

М.М. Козадаева, М.М. Мордасов, А.П. Савенков

*БЕСКОНТАКТНЫЙ НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИДКОСТЕЙ*

Во многих технологических процессах качество готового продукта, находящегося в жидком состоянии, определяется его физико-механическими свойствами: плотность ρ , поверхностное натяжение σ , вязкость η . Так, например, в ходе производства различных синтетических смол нужно иметь достоверную информацию о вязкости, по которой судят о степени полимеризации мономеров. Качество лакокрасочной продукции определяется большим количеством различных показателей, основными из которых являются физико-механические свойства. Существует большое количество электрических и пневматических методов измерения физико-механических свойств жидкостей. Применение методов, базирующихся на силовом воздействии струи сжатого воздуха на поверхность исследуемой жидкости, позволяет осуществить бесконтактный контроль физико-механических свойств жидкостей [1].

Струя сжатого воздуха при воздействии на жидкость образует на ее поверхности углубление. Энергия струи сжатого воздуха расходуется на преодоление гидростатических сил F_A , силы поверхностного натяжения F_σ и силы вязкого трения F_η . Изменение гидростатической энергии E_A пропорционально объему V (степень деформации) углубления. Энергия поверхностного натяжения E_σ пропорциональна изменению ΔS площади поверхности жидкости. Энергия, затрачиваемая на преодоление силы F_η , зависит от скорости изменения параметров V и ΔS . На величины, характеризующие степень деформации, оказывают влияние одновременно несколько физико-механических свойств жидкостей. При измерении одного из контролируемых параметров отклонение других от номинального значения вносит дополнительную погрешность. В этом случае целесообразно проводить совокупные измерения, при которых измеряемые величины находятся в результате решения системы уравнений. При осуществлении совокупных измерений физико-механических свойств жидкостей переменными величинами в системе уравнений будут значения характеристик V и ΔS углубления и их производные по времени. При переходе к совокупным измерениям физико-механических свойств жидкостей повышается их точность, так как исключается взаимное влияние параметров.

Известен метод аэрогидродинамического бесконтактного совокупного измерения физико-механических свойств жидкостей [1], основанный на возникновении автоколебаний поверхности жидкости. Недостатком такого метода является то, что измерение физико-механических свойств высоковязких жидкостей затруднено.

Объясняется это тем, что при высокой вязкости жидкости нарушаются физические основы возникновения автоколебаний поверхности.

В [2, 3] приводится описание методов и реализующих их устройств измерения поверхностного натяжения, в основу принципа действия которых положено измерение параметров V и ΔS углубления. Измерение степени деформации V поверхности осуществляется емкостными преобразователями. Емкость таких преобразователей зависит от диэлектрических свойств исследуемой жидкости и воздуха, степени замещения жидкости воздухом в зоне действия электрического поля. Недостатком этих устройств является зависимость диэлектрической проницаемости от плотности, что вносит дополнительную погрешность.

В предлагаемой статье рассматриваются разработанные нами метод бесконтактного импульсного совокупного контроля комплекса физико-механических свойств жидкостей и реализующее его устройство.

На рис. 1 представлена схема устройства, реализующего предложенный метод измерения физико-механических свойств жидкостей. Емкостный преобразователь 3 расположен над поверхностью контролируемой жидкости 8. В центре преобразователя 3 установлено сопло 2, подключенное к емкости переменного объема 4, выполненной в виде сиффона. Дно сиффона связано с механизмом 5, осуществляющим

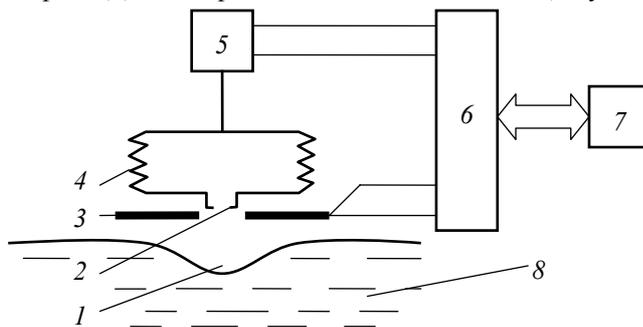


Рис. 1 Функциональная схема устройства

деформацию сиффона. Емкостный преобразователь 3 и входы механизма 5 подключены к управляющему вычислительному блоку 6. Информация о физико-механических свойствах с блока 6 поступает на блок индикации 7.

Функции управляющего вычислительного блока 6 следующие:

- получение массива измеренных значений зависимости $C(t)$ емкости преобразователя 3 от времени;
- управление работой механизма 5;
- вычисление значений совокупности физико-механических свойств по полученной зависимости $C(t)$ и передача этих значений на блок индикации 7.

Перед измерениями размещают преобразователь 3 на заданном расстоянии от поверхности контролируемой жидкости 8 и подают на устройство электропитание. Блок 6 начинает измерять через определенные промежутки времени значения емкости преобразователя 3 и заполнять ими массив значений зависимости $C(t)$. Одновременно с измерением емкости преобразователя 3 происходит анализ зависимости $C(t)$ с целью обнаружения статического режима, для которого характерна зависимость $C'(t) = \frac{dC(t)}{dt} = 0$. В случае, если равенство вы-

полняется, блок 6 формирует сигнал, запускающий механизм 5 на прямой ход, при этом происходит сжатие сиффона 4 с постоянной скоростью $w_{дс}$. На выходе сопла 2 формируется струя воздуха с расходом

$$w = \frac{D^2}{d^2} w_{дс},$$

где w – скорость воздуха в струе; D – диаметр сиффона; d – диаметр сопла.

На поверхности жидкости 8 под действием струи воздуха образуется углубление 1. Емкость преобразователя 3 изменяется вследствие замещения жидкости воздухом. После достижения статического режима взаимодействия струи воздуха с поверхностью жидкости (при $C'(t) = 0$) блок 6 формирует сигнал, меняющий направление движение механизма 5. При обратном ходе механизма 5 воздействие струи воздуха на поверхность жидкости 8 отсутствует и происходит восстановление поверхности жидкости в месте контакта с газовой струей. При достижении механизмом 5 крайнего верхнего по схеме положения блок 6 формирует сигнал на его остановку. Блок 6 прекращает измерение емкости преобразователя 3 после окончания восстановления поверхности жидкости (при $C'(t) = 0$). Управляющий вычислительный блок 6 обрабатывает полученный массив значений функции $C(t)$, вычисляет значения комплекса физико-механических свойств и передает их блоку индикации 7. Затем цикл измерений повторяется. Информацию о физико-механических свойствах жидкости получают за время действия одного импульса.

В результате обработки массива значений функции $C(t)$ управляющий вычислительный блок 6 на первом этапе находит значения C_0 и C_1 емкости преобразователя 3, соответственно для недеформированной поверхности жидкости 8 и максимальной высоте углубления 1. Значения C_0 и C_1 емкости преобразователя 3 соответствуют статическому режиму взаимодействия струи воздуха с поверхностью жидкости. В результате анализа пе-

реходных процессов поверхности жидкости блок 6 получает информацию о скорости изменения емкости $C'(t_0)$ в определенный момент времени t_0 . Измеряемые величины определяются в результате решения системы уравнений, имеющей следующий вид:

$$\begin{cases} \rho = f_1(C_0); \\ \sigma = f_2(C_0, C_1); \\ \eta = f_3(C_0, C'(t_0)). \end{cases}$$

Управляющий вычислительный блок 6 может производить статистические измерения путем накопления и усреднения полученных данных о физико-механических свойствах жидкости.

Диапазон измерения и чувствительность устройства варьируется изменением скорости сжатия сильфона $w_{дс}$.

Предложенное устройство позволяет проводить экспресс-контроль физико-механических свойств жидкостей как в лабораторных, так и в производственных условиях.

Список литературы

1 Гализдра, В.И. Аэрогидродинамическое бесконтактное совокупное измерение физико-механических параметров жидкостей / В.И. Гализдра, М.М. Мордасов // Заводская лаборатория. (Диагностика материалов). 2005. Т. 71, № 5. С. 34 – 38.

2 Пат. 1824537 РФ. Устройство для контроля физико-механических свойств жидкости / М.М. Мордасов. Оpubл. 30.06.1993. Бюл. № 24.

3 Пат. 1824538 РФ. Устройство для измерения физико-механических свойств жидкости / М.М. Мордасов, Д.А. Дмитриев, Ю.Л. Муромцев. Оpubл. 30.06.1993. Бюл. № 24.