

ПРОКАЧКА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ В КОАКСИАЛЬНЫХ ТРУБАХ

*Институт прикладной физики АН РМ,
ул. Академией, 5, г. Кишинев, MD-2028, Республика Молдова*

Известны различные конструкции ЭГД-насосов [1–4], причем особенности каждой из них продиктованы условиями применения насоса – электрофизическими свойствами прокачиваемой среды, обеспечением режимных параметров, например малых расходов и больших напоров, а также геометрией устройства, в которое встроены насос. В данной работе приведены результаты исследования характеристик ЭГД-насоса с кольцеобразными электродами (рис. 1), являющегося модификацией трехэлектродной системы [3].

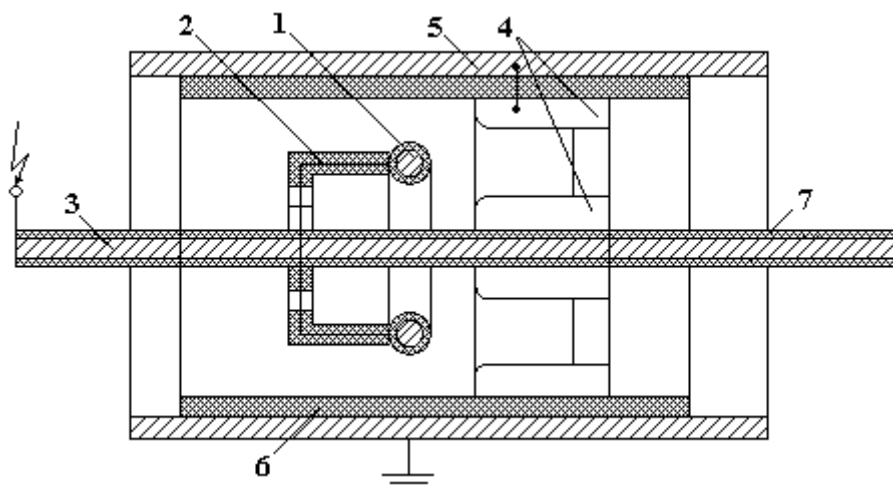


Рис. 1. Схема электрогидродинамического насоса

Эмиттер 1 представляет собой электропроводящее кольцо с перфорированным изоляционным покрытием, укрепленное на оправе 2 и соединенное с соосным высоковольтным электродом 3. Коллектор 4, выполненный в виде кольцевого зазора, имеет электрический контакт с трубой 5. При этом эмиттер электроизолирован трубкой 6 от трубы 5, а коллектор – от высоковольтной проволоки 3 трубкой 7. В качестве изоляционного материала использовался фторопласт. ЭГД-насос устанавливался в кольцевом зазоре между трубой и высоковольтным электродом 3.

Измерение напорно-расходной характеристики проводилось с использованием емкости, в которую помещался насос. Выходной патрубок насоса соединялся с измерительной ячейкой. По времени заполнения ячейки и ее объему рассчитывался объемный расход рабочего вещества. Одновременно регистрировалась разность уровней рабочего вещества в пьезометре, соединенном с выходом насоса и сосуда. По высоте столба и плотности жидкости определялась напорная характеристика насоса. Гидродинамической составляющей напора пренебрегали ввиду малой скорости прокачки по сравнению с гидростатической.

В качестве рабочих жидкостей использовались фреон-113, смесь фреон-113 – ацетон (~1%), керосин и трансформаторное масло.

На рис. 2–6 представлены напорные и расходные характеристики ЭГД-насоса в зависимости от подаваемой разности потенциалов φ . С увеличением потенциала φ растет высота столба H иссле-

дуемой жидкости в пьезометре (рис. 2), что свидетельствует об увеличении напорной характеристики насоса. С ростом разности потенциалов φ между электродами возрастает плотность объемных зарядов в рабочей среде и, как следствие, улучшаются характеристики насоса.

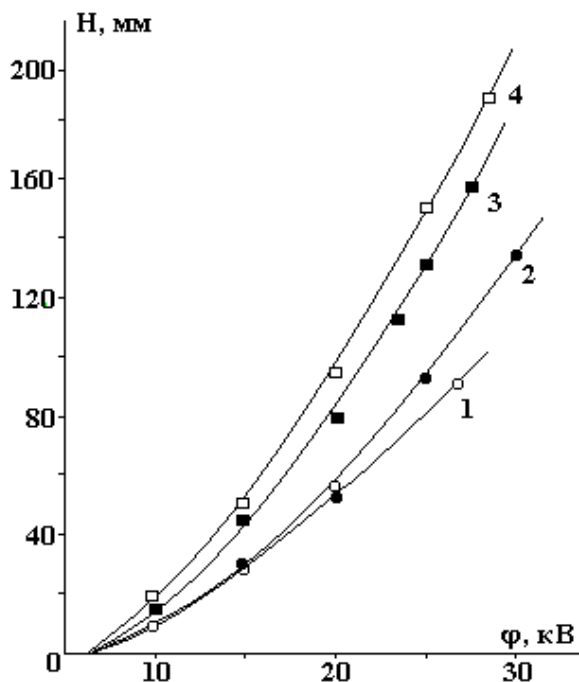


Рис. 2. Зависимость напора, создаваемого ЭГД-насосом, от разности потенциалов на электродах. 1 – фреон-113; 2 – фреон-113-ацетон (~ 1%); 3 – керосин; 4 – трансформаторное масло, $\nu = 0$

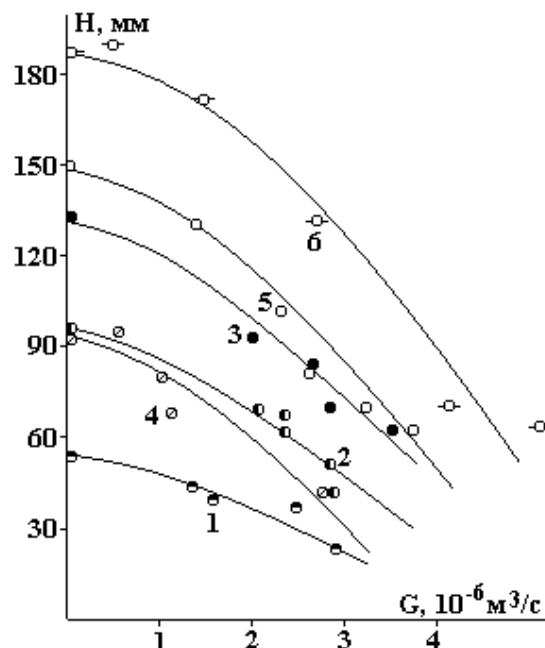


Рис. 3. Напорно-расходная характеристика. 1–3 – фреон-113-ацетон (~ 1%); 4–6 – керосин. φ , кВ: 1, 4 – 20; 2, 5 – 25; 3, 6 – 28

Наблюдается снижение напора H с повышением расхода G (рис. 3). С изменением аргумента $\varepsilon\varphi^2$ в сторону больших значений давление (напор) P практически увеличивается по линейному закону (рис. 4).

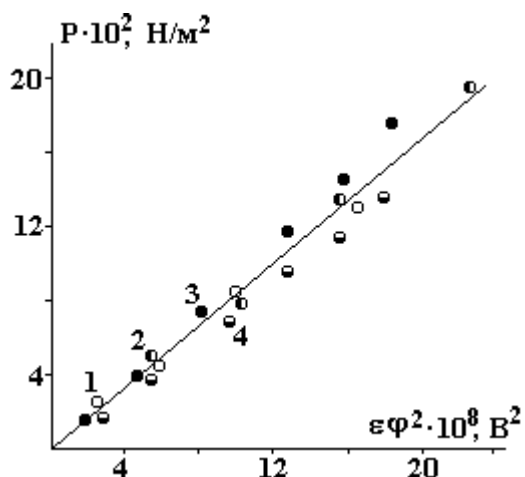


Рис. 4. Зависимость напора от комплекса $\varepsilon\varphi^2$. 1 – фреон-113; 2 – фреон-113-ацетон (~ 1%); 3 – керосин; 4 – трансформаторное масло

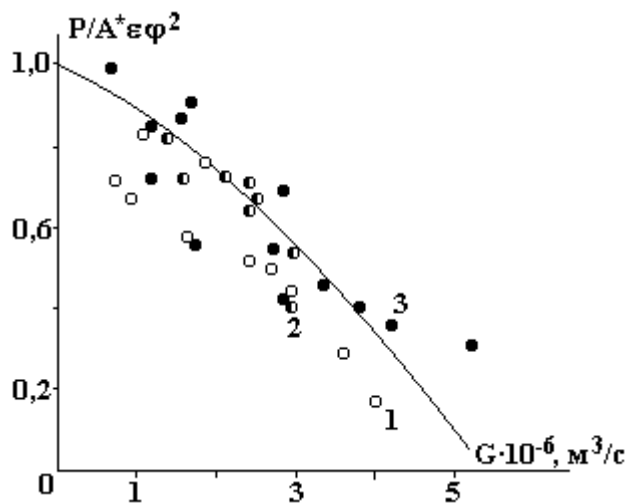


Рис. 5. Напорно-расходная характеристика. 1 – фреон-113; 2 – фреон-113-ацетон (~ 1%); 3 – керосин

Известно выражение для определения напора и расхода электрогидродинамического насоса типа “плоскость–плоскость” [5]:

$$P = A\left[1 - \exp\left(-\frac{1}{B\nu}\right)\right] - C\nu^2, \quad (1)$$

где A, B, C – параметры насоса:

$$A = 2 \frac{k-1}{k+1} \varepsilon_0 E_{cp}^2; \quad B = \frac{\tau}{l}; \quad C = \xi \frac{\gamma}{2};$$

ξ – коэффициент гидравлического сопротивления; τ – время релаксации зарядов; l – межэлектродное расстояние; γ – плотность рабочей жидкости; ε_0 – электрическая постоянная; v – скорость прокачки рабочей жидкости в насосе.

Полагая справедливость структуры выражения (1) для представленного насоса, определим из опытов коэффициенты A , B и C .

Для исследованного насоса коэффициент k , представляющий собой отношение электропроводности на эмиттере к электропроводности на коллекторе, достаточно высокий. Поэтому при $\frac{k-1}{k+1} \ll 1$ k является постоянной величиной для любых веществ, так как происходит полная электризация рабочей среды в межэлектродном промежутке. Напряженность поля определяется отношением разности потенциалов к межэлектродному расстоянию, которое для разных конструкций электрогидродинамического насоса будет различным:

$$E_{cp}^2 = \frac{\Phi^2}{l_{cp}^2}, \quad (2)$$

множитель $2 \frac{k-1}{k+1} \varepsilon_0 \varepsilon E_{cp}^2$ заменим выражением $A^* \varepsilon \Phi^2$, где $A^* = 2 \frac{k-1}{k+1} \frac{\varepsilon_0}{l_{cp}^2}$.

Следуя той методике, преобразуем и остальные члены выражения (1). Получим зависимость для напора и расхода электрогидродинамического насоса следующего вида:

$$P = A^* \varepsilon \Phi^2 \left[1 - \exp\left(-\frac{BI}{\varepsilon \Phi G}\right) \right] - C \gamma G^2, \quad \text{Н/м}^2; \quad (3)$$

где G – расход рабочей жидкости, м³/с; I – сила электрического тока, А; ε – диэлектрическая проницаемость жидкости.

Параметр A^* находится из условия $G = 0$:

$$P_{\max} = A^* \varepsilon \Phi^2 = P_{\text{стат}} \Rightarrow A^* = \frac{P_{\text{стат}}}{\varepsilon \Phi^2},$$

где $P_{\text{стат}}$ – статический напор, Н/м².

Константы C и B определяются по методу последовательных приближений.

Поскольку величина $[1 - \exp(-BI/\varepsilon \Phi G)]$ слабо зависит от расхода G и близка к единице, то C находится при больших значениях расхода G , когда член $C \gamma G^2$ большой. Тогда, пренебрегая $\exp(-BI/\varepsilon \Phi G)$, получаем

$$P \cong A^* \varepsilon P^2 - C \gamma G^2. \quad (4)$$

Подставив экспериментальные данные (в частности, из рис. 3) в выражение (4), определим значение константы C . Постоянная B определяется при малых значениях расхода G и найденном значении C из уравнения (3). Аналогично проводим следующее приближение, пока не достигнем удовлетворительного совпадения экспериментальных данных с зависимостью (3).

Для рассматриваемого насоса параметры A^* , B и C составляют соответственно $8,5 \cdot 10^{-7}$ кгм/(с²·В²); $2,48 \cdot 10^5$ кгм/(с⁴·А²); $2,85 \cdot 10^{10}$ м⁻⁴. При этих значениях A^* , B и C расчетное соотношение (3) для напора и расхода электрогидродинамического насоса удовлетворительно совпадает с экспериментальными данными (рис. 4 и 5).

Таким образом, результаты исследования показывают, что ЭГД-насос “перфорированное кольцо-труба”, обладает необходимой производительностью для прокачивания рабочей среды. При этом его характеристики могут быть рассчитаны по формуле (3).

ЛИТЕРАТУРА

1. Рубашов И.Б., Бортников Ю.С. Электрогазодинамика. М., 1971.
2. Стишков Ю.К., Остапенко А.А. Электрогидродинамические течения в жидких диэлектриках. Л., 1989.
3. Bologa M.K., Kozhevnikov I.V., Kozhukhar I.A., Motorin O.V. The Effect of Electrical Field Parameters, Medium Properties and Characteristics // Annual Report of Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Kitchener, ON, Canada, October 14-17. 2001. V. 1. P. 532–535.

4. *Kojevnicov I.V., Bologa M.K., Motorin O.V.* EHD-Pump Characteristics optimization // Annual Report of Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena Hyatt Regency Cancun, Quinta Roo, Mexico, October 20-24, 2002.

5. *Кожухарь И.А., Болога М.К., Малахов А.В.* Некоторые методы расчета электрогидродинамического насоса // Электронная обработка материалов. 1982. № 5. С. 74–75.

Поступила 18.01.05

Summary

Results of investigation of electrohydrodynamical pump "perforated ring-tube" are reported. Pressure-flow rate characteristics of the pump in the various dielectric media are obtained. Formulas for pressure-flow rate characteristics calculation, which are in a good agreement with experiment, are proposed.

Н.В. Полищук, И.М. Панченко*, М.С. Панченко, А.С. Мосиевич, А.Л. Панасюк

ЭНЕРГОГРАММЫ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ СУШКИ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОГО ТЕЛА В СИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ

*Ровенский государственный гуманитарный университет,
ул. Бандеры, 12, г. Ровно, 33028, Украина*

**Европейский университет финансов, информационных систем,
менеджмента и бизнеса
ул. Киевская 64Б, г. Ровно, 33028, Украина*

Сушка является одним из трудоемких технологических процессов и достаточно широко распространена в народном хозяйстве каждой страны. На сушку с использованием тепла расходуется около 25% мировых энергоресурсов. Поэтому повышение эффективности сушки позволяет обеспечить интенсификацию производства, улучшение качества продукции, сокращение расходов топлива и энергии, снижение затрат обслуживания, охрану окружающей среды от вредных выбросов теплосушильных установок.

Как показывает практика последних лет, наиболее перспективными по влиянию на процесс сушки становятся электрические поля (ЭП). Существенно, что по сравнению с ИКС, СВЧ, электроконтактными, тепловыми и другими методами сушки, применение постоянных и промышленной частоты переменных ЭП значительно снижает потери энергии. Последнее делает сушку с прямым использованием энергии этих полей особенно экономной и эффективной [1]. В доразрядном неоднородном электрическом поле (НЭП) во влажное тело вводится незначительное количество энергии и поэтому его интенсифицирующее воздействие слабое. Следовательно, необходимо вводить большие потоки энергии в сушимые капиллярно-пористые тела (КПТ) с помощью разрядных НЭП. Для их создания требуется в сравнении с энергоемкой СВЧ-сушкой с использованием сложных и дорогостоящих генераторов, резонаторов и волноводов очень простое аппаратное оформление – источник высокого напряжения и электроды, как правило, в виде острие – плоскость, между которыми размещается сушимый материал. На него при атмосферном давлении воздействует либо низкотемпературная плазма коронного разряда (КР), либо высокотемпературная плазма искрового разряда (ИР). Использование этих газовых разрядов относится к области электронно-ионных технологий (ЭИТ). Отметим, что высокоинтенсивная СВЧ-сушка требует затрат электроэнергии на удаление из КПТ 1 кг влаги, чем традиционные в несколько раз больше методы сушки.

© Полищук Н.В., Панченко И.М., Панченко М.С., Мосиевич А.С., Панасюк А.Л., Электронная обработка материалов, 2005, № 3, С. 58–69.