

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ ПРИ ГИДРОТРАНСПОРТЕ ВОДОУГОЛЬНОЙ СУСПЕНЗИИ

А. И. Федотов, Э.В. Шамсутдинов

*Исследовательский центр проблем энергетики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Казанского научного центра Российской академии наук, д. 2/31, ул. Лобачевского, а/я 190, 420111, г. Казань, Россия
fedotovran@mail.ru, eshamsutd.kazan@mail.ru*

Аннотация

Использование водоугольного суспензионного топлива в различных энергетических установках является на сегодняшний день одним из перспективных направлений. Это вызывает необходимость исследования происходящих процессов и выбор научно-обоснованных эффективных режимов эксплуатации систем транспорта водоугольных суспензионных топлив. В докладе представлены результаты исследований на созданном экспериментальном стенде по исследованию течения водоугольной суспензии в трубах. Представлены зависимости потерь давления от средней скорости потока при различных температурах.

Введение

Использование композиционного органического топлива – водоугольного суспензионного топлива (ВУС) в различных энергетических установках является на сегодняшний день одним из перспективных направлений, которая позволит сократить потребление используемого настоящего время жидкое топливо и природный газ на энергетических объектах [1]. Кроме того, они могут быть использованы там, где нежелательно или нерационально отделять воду, содержащую большое количество угля или другого горючего твердого материала. Однако гидротранспорт ВУС осложнен сильной зависимостью вязкости и стабильности суспензии от ее концентрации, дисперсности и гранулометрического состава угля. Снижение гидравлического напора можно наблюдать не только на сравнительно длинных участках, но и на коротких расстояниях. Это вызывает необходимость исследования происходящих процессов и выбор научно-обоснованных эффективных режимов эксплуатации систем транспорта водоугольных суспензионных топлив.

Основной текст

Для изучения процессов гидротранспорта ВУС создан экспериментальный стенд по исследованию течения водоугольной суспензии в трубах, принципиальная схема которого представлена на рис.1. Порядок работы установки следующий [2]. Водоугольная суспензия из емкости (поз. 1) перистальтическим насосом (поз. 3) подается на рабочий участок (поз. 7) (диаметр трубопровода равен 0,04 м), располагаемый на стапель-установке (поз. 8). Предварительно при помощи термопреобразователя ДТС045-50М.В3.120 (поз. 4) определяется температура ВУС.

Регулирование расхода суспензии производится изменением числа оборотов электродвигателя насоса (поз. 3) при помощи частотного преобразователя (поз. 10). Давление

замеряется на входе и на выходе рабочего участка преобразователем давления ПДИ-100 (поз. 6). Для погашения пульсаций, создаваемых перистальтическим насосом, перед рабочим участком расположена буферная емкость (поз. 5). Предусмотрен нагрев суспензии в блоке нагрева (поз. 9), представляющий собой кожухотрубчатый теплообменник (в трубном пространстве ВУС, в межтрубном – горячая вода). Показания температуры и давления передается на измеритель-регулятор (поз. 11), посредством которого осуществляется определение перепада давления. Шаровые краны (поз. 2) предназначены для слива суспензии в случае необходимости.

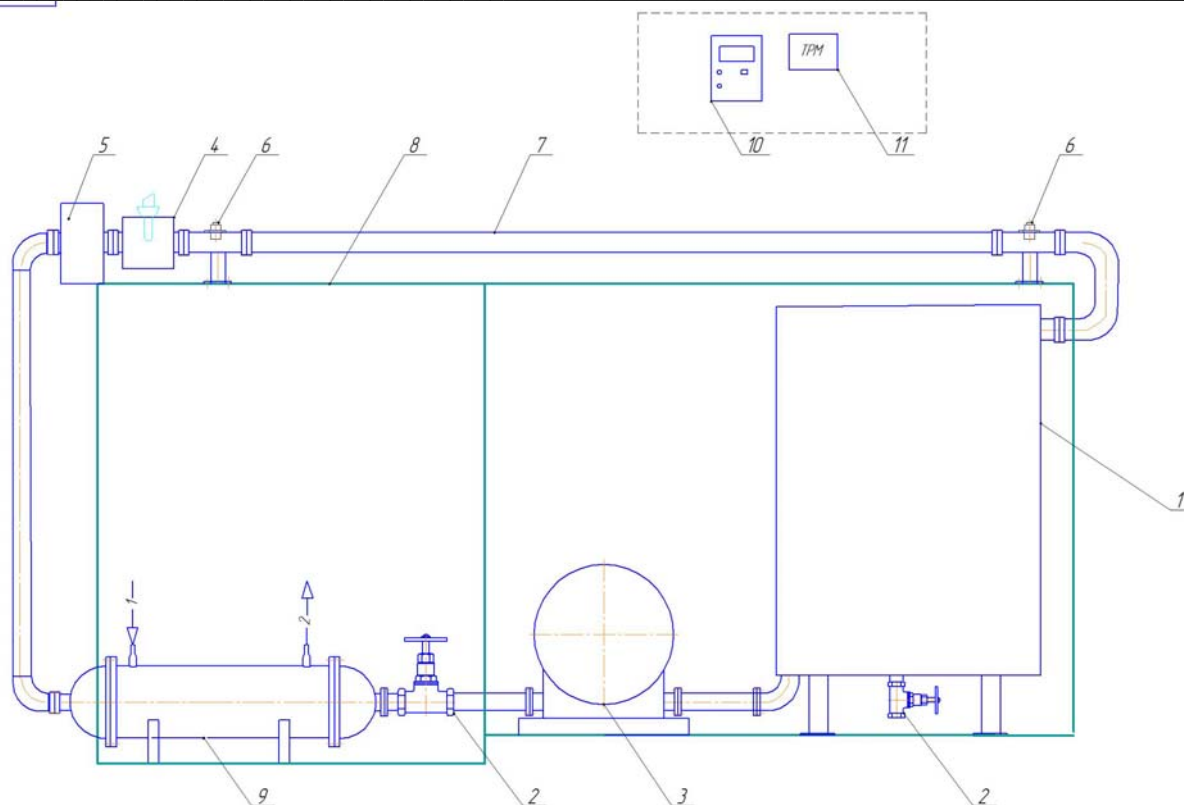


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментального стенда

В ходе эксперимента проводилась оценка влияния изменение температуры суспензии и угла наклона трубопровода (от 0^0 до 45^0 , шаг 15^0) на перепад давления. Экспериментальное исследование проводилось для 50% водоугольной суспензии. Температура суспензии t изменялась в диапазоне от 30 до 60^0C , который обусловлен возможными эксплуатационными параметрами. Контроль температуры производился термопреобразователем установленным перед рабочим участком. Потери давления регистрировались преобразователями давления. Варьируемые в ходе эксперимента параметры приведены в таблице 1.

Таблица 1

Диапазон изменения варьируемых параметров	
Параметр	Диапазон изменения
Расход, $Q \text{ м}^3/\text{ч}$	0,38-2,1
Скорость, $v \text{ м/с}$	0,084-0,46
Re	48,8-900
Температура, $t \text{ }^0\text{C}$	30-60
Вязкость, $\mu \text{ Па}\cdot\text{с}$	0,015-0,55

Выбор диапазонов параметров обусловлен возможными эксплуатационными параметрами в пределах котельного цеха или в летний период времени для магистральных трубопроводов. Результаты экспериментальных исследований для горизонтального трубопровода, представленные в виде зависимостей потерь давления от скорости ВУС, приведены на рис.2

Из рис. 2 видно, что при температурах $t=30^{\circ}\text{C}$ и 40°C рост потерь давления прямо пропорционален увеличению скорости потока. При дальнейшем увеличении температуры ВУС потери давления с увеличением скорости потока также возрастают, однако кривая изменения из линейного вида приобретает гармонический характер с минимальными и максимальными значениями (при $t=50^{\circ}\text{C}$ $v=0,08\text{ м/с}$ и $0,45\text{ м/с}$; при $t=60^{\circ}\text{C}$ $v=0,4\text{ м/с}$ и $0,36\text{ м/с}$ соответственно).

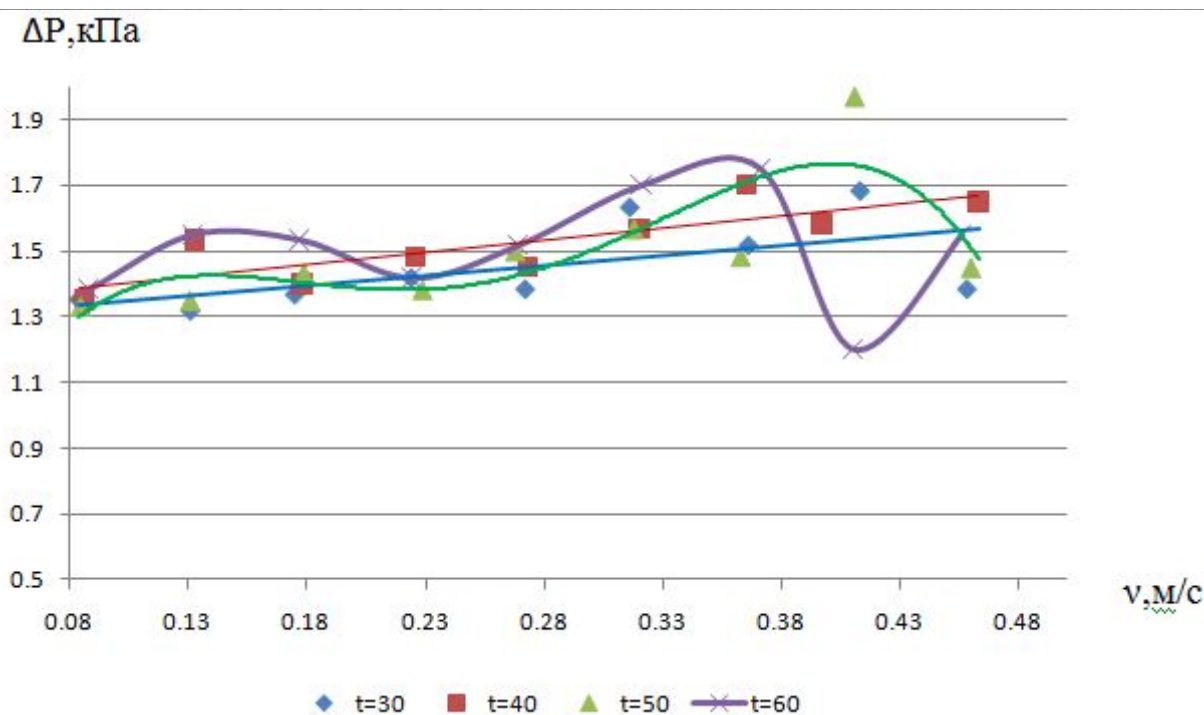


Рис.2 Зависимость потерь давления от скорости ВУС в горизонтальном трубопроводе

На рисунках 3 – 6 представлены зависимости перепада давления от скорости ВУС при различных углах наклона трубопровода для различных значений температуры ВУС.

Из рисунка 3 (при $t=30^{\circ}\text{C}$) видно, что для всех углов наклона трубопровода с увеличением средней скорости потока происходит линейный рост перепада давления. Из последующих графиков (рисунки 4 -6 для $t=40^{\circ}\text{C}$, $t=50^{\circ}\text{C}$ и $t=60^{\circ}\text{C}$ соответственно) видно, что независимо от температуры ВУС поведение кривых не изменяется. Повышение температуры сказывается, главным образом, на скорости изменения градиента давления. С увеличением температуры среды он снижается и графики имеют более «пологий» характер.

В ряде случаев (при $t=30^{\circ}\text{C}$ и угле наклона 15° градусов; при $t=40^{\circ}\text{C}$ и угле наклона 30° градусов; при $t=50^{\circ}\text{C}$ и угле наклона 15° градусов; при $t=60^{\circ}\text{C}$ во всем диапазоне изменения угле наклона) перепад давления остается практически неизменным. На наш взгляд это объясняется сильным влиянием температуры среды на ее вязкость.

$\Delta P, \text{кПа}$

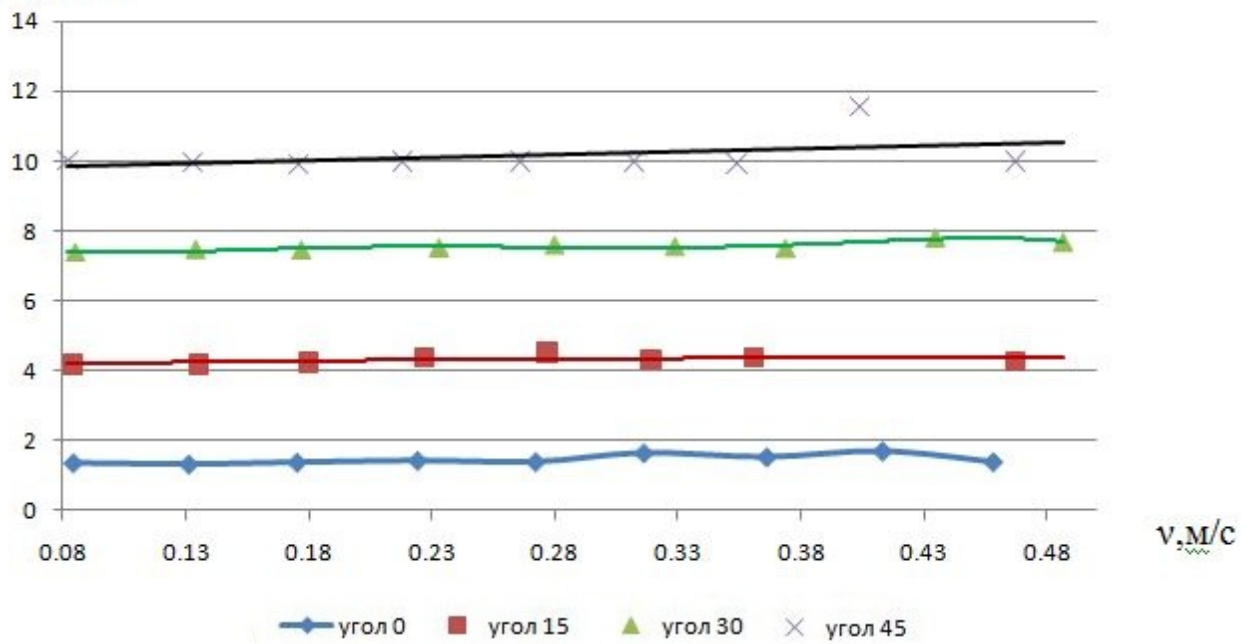


Рис.3 Зависимость потерь давления от скорости ВУС в наклонном трубопроводе при $t=30^{\circ}\text{C}$

$\Delta P, \text{кПа}$

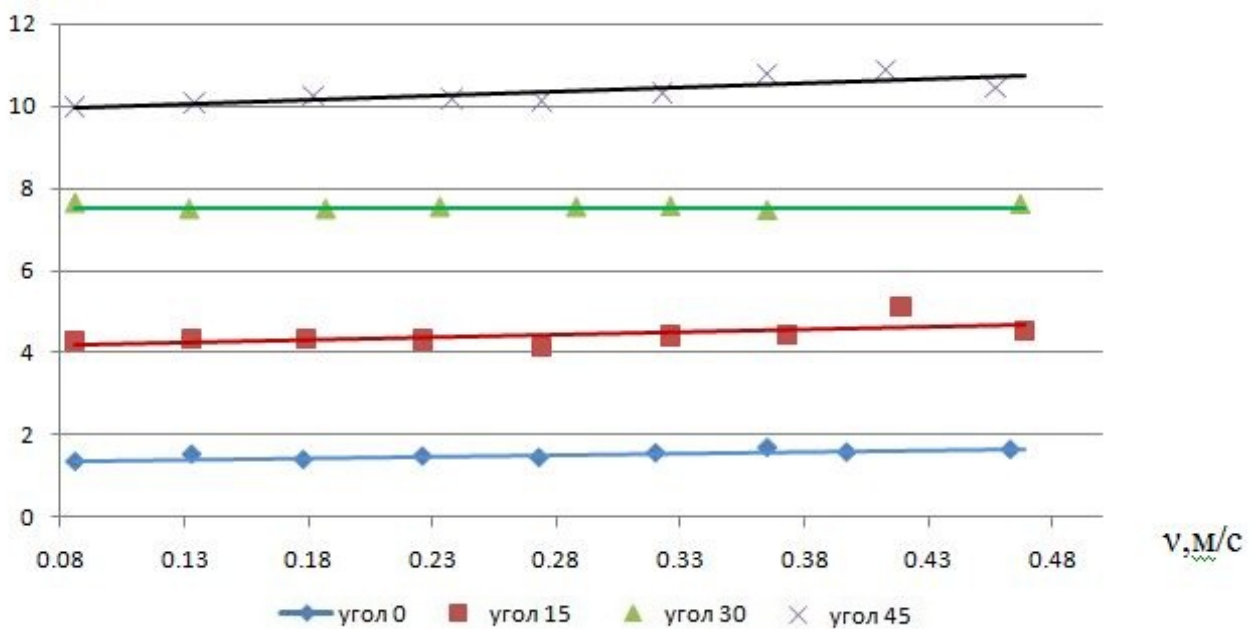


Рис.4 Зависимость потерь давления от скорости ВУС в наклонном трубопроводе при $t=40^{\circ}\text{C}$

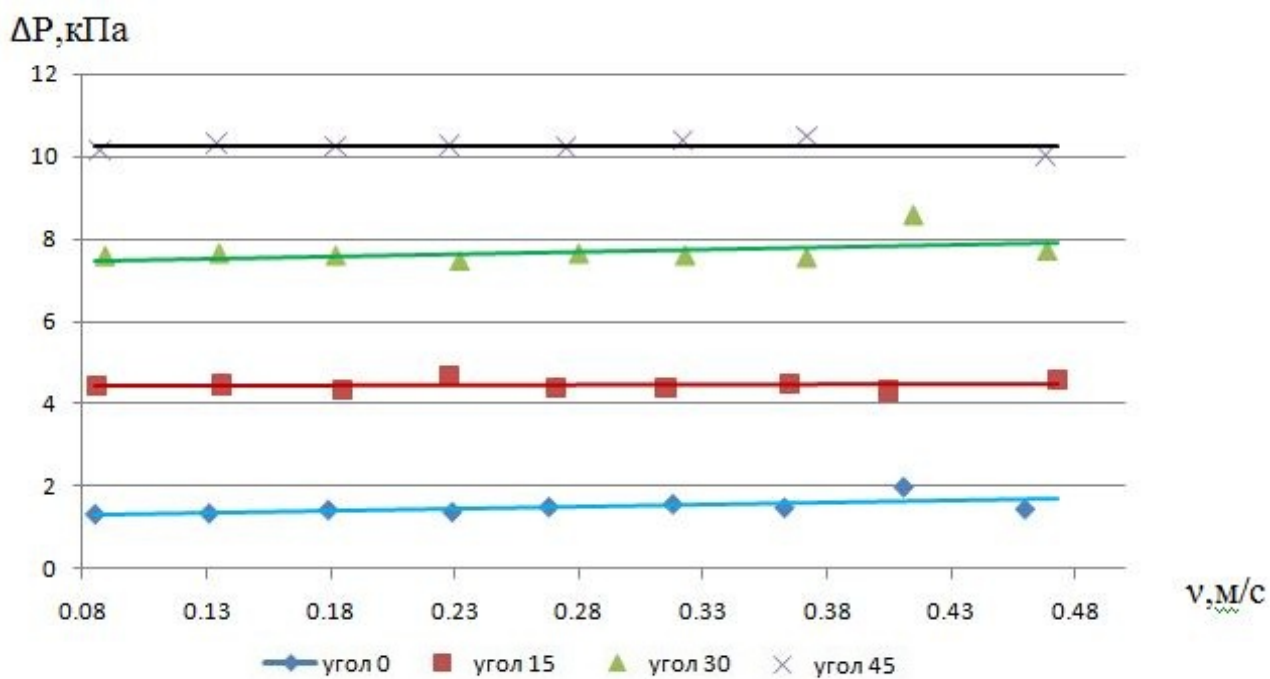


Рис.5 Зависимость потерь давления от скорости ВУС в наклонном трубопроводе при $t=50^\circ\text{C}$

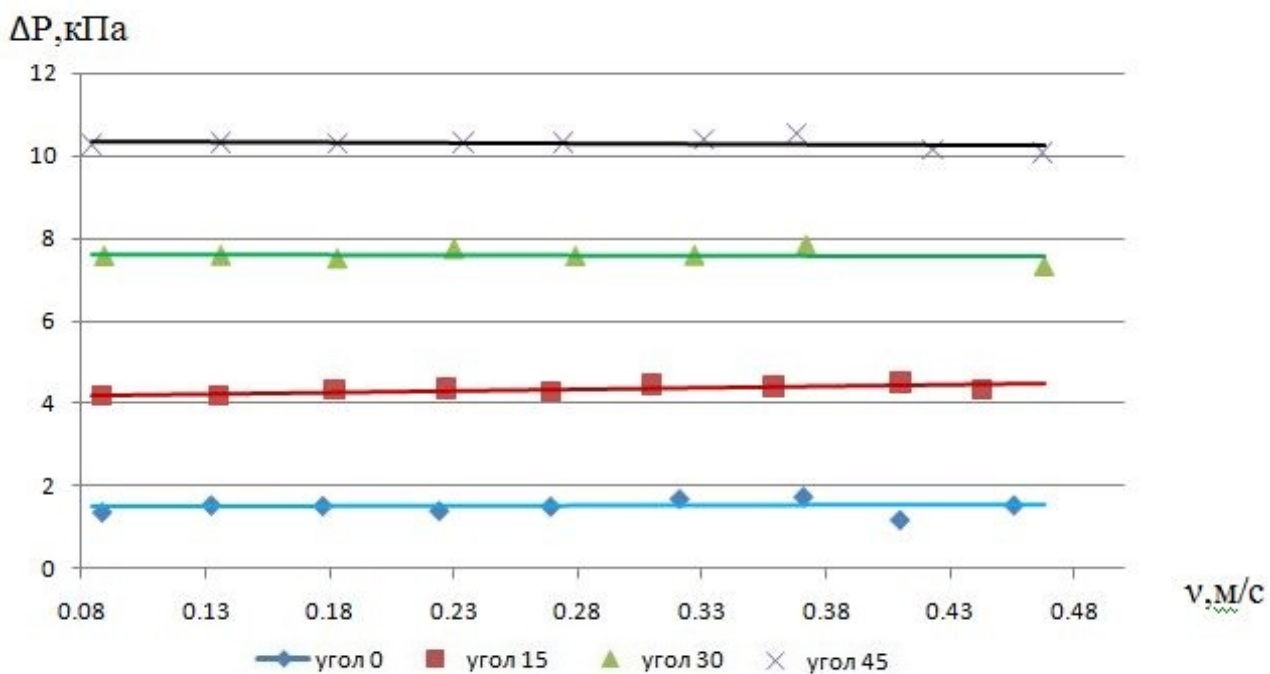


Рис.6 Зависимость потерь давления от скорости ВУС в наклонном трубопроводе при $t=60^\circ\text{C}$

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что зависимость перепада давления от средней скорости потока при гидротранспорте ВУС значительно зависит как от температуры суспензии, так и от условий ее гидротранспорта. Исследование в этом направлении планируется продолжить. Полученные экспериментальные данные в дальнейшем планируется использовать для получения среднего коэффициента сопротивления на стабилизированном участке течения ВУС в трубах.

Литература

1. Ходаков Г.С. Водугольные суспензии в энергетике // Теплоэнергетика. 2007. № 1. С. 35-45.

2. Федотов А.И., Гильманов Р.М., Нигматуллин Р.М., Шамсутдинов Э.В., Мингалеева Г.Р. Разработка экспериментального стенда для исследования процесса транспортирования водугольной суспензии // Труды Академэнерго. 2010. № 3. С. 26-37.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (госконтракты №02.740.11.0753, №02.740.11.0685, №П1014 в рамках реализации ФЦП “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” на 2009-2013 годы) м РФФИ (гранты №12-08-97041-р_поволжье_a, №12-08-97055-р_поволжье_a)