

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖИДКИХ МАТЕРИАЛОВ ОТ СКОРОСТИ СДВИГА

Измерительная установка для определения теплофизических характеристик жидких полимерных материалов при сдвиговом течении выполнена в соответствии со схемой, представленной на рис. 1.

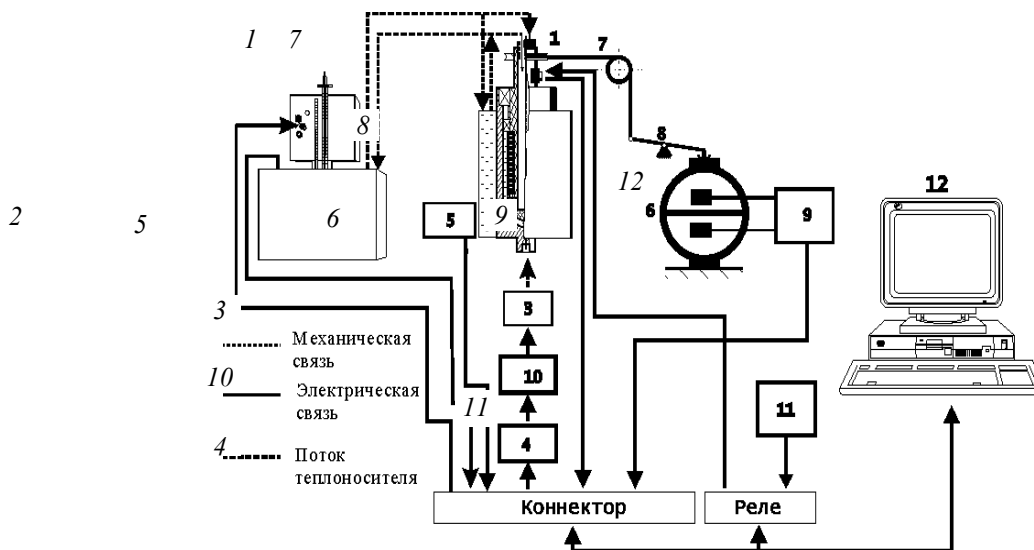


Рис. 1 Функциональная схема измерительной установки

В состав измерительной установки [1, 2] входят:

1 – измерительное устройство; 2 – жидкостный термостат, для задания граничных условий первого рода в соответствии с принятой математической моделью измерительного устройства; 3 – электродвигатель постоянного тока; 4 – усилитель мощности У-13Н; 5 – преобразователь угловой скорости вращения внешнего цилиндра; 6 – виброчастотный преобразователь силы; 7 – трос; 8 – рычажная система; 9 – усилитель; 10 – выпрямитель; 11 – блок питания; 12 – персональный компьютер, оснащенный многофункциональной платой сбора данных.

Измерительное устройство 1 состоит из двух коаксиальных цилиндров [3]. Внешний цилиндр при помощи электропривода постоянного тока способен вращаться с заданной, угловой скоростью. Внутренний неподвижный цилиндр выполнен полым. Через его полость по шлангам непрерывно прокачивается теплоноситель из термостата 2.

В этом цилиндре также расположены электрический нагреватель и термопреобразователь сопротивления, подключенные через разъем к согласующим блокам измерительной установки. Температура внешнего цилиндра поддерживается постоянной за счет теплообменного устройства, представляющего собой водяную рубашку, через которую прокачивается теплоноситель из термостата 2.

Привод внешнего цилиндра представляет собой электродвигатель постоянного тока с редуктором. Изменение угловой скорости вращения цилиндра осуществляется за счет изменения напряжения на об-

мотке якоря электродвигателя, подводимого через выпрямитель 10 и усилитель мощности 4 от цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) платы сбора данных, расположенной в персональном компьютере 12.

Методика проведения эксперимента [4] предусматривает следующие операции:

- 1 Заливка заданного объема исследуемой жидкости в полусферическое углубление внешнего цилиндра.
- 2 Установка и закрепление внутреннего цилиндра.
- 3 Включение термостата.
- 4 Приведение во вращение внешнего цилиндра измерительного устройства с заданной угловой скоростью ω , обеспечивающей создание в слое исследуемой жидкости скорости сдвига

$$\gamma = \frac{R_5 \omega}{\delta},$$

где R_5 – внутренний радиус внешнего цилиндра; $\delta = R_5 - R_4$ – величина зазора между внешним и внутренним цилиндрами; R_4 – внешний радиус внутреннего цилиндра.

- 5 Регистрация установившейся среднеинтегральной температуры в слое нагревателя измерительного устройства и величины касательного напряжения $\sigma_{r\varphi}$ при фиксированной скорости сдвига:

$$\sigma_{r\varphi} = \frac{M}{2\pi\ell R_4^2}, \quad M = FR_{ш},$$

$$F = (0,145\Delta f + 1,74 \cdot 10^{-5} \Delta f^2) (1 + 0,075(t - 20) - 1,25 \cdot 10^{-3} (t - 20)^2),$$

где ℓ – высота погружения внутреннего цилиндра в исследуемую жидкость; M – вращающий момент, действующий на внутренний цилиндр; $R_{ш}$ – радиус шкива на измерительном устройстве 1; F – сила, действующая на виброчастотный преобразователь; Δf – изменение частоты сигнала преобразователя силы; t – температура окружающей среды во время проведения эксперимента.

- 6 Увеличение скорости сдвига в слое исследуемой жидкости на $\Delta\gamma$.
- 7 Выполнение заданного числа k раз пунктов 5 и 6 настоящей методики.
- 8 Определение реологических характеристик – показателя консистенции m и индекса течения n исследуемой жидкости удовлетворяющих условию: $\sum_{i=1}^k (\sigma_{r\varphi_i} - m\gamma_i^n)^2 \rightarrow \min$.

С использованием данной методики получены зависимости касательного напряжения от скорости сдвига в слое синтетического каучука "Структурол" (рис. 2). Кривая 1 получена при температуре каучука 32 °С, кривая 2 при температуре 25 °С и кривая 3 при температуре 18 °С.

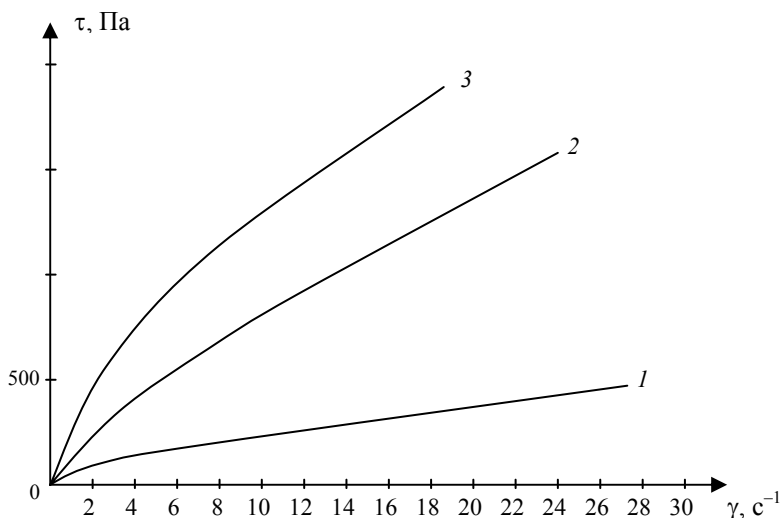


Рис. 2 Зависимость касательного напряжения от скорости сдвига для синтетического каучука "Структурол"

1500 После вычисления коэффициента консистенции m и индекса течения n становится возможным определение теплофизических характеристик в потоке вязкого жидкого неньютоновского материала в кольцевом зазоре между цилиндрами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Дивин А.Г., Мищенко С.В., Пономарев С.В., Мозгова Г.В. Измерительная установка для определения теплофизических и реологических характеристик полимерных материалов при сдвиговом течении // Теплофизические измерения при контроле и управлении качеством: Материалы Пятой Междунар. теплофизической школы: В 2 ч. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. Ч. 1. 298 с.

2 Мозгова Г.В., Дивин А.Г., Ходилин С.В. Измерительная установка для исследования зависимости реологических и теплофизических характеристик жидких полимерных материалов от скорости сдвига // Состояние и проблемы измерений: Сб. материалов 9-й Всерос. науч.-техн. конф. МГТУ им. Баумана. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2004.

3 Мищенко С.В., Пономарев С.В., Дивин А.Г., Мозгова Г.В. Измерительное устройство для определения зависимости реологических и теплофизических характеристик жидких полимерных материалов от скорости сдвига // Методы, средства и технологии получения и обработки измерительной информации: Труды Междунар. науч.-техн. конф. Пенза: Информационно-издательский центр Пенз. гос. ун-та, 2002. 112 с.

4 Дивин А.Г., Мозгова Г.В. Разработка метрологического обеспечения метода и измерительного устройства для определения теплофизических характеристик полимерных материалов при сдвиговом течении // Метрология, стандартизация, сертификация и управление качеством продукции: Программа, материалы школы-семинара молодых ученых. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. 300 с.

5 Пономарев С.В., Мищенко С.В. Методы и устройства для измерения эффективных теплофизических характеристик потоков технологических жидкостей: Учеб. пособие для вузов. Тамбов: ТГТУ, 1997. 248 с.