

УДК 532.528

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ РАСТВОРОВ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Карпенчук И.В., к.т.н., доцент,
Лосик С.А.

Рассмотрена возможность использования растворов высокомолекулярных полимеров в пожарной практике. Представлена конструкция гидродинамического экспериментального стенда по исследованию движения по трубам неньютоновских жидкостей при развитом турбулентном режиме. Получены экспериментальные значения коэффициента гидравлического трения. Проведен сравнительный анализ и сопоставление полученных результатов с данными отечественных и зарубежных исследований.

Использование эффекта снижения гидродинамического сопротивления высокомолекулярными добавками в практике пожаротушения является на сегодня перспективной и актуальной задачей. Снижение гидродинамического сопротивления стационарных систем пожаротушения приводит к увеличению пропускной способности и снижению их материалоемкости. Применение высокомолекулярных добавок в насосно-рукавных системах также увеличивает их пропускную способность, снижает потери давления в рукавной линии, позволяет увеличить рабочее давление перед стволом и дальность действия подаваемой струи.

С целью исследования закономерностей течения рассматриваемых растворов разработан и создан гидродинамический стенд, схема которого представлена на рис.1.

Гидродинамический стенд состоит из электронасосного агрегата 1, рабочего участка трубопровода 2, дифференциального манометра 3, дроссельных колодок 4 и 5, регулирующего дросселя 6, гидробака 7 и обратной магистрали 8.

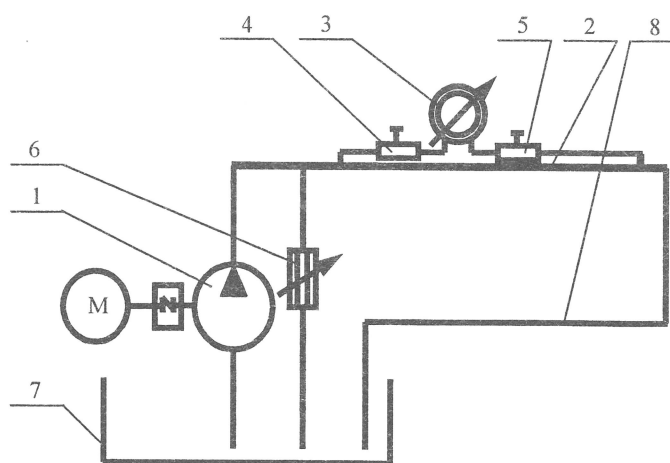


Рис. 1. Схема гидродинамического стенда

Гидродинамический стенд работает следующим образом. Исследуемый раствор электронасосным агрегатом 1 из гидробака 7 подается через нагнетательную магистраль на рабочий участок 2 и по обратной магистрали 8 возвращается в гидробак. Изменение скорости и расхода в рабочем участке трубопровода осуществляется с помощью регулирующего дросселя 6, установленного на байпасной линии (т.е. часть расхода может сбрасываться в гидробак). Измерение потерь давления на рабочем участке производится с помощью дифференциального манометра 3. Чтобы исключить пульсацию давления, подключение дифференциального манометра осуществлено через дроссельные колодки 4 и 5, которые исключают перепады давления в гидросистеме при измерении.

Коэффициент гидравлического трения на рабочем участке определяется по формуле Дарси-Вейсбаха

$$\lambda = \frac{\Delta p}{l \frac{\rho v^2}{d}}, \quad (1)$$

где Δp – потери давления по дифференциальному манометру;

l – длина рабочего участка;

d – диаметр рабочего участка;

v – скорость течения на контрольном рабочем участке.

Экспериментальные значения коэффициента гидравлического трения сравнивались с теоретическими, подсчитанными по ранее полученной зависимости для неньютоновских жидкостей, подчиняющихся степенному реологическому закону [1]

$$\lambda = \left(\frac{6n+1}{2n} \right)^{2n} \frac{8k}{\rho g^{2(1-n)} r^{2n}}, \quad (2)$$

где n – показатель неньютоновского поведения жидкости [2];

k – степень консистенции, зависящей от вязкости;

r – радиус трубопровода контрольного рабочего участка.

Эффективность снижения гидродинамического сопротивления определяется в зависимости от концентрации растворов $\Xi = f(C)$ по формуле

$$\Xi = \frac{\lambda_a - \lambda_p}{\lambda_a} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где $\lambda_в$ – коэффициент гидравлического трения для воды;
 λ_p – коэффициент гидравлического трения для раствора.

Для определения применимости теоретических результатов [1] и гидродинамических характеристик экспериментального стенда строилась зависимость $\lambda = f(Re')$, где Re' - обобщенный критерий Рейнольдса,

$$Re' = \frac{d^n g^{2-n} \rho}{k 8^{n-1}} \quad (4)$$

и сравнивалась с зависимостями по формуле (2), построенными по [4] и по данным БПИ [6] при течении растворов полиэтиленоксида различной концентрации в трубе (рис. 2). Максимальное отклонение расчетных и экспериментальных данных в пределах $Re' = 1000 - 6000$ от данных Доджа – Метцнера и БПИ не превышает 9%.

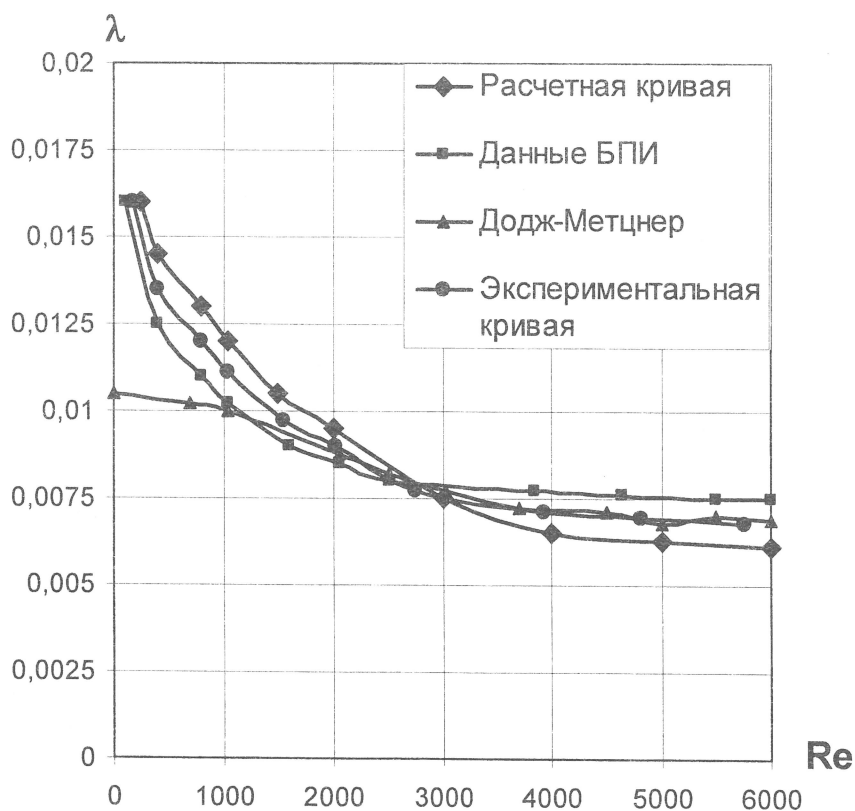


Рис. 2. Зависимости расчетных и экспериментальных данных

Таким образом, разработанный стенд позволяет экспериментально исследовать течение растворов высокомолекулярных полимеров и растворов пенообразователей в пределах рабочих режимов их движения в системах пожаротушения с целью использования результатов при снижении гидродинамического сопротивления и для повышения эффективности работы. Полученные результаты доказывают применимость теоретических разработок [1] для расчета гидродинамических параметров при течении по трубам и рукавным системам неньютоновских жидкостей, подчиняющихся степенному реологическому закону при турбулентном движении.

ЛИТЕРАТУРА

1. И.В. Карпенчук, С.А. Лосик «Турбулентное движение по трубам и рукавным системам неньютоновских жидкостей, подчиняющихся степенному реологическому закону», НИИ ПБ и ПЧС, журнал «ЧС: предупреждение и ликвидация» №6 (16), 2004.
2. Уилкинсон У.Л. Неньютоновские жидкости. – М.: Мир, 1964.
3. Рабинович Е.З. Гидравлика. Учебное пособие для вузов. – М.: Недра, 1980, 278 с.
4. Dodge D.M., Metzner A.B. *Reologica Acta*, 205, (August, 1958).
5. Одельский Э.Х. Методические указания по гидродинамике структурно-вязких сред (неньютоновские жидкости). – Мн.: БПИ, 1969.
6. Теоретические и экспериментальные исследования перспективных систем снижения гидродинамического сопротивления и создание инженерных методов расчета параметров пограничного слоя при их использовании. Пурис Б.И., Козлов Д.А., Карпенчук И.В. и др. – Отчет ИТМО АН БССР, инв. № 1121, 1981.