

С.Е. Жарский, ассистент; И.О. Оробей, доцент; Д.А. Гринюк, ст. преподаватель;
В.В. Сарока, аспирант

ИЗМЕРИТЕЛЬ ПАРАМЕТРОВ СМАЧИВАНИЯ

The device for definition of optimum concentrations of coagulums and an angle of wetting through measurement of the parameters of wetting of a test paper is described. Definition of an angle of wetting, which is correlated with wetting parameters, allows considerably to increase accuracy of a metering of reactants at the operating control. The principled and structural schemes of the meter are adduced.

Определение оптимального дозирования коагулянтов и флокулянтов при интенсификации с их помощью процессов разделения сточных вод не является в полной мере решенной задачей. В большой степени — это следствие отсутствия быстрых экспресс-методов оценки физико-химических свойств обрабатываемых сред. Одним из параметров, характеризующих время осаждения и водоотделения осадков, могут быть их гидрофильные или гидрофобные свойства, которые коррелированы с углом смачивания и позволяют значительно повысить точность дозировки реагентов при оперативном контроле. Кроме того, эти свойства являются, в достаточной степени, интегральными, что очень важно при сложности состава обрабатываемых сточных вод. Оценку этих свойств можно производить с помощью измерения параметров намокания тестовой фильтровальной бумаги.

Существующие устройства для определения гидрофильных (гидрофобных) свойств, основанные на фиксации высоты капиллярного подъема в поле силы тяжести, наблюдении (визуальном или с помощью видеокамеры) границ растекания капли на горизонтальной поверхности, имеют ряд недостатков. В первую очередь, они характеризуются большой длительностью измерения, высокой стоимостью, субъективностью результатов и отсутствием промышленной адаптации. Определение предельных параметров намокания может быть проведено с помощью фиксации процесса намокания промежуточных участков. Этот подход обладает простотой реализации, низкой стоимостью и высоким быстродействием. Следует отметить, что подобный прибор может иметь двойное назначение. Кроме использования при оптимизации процессов дозирования коагулянтов и флокулянтов, его можно применить для измерения качества продукции при производстве бумаги.

Выбор дозы реагентов предполагается производить путем минимизации времени намокания, т.е. по минимуму времени прохождения исследуемой средой контрольных участков тестовой бумаги. Малое время измерения обеспечивается соответствующим выбором длины измерительных участков. Законы, описывающие процесс смачивания, на основе полученных времен, позволяют вывести косвенную оценку угла смачивания, что дает дополнительный критерий выбора оптимальной концентрации. Проведение одной серии измерений требует поддержания условий, при которых влияющие факторы (испарение, изменение влажности или температуры окружающей среды и т.д.) не изменяются во времени. В промышленных условиях (в заводской лаборатории) можно пренебречь влиянием изменения температуры, но требуется учет испарения, так как оно в значительной степени может повлиять на адекватность получаемых параметров.

В разработанном устройстве исследование водоотделения среды осуществляется по времени движения границы смачивания по двум последовательным фиксированным

участкам, что позволяет в одном опыте определять три времени. Максимальная длина определяется началом первого и концом второго участка. При достаточной точности измерения этого количества временных параметров достаточно для определения основных характеристик процесса намокания и для того, чтобы экстраполировать по известным теоретическим и практическим данным временную зависимость движения фронта намокания на всю длину. Расположение участков измерения было выбрано вне влияния динамического угла смачивания на процесс намокания. Длина измерительных промежутков минимизировалась из соображений охвата широкого спектра сред с различным водоотделением при сохранении точности измерений для разработанного прибора.

Поскольку тестовая бумага обладает анизотропией параметров, то измерения необходимо проводить для нескольких направлений относительно листа. С этой целью в приборе предусмотрены две идентичные измерительные линейки. Кроме того, необходимо свести к минимуму изменение уровня жидкости в измерительной кювете за счет отбора исследуемой среды. Тестовые сигналы, определяющие границу смачивания, не должны оказывать влияния на скорость распространения жидкости.

Структурная схема измерителя, удовлетворяющего перечисленным требованиям, приведена на рис.1. Датчики 1, 2, 3 должны быть устойчивы к воздействию агрессивных сред, так как находятся в непосредственном контакте с исследуемой жидкостью, и иметь минимальную площадь поверхности. Крышки обеспечивают идентичность условий испарения, создавая закрытую для свободной конвекции воздуха область. Тестовая бумага в преобразователе располагается горизонтально, что исключает влияние силы тяжести на скорость смачивания.

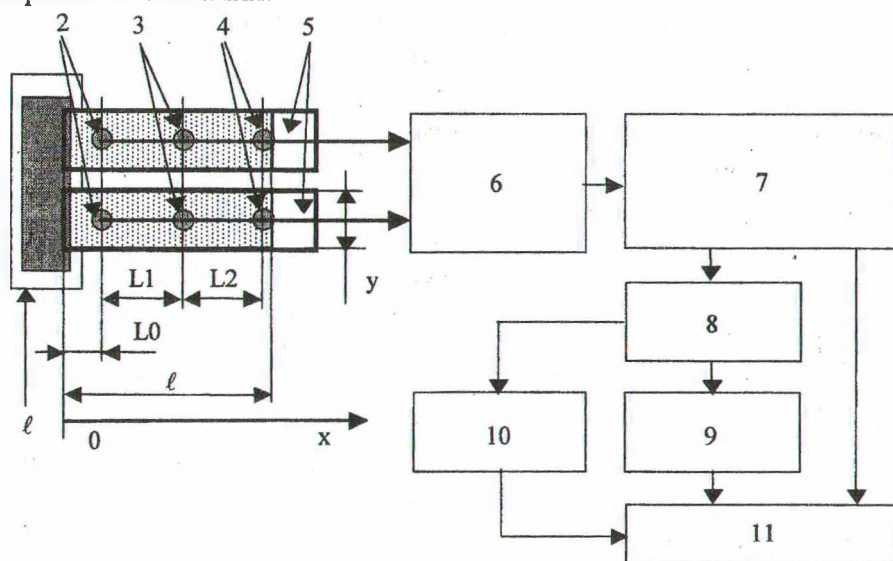


Рис.1. Структурная схема измерителя скорости смачивания:

1 – кювета с анализируемой жидкостью; 2 – датчики начала первого участка; 3 – датчики конца первого и начала второго участка; 4 – датчики конца второго участка; 5 – тестовая бумага; 6 – блок компараторов; 7 – блок порядка срабатывания, устранения дребезга и ложных срабатываний; 8 – блок определения интервалов времени; 9 – блок определения угла смачивания; 10 – блок определения минимума; 11 – блок индикации; L_0 – расстояние от места смачивания до датчика начала первого участка; L_1, L_2 – длины первого и второго измерительных участков соответственно; ℓ – граница смачивания фильтровальной бумаги; ось Ox направлена по движению границы смачивания

Интервалы времени измеряются при помощи программного таймера реального времени с дискретностью 0,01 с.

Блоки 6 – 11 организованы на контроллере, принципиальная схема которого приведена на рис. 2. Сигнал срабатывания датчика положения поступает на вход соответствующего блока компаратора БКЭ, выполненного на триггере Шмидта с защитой от перенапряжения и с конденсатором, фильтрующим высокочастотные помехи. БКЭ построены на ОУ DA1, DA2 типа 1401УДЗ, которые имеют малые входные токи. Сигналы с выхода компараторов поступают на микроконтроллер DD6, осуществляющий фиксацию времени срабатывания, вычисление временных параметров, управление началом и концом измерения. Выбор режимов работы и управление прибором выполняются бесконтактными влагозащищенными кнопками, реализованными на транзисторах VT1 – VT4 и инфракрасных фотодиодах VD5–VD7. Тактовый генератор синхронизируется при помощи кварцевого резонатора BQ1 и содержит счетчик DD4, обеспечивающий деление тактовой частоты. Применение монитора питания DD5 дает информацию о колебаниях питающего напряжения. Отображение параметров измерения микропроцессор производит при помощи жидкокристаллического индикатора DD7. Параметры измерения могут передаваться на PC по интерфейсу RS232 при помощи преобразователя DD8 типа ADM232 с целью ведения статистики, по которой осуществляется выборка минимального времени смачивания.

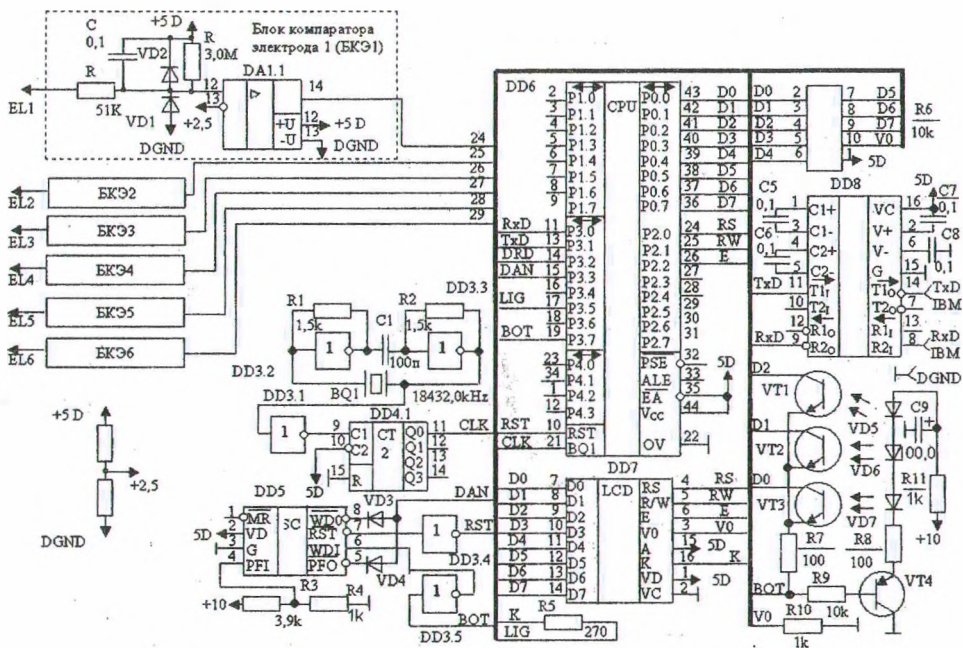


Рис. 2. Принципиальная схема

На основании простейшей из известных моделей капиллярно-пористого тела как совокупности прямых цилиндрических и параллельных капилляров постоянного радиуса, имеющих одинаковую толщину стенок, воспользовавшись законом сохранения импульса для тел с переменной массой и законом Пуазейля для ламинарного течения жидкости в капилляре, для границы фронта жидкости получаем ДУ вида

$$h \cdot \rho \cdot y \cdot \ell \frac{d^2 \ell}{dt^2} + \frac{d\ell}{dt} \cdot \ell \cdot K_c - \frac{K_u}{h} (2K_u \cdot y \cdot \rho - K_c) \ell^2 = F_k, \quad (1)$$

где h – толщина тестовой бумаги; ρ – плотность жидкости; F_k – сила капиллярного всасывания, обуславливающая движение жидкости по тестовой бумаге; K_c – коэффициент сопротивления; K_u – коэффициент испарения. F_k определяется суммой сил капиллярного всасывания в отдельных капиллярах. При выполнении условий $h \ll y, h \ll \ell$ можно пренебречь второй производной в (1) и получить решение в виде

$$\ell(t) = K_1 \sqrt{1 - e^{-K_2 t}}, \quad (2)$$

где K_1 и K_2 – коэффициенты, зависящие от K_c, K_u, F_k . Выражение (2) хорошо описывает экспериментальные временные зависимости движения границы смачивания как для дистиллированной воды, так и для различных водных растворов. При проведении эксперимента с помощью описываемого прибора получаем три пары (ℓ_i, t_i) $i=1,3$, соответствующие срабатыванию трех различных датчиков положения. Используя зависимость (2) и экспериментальные точки (ℓ_i, t_i) $i=1,3$, можем определить оценочные значения для интегрального угла смачивания θ .

УДК 533.9

В.В. Белов, доцент

ТРЕХКОМПОНЕНТНАЯ МОДЕЛЬ СИЛЬНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА

Closed nonlinear integral equations for the electrolyte ternary system of charged particles are obtained. On this basis the system of transcendental equations is derived by means of the Fourier transformation. The transcendental equations are used to prove screening of the Coulomb interaction.

В работе [1] была рассмотрена упрощенная модель растворов сильных электролитов с многовалентными ионами, в которой фигурировали ионы двух типов: одно- и многовалентные, причем заряд первых считался одинаковым. В данной работе предлагается более последовательный подход, когда в состав системы включены одновалентные ионы с противоположными знаками зарядов. Будем считать, что имеется N_1 положительно заряженных ионов, несущих заряд e , N_2 ионов имеют заряд $-e$ и N_3 ионов имеют заряд pe , где p – целое число. Общее число частиц равно

$$N = N_1 + N_2 + N_3, \quad (1)$$

и они занимают объем V . Растворитель будем учитывать только с помощью диэлектрической проницаемости ϵ . Условие электронейтральности такой системы имеет вид

$$N_1 e - N_2 e + N_3 p e = 0, \quad (2)$$

или

$$n_1 - n_2 + n_3 p = 0, \quad (3)$$

где $n_\mu = N_\mu / N$, $\mu = 1, 2, 3$. Поскольку

$$n_1 + n_2 + n_3 = 1, \quad (4)$$