

УДК 621.867

БЕРМАН В. П. д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник

Институт гидромеханики НАНУ, г. Киев, Украина

ФАДЕИЧЕВ В. В. Главный инженер гидротехник

Институт гидромеханики НАНУ, г. Киев, Украина

ГУСЕВ А. Н. к.б.н., доцент

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», г. Киев, Украина

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ В СИСТЕМАХ КАПСУЛЬНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА

В роботі розглядається один з засобів зниження гідравлічних опорів (енерговитрат) у системах капсульного гідравлічного трубопровідного транспорту (КГТТ). Показано, що введення в капсульний потік невеликої кількості різних полімерних добавок може значно підвищити ефективність роботи таких систем.

Ключові слова: капсульний гідравлічний трубопровідний транспорт, енерговитрати, полімерні добавки.

В работе рассмотрен один из способов снижения гидравлических сопротивлений (энергозатрат) в системах капсульного гидравлического трубопроводного транспорта (КГТТ). Показано, что введение в капсульный поток небольшого количества различных полимерных добавок может значительно повысить эффективность работы таких систем.

Ключевые слова: капсульный гидравлический трубопроводный транспорт, энергозатраты, полимерные добавки.

One of the ways to reduce the hydraulic resistances (energy costs) in the systems of capsules hydraulic pipeline transport (CHPT) is considered in this paper. It has been shown that entering some small amount of different polymer additives into the capsules flow can significantly increase the efficiency of such systems.

Keywords: capsules hydraulic pipeline transport, energy consumption, polymer additives.

В данной работе предметом исследования является один из новых и перспективных видов трубопроводного транспорта - капсульный гидравлический трубопроводный транспорт (КГТТ), при котором транспортируемый материал загружают в капсулы (контейнеры) и транспортируют по трубам при помощи напорного потока жидкости (воды). В Институте гидромеханики НАНУ на протяжении ряда лет ведутся комплексные теоретические и экспериментальные исследования в области КГТТ, при этом основное внимание уделялось гидродинамическим аспектам этого вида транспорта. В частности, было установлено, что при определенных условиях системы

ГКТТ с точки зрения энергозатрат могут оказаться значительно эффективней чем традиционные виды трубопроводного транспорта. Вместе с тем, указанный выше факт не исключает возможности поиска методов и средств снижения гидравлических сопротивлений (энергозатрат) в рассматриваемых системах капсульного гидротранспорта.

Следует иметь в виду, что системы ГКТТ являются частью довольно сложной и малоизученной задачи гидродинамики, связанной с движением тел в жидкости в стесненных условиях. Иными словами, в этом случае мы имеем дело с суперпозицией внутренней и внешней задачи гидродинамики. Известно, что для таких систем существуют два направления снижения энергозатрат - поиск оптимальных форм и конструкций движущегося объекта (капсулы) и попытка снижения энергозатрат в самой несущей среде (обычно вода или другой жидкий носитель).

В настоящей работе был рассмотрен один из методов снижения гидравлических сопротивлений при движении в трубе вязкой несжимаемой жидкости. Среди таких методов достаточно эффективным является введение в поток небольшого количества некоторых специальных полимеров (добавок). Из литературы известно, что использование в потоке однородной жидкости доли процента некоторых полимеров может в несколько раз снизить энергозатраты для таких потоков. В этой связи интерес представляет вопросы гидротранспорта капсул в подобного рода разбавленных растворах полимера. Впервые постановка таких экспериментов и некоторые результаты подобных исследований представлены в работах [1-2]. На данном этапе мы попытались несколько расширить диапазон проводимых экспериментальных исследований а также выполнить первоначальное обобщение полученных результатов.

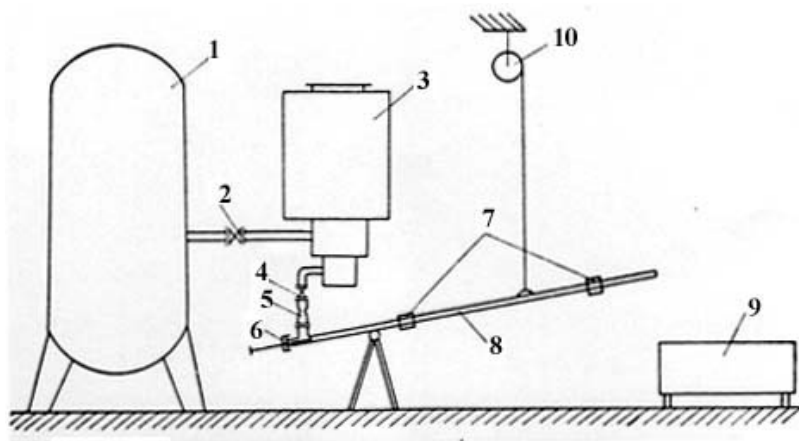


Рис.1. Безнасосная напорная установка

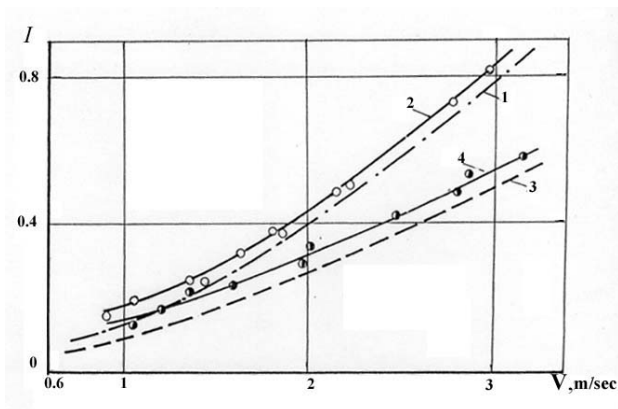
Для проведения исследований нами использовалась безнасосная напорная установка с внутренним диаметром $D = 12\text{ mm}$ (рис.1). Установка состояла из ресивера (1), редуктора (2), напорного резервуара (3), транспортного трубопровода (8) и сливного бака (9). Транспортный трубопровод был оборудован регулирующим вентилем (4), трубой Вентури (5), загрузочным устройством (6), прозрачными вставками (7), подъемным устройством (10), позволяющим изменять угол наклона транспортного трубопровода. Установка была оборудована приборами и устройствами, позволяющими

одновременно определять гидравлические сопротивления (энергозатраты), а также средние скорости воды (потока) и скорости капсул.

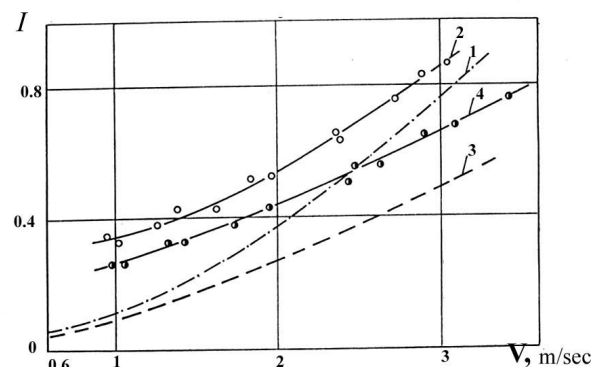
Способ приготовления полимерного раствора и методика проведения исследований достаточно подробно изложена нами в работе [1]. Отметим только, что в качестве полимерных добавок использовались полиакриламид (ПАА) и полиокс/полиэтиленоксид (ПО), а в качестве капсул использовались жесткие цилиндрические тела, имеющие сферический передний и плоский задний оголовки. При этом основные характеристики капсул (длина, диаметр и плотность) изменялись в достаточно широком диапазоне.

Исследования показали, что введение в поток небольшого количества полимера (0.005% - 0.01% по весу) может существенно уменьшить гидравлические сопротивления капсульного потока по сравнению с аналогичным потоком без добавок. Было установлено, что эффект снижения сопротивлений существенным образом зависит от концентрации полимера, а также от характеристик капсул и средней скорости потока. В отдельных случаях выигрыш в энергозатратах может достигать 50%, что свидетельствует о достаточной перспективности использования этого метода снижения энергозатрат в потоках рассматриваемого класса.

Характерными в этом плане являются примеры зависимостей гидравлических сопротивлений от средней скорости потока для различных условий транспортирования (рис.2). Как видно из приведенных зависимостей, потери напора (гидравлические сопротивления) существенным образом зависят от режима движения и характеристик капсул. В результате выполненных многочисленных экспериментов было установлено, что при прочих равных условиях, эффект снижения сопротивлений при использовании полимеров особенно зависит от плотности капсул. Данный вывод наглядно иллюстрирует сравнение рис.2а рис.2.б. На этих рисунках особый интерес представляет сопоставление кривых 2 и 4 (сопротивления при движении капсул в потоке воды и полимеров). Из этих рисунков видно, что эффект снижения сопротивлений будет тем больше, чем меньше (при прочих равных условиях) плотность транспортируемых капсул. Следует также отметить, что подобный результат получен впервые, что в свою очередь рекомендует наиболее эффективное использование полимерных добавок в системах ГКТТ для транспортировки в капсулах сравнительно легких сыпучих грузов (например угля) и высоковязких жидких продуктов (например нефти и нефтепродуктов).



a)



b)

Рис.2 Зависимость удельных гидравлических сопротивлений I от средней скорости потока V при движении капсул на горизонтальных участках трубопровода; 2- капсулы на воде;

a) 3 - поток полиокса/ ПО (0.01 %); 4- капсулы в потоке ПО(0.01 %);

$$\rho_c / \rho_w = 2.7; l_c / D = 16.7; d_c / D = 0.83;$$

b) 3 – поток полиакриламида/ ПА (0.005 %); 4- капсулы в потоке ПА (0.005 %);

$$\rho_c / \rho_w = 7.8; l_c / D = 16.7; d_c / D = 0.83;$$

Здесь l_c, ρ_c, d_c - соответственно длина, плотность и диаметр капсулы; ρ_w - плотность несущей среды; D – диаметр трубопровода.

В заключение рассмотрим вопрос влияния полимерных добавок на общую производительность капсульных гидросистем. Фиксируя в результате экспериментов зависимость средней скорости капсулы от средней скорости потока, можно оценить общий объемный расход (производительность) транспортируемого в капсулах материала. Для обработки полученного экспериментального материала при движении конкретных капсул в различных носителях (включая среды с различными полимерами) удобно использовать полулогарифмическую систему координат. В нашем случае мы использовали натуральный логарифм в качестве ординаты. Характерная зависимость относительной скорости движения капсулы от средней скорости для различных носителей представлена на рис. 3. Здесь V_c - скорость движения капсулы, а V – средняя скорость потока. Как видно из этого рисунка, полученная корреляция может быть аппроксимирована линейной зависимостью, а сама производительность систем ГКТТ остается для заданного режима независимой от характеристик выбранного носителя.

Таким образом, полученные в работе предварительные результаты свидетельствуют о том, что использование в системах ГКТТ полимерных добавок может значительно снизить энергозатраты, при этом производительность такой системы будет оставаться практически постоянной. Данный результат представляет как научный, так и практический интерес. Дальнейшую работу в этом направлении мы видим в поиске тех областей народного хозяйства, где использование напорных и безнапорных систем ГКТТ (с учетом использования различных полимерных добавок) может оказаться наиболее эффективным.

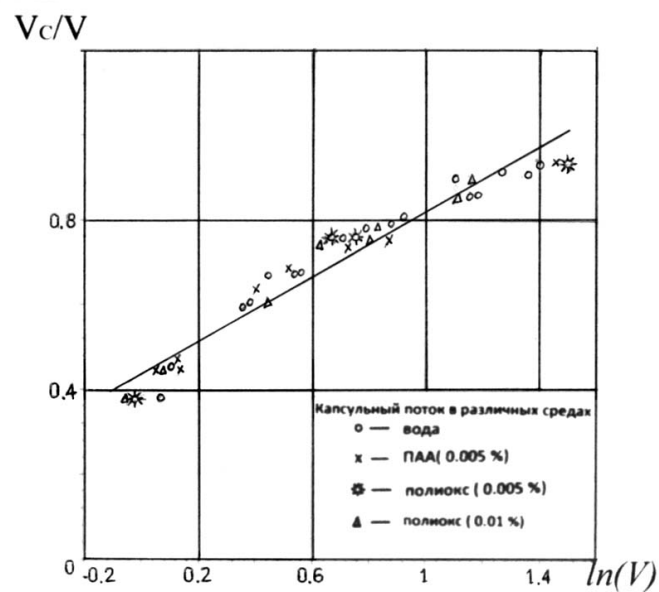


Рис.3 Зависимость относительной скорости движения капсулы V_c/V от средней скорости потока V при $\rho_c/\rho_w = 2.7$; $l_c/D = 16.7$; $d_c/D = 0.83$;

ЛИТЕРАТУРА

1. Берман В.П, Фадейчев В.В. Влияние полимерных добавок на параметры гидротранспорта контейнеров по трубопроводу, Сб. Гидромеханика. - Киев, 1988, № 576 с.66-69
2. P. Vlasak The Toms effect in capsule-liquid flows, Proc. of the 8th Int. Freight Pipeline Society Symposium, Pittsburg (USA), Sept. 1995, 93-98