

ПЕРЕКАЧКА СЛАБОПРОВОДЯЩИХ ЖИДКОСТЕЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

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

Известно, что при электрогидродинамической перекачке слабопроводящих жидкостей и дисперсных систем основными силами являются кулоновские и силы неоднородного поля. Тенденции развития электрогидродинамических (ЭГД) перекачивающих устройств направлены на разработку методов и приемов, при которых указанные силы имеют максимальное значение.

В работах [1, 2] экспериментально и теоретически обоснованы условия и механизмы формирования максимального заряда в слабопроводящей жидкости. На основе этих результатов предложен способ перекачки слабопроводящих жидкостей в электрическом поле и устройство для его осуществления [3], которые могут быть применены для перекачки нефти, масел, эмульсий и суспензий на их основе.

В более ранних разработках авторов по перекачке высокоомных жидкостей в электрическом поле основными элементами являются электроды различной полярности и геометрической формы, расположенные в перекачиваемой жидкости.

В наиболее близком из известных к способу [3] для улучшения напорно-расходных характеристик предложено проводить предварительную зарядку высокоомной жидкости как с одновременным силовым воздействием поля, так и после предварительной ее зарядки. Недостатками известных способов и устройств является их низкие коэффициент полезного действия и эффективность.

Повышение напорно-расходных характеристик в предлагаемом способе достигается предварительной зарядкой жидкости в воздухе переменным напряжением с частично срезанным положительным полупериодом, а прокачка жидкости осуществляется в постоянном по направлению, переменном по величине электрическом поле высокой частоты, при сохраняющемся максимальном объемном заряде жидкости.

В зарядном устройстве, состоящем из диэлектрической камеры, инжектирующие электроды соединены с источником переменного напряжения, в цепь положительной ветви которого включен переменный RC контур; противоэлектрод расположен под дном диэлектрической камеры. Прокачивающее устройство выполнено в виде конического диэлектрического канала, на наружной поверхности которого расположен электрод, соединенный с источником постоянного по направлению, переменного по величине напряжения высокой частоты, а внутри канала в концевой части по центру расположен изолированный противоэлектрод.

Параметры способа и устройства обоснованы в [1]. На рис. 1 схематически представлена ступень ЭГД насоса, содержащая зарядное 1 и прокачивающее устройство 2, диэлектрический вентиль 3, источник высокого напряжения 4 с контуром RC 5 в положительной ветви высокого напряжения и высокочастотный источник напряжения 6.

Устройство для предварительной зарядки (рис. 2) содержит диэлектрический корпус 7, подводящий 8 и отводящий 9 диэлектрические патрубки, регулятор уровня 10, инжектирующие электроды 11 (иглы, шипы, лезвия и т.д.) и противоэлектрод 12.

Прокачивающее устройство (рис. 3) содержит диэлектрический корпус 13 конической формы с электродом 14, расположенным на наружной поверхности корпуса, внутри канала расположен противоэлектрод 15 с диэлектрическим покрытием. Слабопроводящая жидкость поступает из резервуара в устройство 1 (рис. 1) для предварительной зарядки, где ее заряжают до максимального заряда переменным напряжением с частично срезанным положительным полупериодом и подают в устройство 2 на прокачку постоянным по направлению, переменным по величине неоднородным электрическим полем высокой частоты.

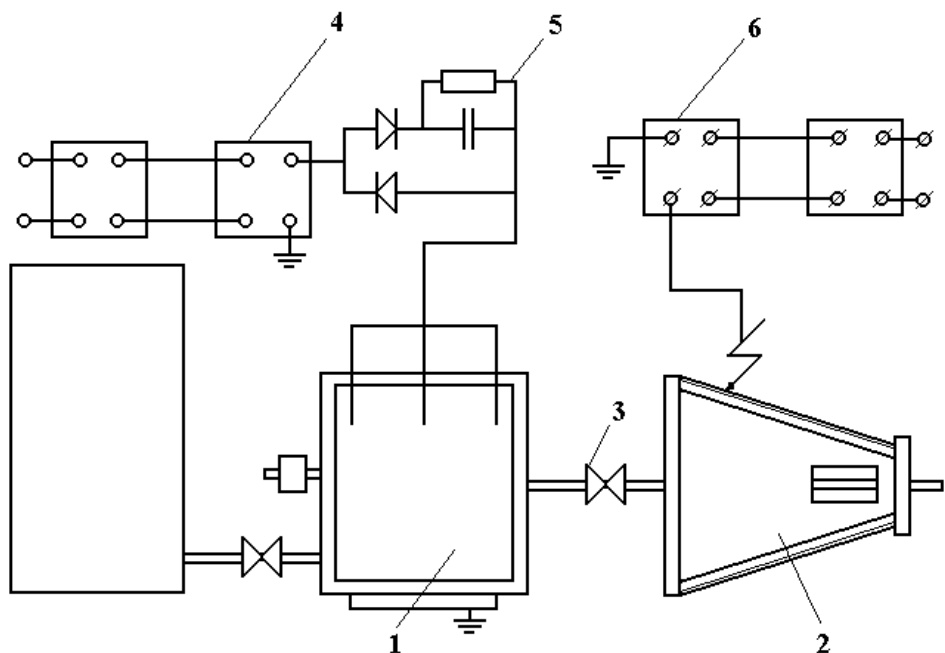


Рис. 1. Схема ЭГД-насоса.

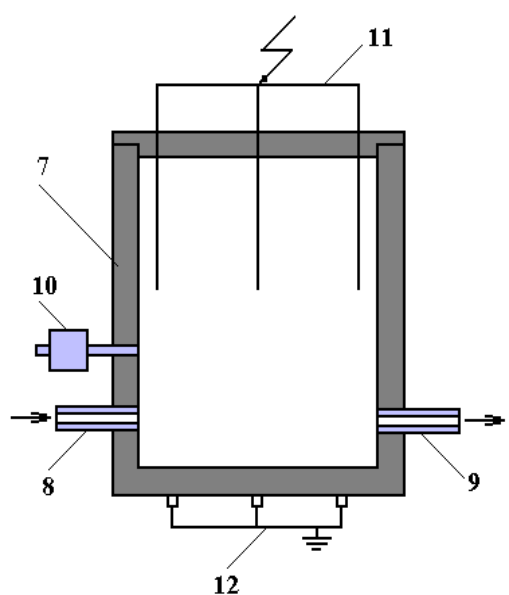


Рис. 2. Схема зарядного устройства.

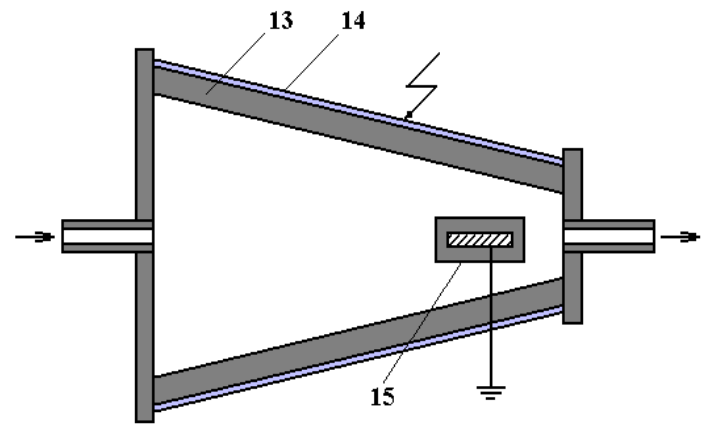


Рис. 3. Схема прокачивающего устройства.

Из резервуара жидкость поступает в зарядное устройство, в котором с помощью регулятора уровня поддерживают постоянный уровень, чтобы инжектирующие электроды не касались жидкости. На высоковольтные электроды подают переменное напряжение с частично срезанным RC контуром положительным полупериодом. Жидкость заряжается до максимального заряда, затем поступает в прокачивающее устройство, где под действием электрического поля приобретает ускорение.

При условии, что заряд практически не релаксирует в электрическом поле прокачивающего устройства только за счет кулоновской силы, пренебрегая силой вязкого трения, ввиду малости, жидкость приобретает ускорение $a = \rho E / \gamma = 13 \text{ м/с}^2$ при $E = 3 \cdot 10^5 \text{ В/м}$.

Время релаксации заряда при прокачке жидкости с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 2,5$, удельной электропроводностью материала корпуса прокачивающего устройства $\sigma = 10^{-16} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$, $\tau \sim 2,2 \cdot 10^5 \text{ с}$, то есть заряд практически не релаксирует.

Рассчитаем расходно-напорные характеристики ЭГД насоса с предварительной зарядкой при трех напряженностях поля:

$$E_1 = 0,5 \cdot 10^5; E_2 = 3 \cdot 10^5; E_3 = 10^6 \text{ В/м.}$$

Пренебрегая силами неоднородного поля и вязкого трения, ускорения жидкости на выходе из прокачивающего устройства длиной 10 см и диаметром выходного отверстия 10^{-2} м равны:

$a_1 = 2,3; a_2 = 13,5; a_3 = 45 \text{ м/с}^2$ при максимальной плотности заряда $\rho = 3,6 \cdot 10^{-2} \text{ Кл/м}^3$ и плотности жидкости $\gamma = 8 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3$.

Скорость жидкости на выходе из прокачивающего устройства составляет

$$v_1 = 0,68; v_2 = 1,65; v_3 = 3 \text{ м/с;}$$

и соответственно расходы жидкости равны:

$$Q_1 = 2,1 \cdot 10^{-4}; Q_2 = 5,2 \cdot 10^{-4}; Q_3 = 9,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с.}$$

Напоры жидкости в прокачивающем устройстве с внутренним объемом $V = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ составляют:

$$P_1 = 2,3 \cdot 10^3; P_2 = 1,4 \cdot 10^4; P_3 = 4,6 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2.$$

Следовательно, по сравнению, например, с [7] создаваемый напор жидкости выше на 2–3 порядка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болога М.К., Берил И.И., Цуляну К.И. Кинетика зарядки суспензии слабопроводящей жидкости // Электронная обработка материалов. 1991. № 5. С. 57–59.
2. Берил И.И., Болога М.К., Цуляну К.И. Термостимулированный разряд в суспензии слабопроводящей жидкости // Электронная обработка материалов. 1991. № 6. С. 51–54.
3. Берил И.И., Болога М.К. Способ перекачки слабопроводящих жидкостей в электрическом поле и устройство для его осуществления // Заявка на патент Молдовы. № 960158 от 3.07.1996.

Поступила 13.03.2000

Summary

The description and substantiation of EHD method and pump design for pumping of low conducting liquid, in particular petroleum, oils, suspension and emulsion on their base are given. Preliminary charging of low conducting liquid in an electronic field till a maximum possible value of charge with further pumping of charged liquid on account of Coulomb force action is using. The condition of charge conservation is secured. Flow rate-head characteristics of EHD pump working according to proposed method are of magnitude up to three time more than that of analogs.