

М.М. Мордасов, А.П. Савенков

ВЫБОР КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ БЕСКОНТАКТНОГО ВРЕЯИМПУЛЬСНОГО ВИСКОЗИМЕТРА

В различных отраслях промышленности контроль вязкости жидкостей позволяет получать информацию о ходе технологического процесса и качестве выпускаемой продукции. Часто возникает необходимость экспресс-анализа вязкости, при осуществлении которого целесообразно применять струйные бесконтактные методы, обладающие рядом преимуществ перед традиционными.

Автоколебательные бесконтактные струйные методы [1] являются наиболее простыми в реализации, однако они не позволяют производить контроль жидкостей с высокой вязкостью, на поверхности которых устойчивые автоколебания не возникают. Для измерения вязкости таких жидкостей возможно применение времяимпульсного метода, согласно которому о вязкости судят по времени фиксированной деформации поверхности жидкости струей газа [2 – 4].

В настоящей работе представлены результаты экспериментальных исследований устройства, реализующего времяимпульсный метод измерения вязкости.

На рис. 1 представлена функциональная схема первичного измерительного преобразователя времяимпульсного вискозиметра.

Сущность времяимпульсного метода заключается в том, что в исходный момент времени t_0 на поверхность контролируемой жидкости I направляют струю газа, вытекающую с постоянной скоростью из сопла 2, расположенного под углом α на расстоянии H от поверхности жидкости I . Под действием струи на поверхности жидкости формируется

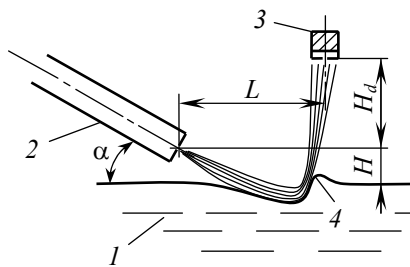


Рис. 1. Функциональная схема
первичного измерительного преобразователя

волна 4, которая перемещается с постоянной скоростью по направлению газового потока. В момент времени t_1 волна 4 достигает заданного положения, при котором электретный микрофон 3 находится в области действия выходящей газовой струи, и на его выходе возникает сигнал, превышающий по уровню сигналы при любых колебаниях давления, соответствующих внешней акустической обстановке. Время $\tau = t_1 - t_0$ зависит от скорости движения волны 4, которая, в свою очередь, определяется вязкостью η . В ходе экспериментов установлено, что статическая характеристика времяимпульсного вискозиметра имеет вид $\tau = k\eta$, где k – коэффициент пропорциональности, Па^{-1} .

В отличие от устройства контроля вязкости на основе автоколебаний, устройство, реализующее времяимпульсный метод, содержит индикатор достижения волной 4 заданного положения – микрофон 3. Координаты L и H_d его входного отверстия существенно влияют на точность измерения вязкости η . Это связано с изменением чувствительностей S_H и S_P устройства к влияющим величинам: расстоянию H от сопла 2 до поверхности жидкости I и давлению P газа на входе в сопло, соответственно. Чувствительности

$$S_H = \frac{\Delta\tau}{\Delta H}; \quad S_P = \frac{\Delta\tau}{\Delta P},$$

где $\Delta\tau$ – изменение выходной величины τ первичного измерительного преобразователя, вызванное изменениями ΔH и ΔP влияющих величин H и P , соответственно, зависят от угла α наклона сопла 2, высоты H_d расположения микрофона 3 и расстояния L от сопла 2 до микрофона 3.

Получить аналитическое описание процессов, происходящих в системе «струя газа–жидкость» для определения вида функций влияния [5] не представляется возможным ввиду сложности двухфазного течения. Для рационального выбора конструктивных параметров первичного измерительного преобразователя авторами проведен ряд экспериментальных исследований влияния неконтролируемых величин на выходной сигнал измерительного устройства. Исследования времяимпульсного метода проведены на макете устройства, выходной величиной которого является период T прямоугольных импульсов напряжения, пропорциональный времени τ деформации поверхности жидкости.

При увеличении угла α наклона сопла возрастает чувствительность S_P и снижается случайная составляющая погрешности, изменение чувствительности S_H незначительно.

При увеличении расстояния H_d снижается величина чувствительности S_H , но возрастает случайная составляющая погрешности устройства. Снижение влияния высоты H объясняется тем, что при малых значениях H_d на микрофон воздействуют струи, отрывающиеся от поверхности жидкости под любым углом, а при больших – только те, которые выходят под углом, близким к 90° . При движении волны по поверхности жидкости угол выхода струи возрастает. Поэтому фиксация струй, выходящих из углублений под любым углом, приводит к тому, что при малых значениях H микрофон попадает в область газовых потоков быстрее, чем при больших. Возрастание случайной составляющей погрешности при увеличении H_d обусловлено рассеянием струи, выходящей из сформированного углубления. Для более точной фиксации струи и снижения случайной составляющей погрешности измерительного устройства возможно применение индикаторов с дифференциаль-

ными чувствительными элементами [6, 7].

Расстояние L целесообразно выбирать наибольшим из возможных при заданных значениях α и H_d . При увеличении L возрастают расстояние, которое волна проходит по поверхности жидкости, и время τ , являющееся выходным сигналом первичного измерительного преобразователя. При зарождении волны на поверхности жидкости на скорость ее движения оказывает влияние плотность ρ , что связано с ускорением приведенной массы волны. При увеличении времени τ относительное влияние этого процесса на результат измерения вязкости уменьшается.

На рис. 2 представлены действительные функции влияния $T_0(P)$ и $T(P)$ при различных значениях высоты H для измерительных устройств, реализующих автоколебательный (рис. 2, а) и импульсный (рис. 2, б) методы, соответственно. На основании проведенных исследований выбраны следующие конструктивные параметры первичного измерительного преобразователя: $\alpha = 30^\circ$, $L = 32$ мм, $H_d = 20$ мм.

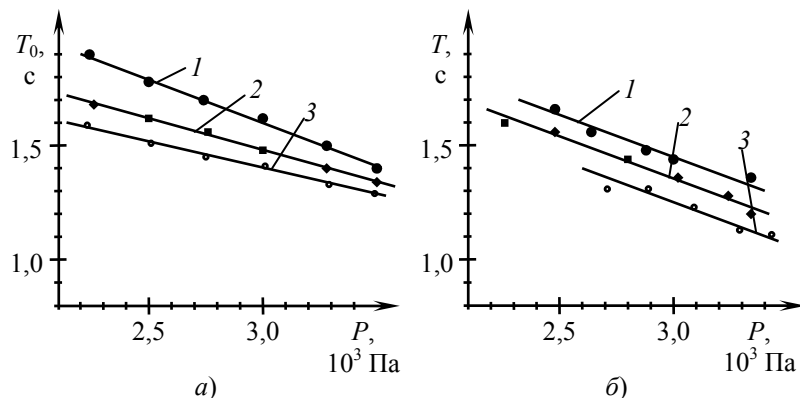


Рис. 2. Действительные функции влияния $T_0(P)$ и $T(P)$ устройств, реализующих автоколебательный (а) и импульсный (б) методы контроля вязкости, при различных значениях высоты H :
 $1 - H = 8$ мм; $2 - H = 7$ мм; $3 - H = 6$ мм

При увеличении угла α до 40° ($L = 25$ мм, $H_d = 20$ мм) чувствительность S_P к изменению давления P в рассматриваемом устройстве возрастает в четыре раза. При уменьшении расстояния H_d до нуля ($\alpha = 30^\circ$, $L = 32$ мм) в четыре раза возрастает чувствительность S_H к изменению высоты H .

Из представленных на рис. 2 графиков видно, что при изменении величин давления P на 10 % периоды T_0 и T меняются в среднем на 8 %, а при изменении высоты H на 10 % – на 5 %. Поскольку статическая характеристика устройства описывается прямой, проходящей через начало координат, то относительное влияние величин P и H на результат измерения вязкости η равно их относительному влиянию на период T . При расположении сопла измерительного устройства на заданном расстоянии $H = 7,5 \pm 0,5$ мм относительная погрешность измерения вязкости η вследствие влияния изменения высоты H составляет не более 3 %.

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. 1385032 СССР, G 01 N 11/16. Устройство для измерения вязкости / М.М. Мордасов, В.И. Гализдра. – № 4088396/24-25 ; заявл. 11.07.1986.
3. Пат. 5024080 США, G 01 N 11/00. Paint viscosity monitoring system and method / P.G. Backes. – № 503586 ; заявл. 03.04.1990.
4. Пат. 2170417 РФ, G 01 N 11/00. Способ определения вязкости жидкости / М.М. Мордасов, А.В. Трофимов, В.И. Гализдра, С.А. Трофимов. – № 99112020/28 ; заявл. 03.06.1999.
5. ГОСТ 8.009–84. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений. Взамен ГОСТ 8.009–72 ; введ. с 01.01.1986.
6. Онищенко, С.А. Методы фиксации положения газовой струи в пневматических устройствах контроля / С.А. Онищенко, С.А. Трофимов // Труды ТГТУ : сб. науч. ст. молодых ученых и студентов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2001. – Вып. 9. – С. 17 – 22.
7. Пат. 2172941 РФ, G 01 N 11/00. Устройство для измерения вязкости жидкости / М.М. Мордасов, А.В. Трофимов, С.А. Трофимов. – № 2000116376/28 ; заявл. 20.06.2000.