динамическую структуры потока, обусловленные характером распределения осредненных во времени скоростей и касательных напряжений по сечению потока. Поэтому в потоке гидросмеси законы изменения осредненных скоростей и касательных напряжений по поперечному сечению трубы могут заметно отличаться от законов изменения этих параметров в соответствующем потоке чистой (без твердых частиц) воды. Степень влияния транспортируемых твёрдых частиц на характеристике потока определяется многими факторами, в том числе средней объёмной концентрацией гидросмеси, средней крупностью и плотностью твёрдых частиц, внутренним диаметром трубы и средней скоростью потока.

Проведенная скоростная съёмка в Донецком политехническом институте по исследованию поля скоростей в трубопроводе из плексигласа диаметром $D = 153$ мм, а также измерение скоростей трубкой Пито-Прандтля в стальном трубопроводе того же диаметра дали удовлетворительные совпадения экспериментальных точек с теоретическими зависимостями. Отклонение опытных точек от расчетной кривой не превышает при скоростной киносъёмке $\pm(5 - 8)\%$, а при измерении трубкой Пито-Прандтля $-(8 - 10)\%$.

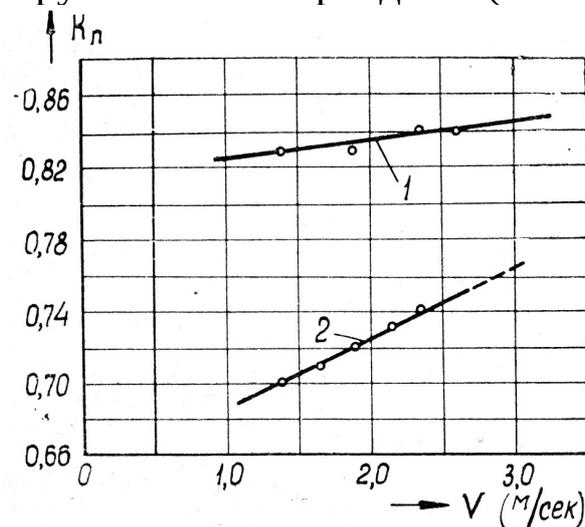


Рис.1. Зависимость коэффициента поля скоростей от средней скорости: 1 – для трубы из плексигласа, 2 – для стальной трубы.

Для стального экспериментального трубопровода с значительной относительной шероховатостью $\left(\frac{\Delta}{R_0} \approx 0,015\right) k_{\bar{v}}$ с изменением v в пределах значительных Re (100000 – 500000) должен

оставаться постоянной величиной, а для трубопровода из плексигласа – практически гладкого – несколько возрастать с V . Приведенные экспериментальные зависимости $k_{\Pi} = f(V)$ для вышеуказанных трубопроводов на рис. 1 в первом приближении подтверждают это. Однако для стального трубопровода $k_{\Pi} = f(V)$ имеет явный, хотя и незначительный наклон к оси абсцисс, что указывает на рост k_{Π} с Re .

При обтекании шарообразного тела безграничным горизонтальным потоком жидкости (рис. 2а) точки минимального давления M располагаются симметрично оси, проходящей через центр симметрии и совпадающей по направлению с вектором скорости на бесконечном удалении. Причем при $Re = 1000 - 186000$ $\theta_M \leq 90^\circ$. Вследствие перепада давления между точками А и Б и симметричности обтекания, на тело действует только лобовое усилие $R_d = R$. Тело, лежащее на стенке горизонтальной трубы, при воздействии на него потока жидкости с полем скоростей, будет иметь совершенно иную картину обтекания (рис. 2б).

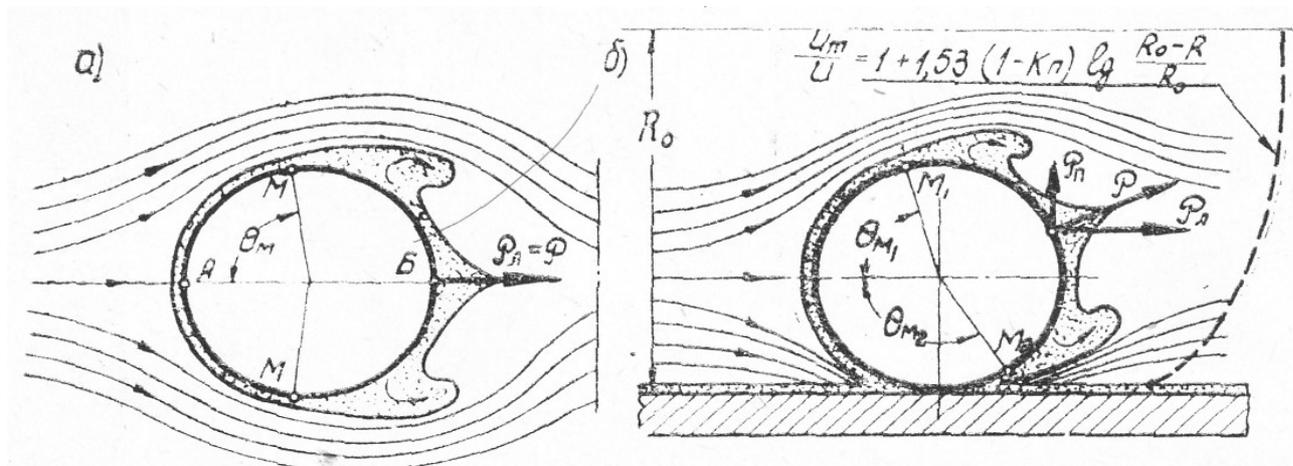


Рис. 2. Схематическое изображение картины обтекания шарового профиля: а) безграничным потоком, б) потоком в цилиндрической трубе.

Верхняя половина шара вследствие обтекания ее значительными скоростями по-прежнему будет испытывать минимальное давление со стороны жидкости в какой-то точке M_1 при $\theta_{M1} \leq 90^\circ$. Что же касается нижней половины, то она будет обтекаться значительно меньшими скоростями, чем верхняя. К тому же при ее обтекании жидкость, перемещаясь по направлению пограничного слоя трубы, где $u \rightarrow 0$ на стенке, не может иметь в этой области на профиле

значительных скоростей, соответствующих p_{\min} . Вследствие затормаживания телом жидкости, p_{\min} не может существовать и на передней половине шара. Поэтому остается единственным допустить существование точки минимального давления M_2 только на кормовой части обтекаемого тела с $\theta_{M_2} > 90^\circ$. Но это означает, что вследствие такого распределения давлений по обтекаемому профилю, кроме силы лобового давления R_L , на тело действует со стороны жидкости и подъемная сила R_n , взвешивающая его при условии $R_n > G_0$ (G_0 — вес тела в жидкости). С приближением взвешенного тела к оси потока обтекание стремится к симметричному, а $R_n \rightarrow 0$ вследствие чего тело вновь под действием силы G_0 выпадает на стенку в область несимметричного обтекания, где возникает R_n , и т. д.

Выводы: 1. Взвешивание шарообразных частиц потоком жидкости в горизонтальном трубопроводе объясняется несимметричностью их обтекания.

2. Чем выше $grad$ и пристенного слоя потока, тем больше при всех прочих равных условиях его взвешивающая способность.

3. Несмотря на то, что критическую скорость транспортирования гидросмеси при изучении движения одной частицы установить нельзя, надежные эмпирические формулы для V_k могут быть получены только на базе механизма взвешивания единичного твердого тела.

Список источников.

1. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. Физматгиз, М., 1959.
2. Юфин А. П. Напорный гидротранспорт. Госэнэргоиздат, М. – Л, 1950.
3. Заря А. Н. Исследование движения твердой фракции в горизонтальном трубопроводе. Труды ДПИ. Том XLVI, Сталино, 1960.
4. Гидроподъем полезных ископаемых. / Я. К. Антонов, Л. Н. Козыряцкий, В. А. Малашкина и др. – М.: Недра, 1995.- 173 с.; ил.
5. Брагин Б. Ф. Трубопроводный гидротранспорт твердых материалов. Киев 1993. – 400с