

УДК 531.782

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ВЯЗКОГО ТРЕНИЯ В ГИДРОЦИЛИНДРАХ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ МАШИН

А. С. ШАГИНЯН<sup>+</sup>, Д. Н. АНДРИАНОВ

При проведении статических испытаний материалов необходимо точно определять факторы, способствующие искажению результатов эксперимента. Для гидравлической разрывной испытательной машины одним из основных таких факторов является наличие вязкого трения в силовой цепи системы “испытательная машина—образец”. В данной работе приводятся методика и результаты экспериментальных исследований коэффициента вязкого трения гидравлической испытательной машины марки МР-200.

**Ключевые слова:** коэффициент вязкого трения, разрывная испытательная машина, гидравлический и электрогидравлический привод, гидроцилиндр.

**Введение.** При исследовании динамических свойств систем с гидравлическим или электрогидравлическим приводом с учетом сжимаемости жидкости, в частности, испытательных машин, возникает вопрос об определении коэффициента рассеяния энергии рабочего органа системы. В испытательной машине таким органом является гидравлический цилиндр. Аналитическое решение этого вопроса достаточно сложно, т. к. естественное рассеяние энергии высокочастотных колебаний рабочего органа на масляной “подушке” происходит по нескольким каналам. Обычно учитываются только две составляющие — “сухое” и вязкое трение в подвижных частях испытательной машины [1, 2]. Но в зависимости от конструкции в каждой системе преобладает тот или иной вид поглощения энергии. В испытательных машинах с гидравлическим и электрогидравлическим приводом конструктивными и технологическими методами “сухое” трение исключается, поэтому в динамических исследованиях машин учитывают только вязкое трение.

**Целью данных исследований** является экспериментальное определение коэффициента вязкого трения в гидроцилиндре универсальной и разрывной испытательной машины. Объектом данных исследований служит испытательная машина ИР-6054-200 производства Армавирского ПО “Точмашприбор” (Россия).

**Методика проведения эксперимента.** Подвижные части испытательной машины, в процессе проведения эксперимента находящиеся на слое рабочей жидкости, рассматриваются как колебательное звено. При проведении статических испытаний металлов на растяжение по ГОСТ 1497—84 скорость движения активного захвата  $v_{аз}$  должна находиться в пределах от 0 до  $3,5 \cdot 10^{-4}$  м/с. Для указанного диапазона скоростей может быть принята линейная зависимость между силой сопротивления движению активного захвата  $P_c$  и его скоростью  $v_{аз}$ :

$$P_c = \alpha_c v_{аз}. \quad (1)$$

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Сила сопротивления  $P_c$  определяется соотношением

$$P_c = gm_{п}. \quad (2)$$

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого. Беларусь, 246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.

+ Автор, с которым следует вести переписку.

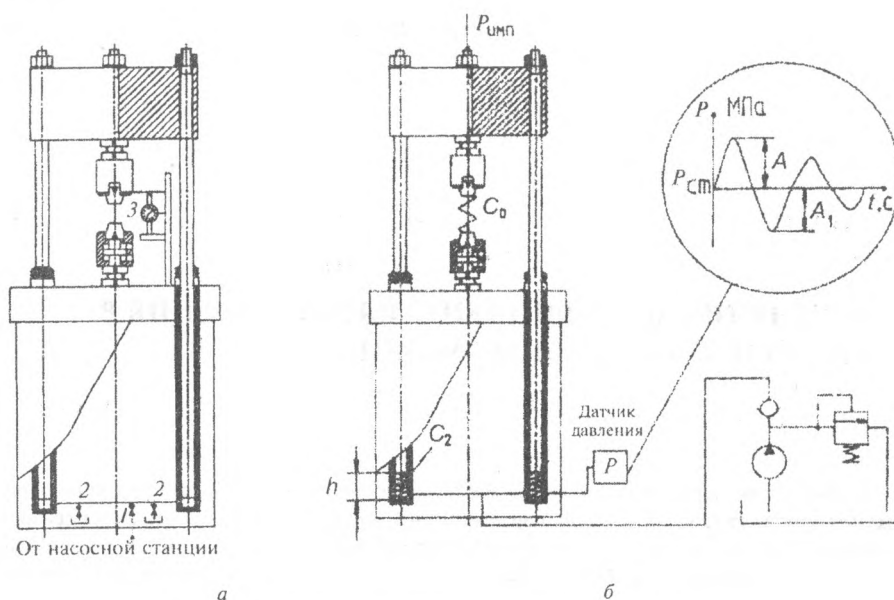


Рис. 1. Схема проведения эксперимента по первой (а) и второй (б) методике

В качестве накладных грузов использовались противовесы массой  $50 \pm 0,2$  кг. Масса подвижных частей машины — 342 кг. При проведении эксперимента в качестве рабочей жидкости использовалось масло МС-20 (ГОСТ 21743—76). Температура поддерживалась постоянной.

В процессе проведения эксперимента подвижные части машины гидроприводом испытательной машины поднимались на высоту  $\approx 200$  мм. После этого перекрывался кран 1 и отключался гидропривод. Затем открывались краны 2, связанные со сливом, и подвижные части испытательной машины под действием своей массы и массы накладных грузов начинали опускаться. В процессе эксперимента замерялась скорость перемещения подвижных частей испытательной машины, как время прохождения ими 100 мм по тензомеру 3 (рис. 1, а). Первоначально подвижные части машины выводились несколько выше тензометра 3, чтобы исключить момент разгона. Масса перемещаемых грузов изменялась ступенчато с шагом 50 кг. На каждой ступени измерения проводились 4 раза. Результаты эксперимента представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты экспериментального определения зависимости скорости движения активного захвата от силы сопротивления

Сила $P_c$ , Н	Время $t$ , с	Скорость $v_{дв}$ , м/с	$\alpha_c$ , Н·с/м
3420	1,92	0,052	65769
	1,91	0,052	65769
	1,89	0,053	64528
	1,91	0,052	65769
3920	1,70	0,059	66400
	1,68	0,060	65333
	1,69	0,059	66440
	1,70	0,059	66400
4420	1,46	0,068	65000
	1,46	0,068	65000
	1,45	0,069	64058
	1,48	0,067	65970
4920	1,32	0,076	64737
	1,31	0,076	64737
	1,33	0,075	65600
	1,34	0,075	65600

Коэффициент вязкого трения рассчитывался по формуле

$$\alpha_c = \frac{P_c}{v_{аз}} \quad (3)$$

При этом сопротивлением истечению через краны 2 можно пренебречь, т. к. проходные сечения в сливных трубопроводах и кранах весьма велики (рис. 1, а).

Среднее значение коэффициента вязкого трения можно найти из выражения

$$\bar{\alpha}_c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_{c_i} = 65400 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}} \quad (4)$$

По итогам эксперимента была построена зависимость скорости движения активного захвата от силы сопротивления (рис. 2).

Для определения коэффициента вязкого трения в гидроцилиндре  $\alpha_c$  для данного типа испытательной машины существует еще один способ, когда подвижные части машины, покоящиеся на столбе жидкости под плунжером гидроцилиндра, вводятся в свободные колебания, и коэффициент рассеивания энергии определяется по декременту затухания колебаний подвижных частей машины (рис. 1, б) [4]:

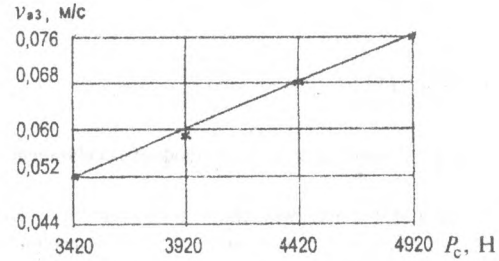


Рис. 2. График зависимости силы сопротивления от скорости движения активного захвата

$$\alpha_c = \frac{2\Theta \sqrt{Cm_n g}}{\sqrt{4\pi^2 + \Theta}} \quad (5)$$

$$\Theta = \ln \left( \frac{A}{A_1} \right) \quad (6)$$

Результаты эксперимента приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты экспериментального исследования коэффициента вязкого трения по декременту затухания колебаний подвижных частей машины

Высота столба жидкости под плунжером $h$ , м	Жесткость, $10^6$ Н/м			Амплитуда изменения давления в гидроцилиндрах при воздействии импульса силы $P_{имп}$ , МПа		$\alpha_c$ , $10^3$ Н·с/м
	образца $C_0$	гидравлическая $C_r$	общая $C$	$A$	$A_1$	
0,1	1,6	7,4	1,32	2,35	0,12	60,9
0,2	1,6	3,7	1,12	2,73	$0,96 \cdot 10^{-4}$	56,9

**Выводы.** Приведенные методики экспериментального определения коэффициента вязкого трения в гидроцилиндре с достаточной точностью позволяют осуществить количественные оценки указанного параметра, используемого при динамических исследованиях системы “испытательная машина—образец”. Полученные количественные результаты по обеим методикам хорошо согласуются друг с другом и с результатами работы [4].

### Обозначения

$P_c$  — сила сопротивления движению активного захвата, Н;  $v_{аз}$  — скорость движения активного захвата, м/с;  $\alpha_c$  — коэффициент вязкого трения в гидроцилиндре испытательной машины, Н·с/м;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $m_n$  — масса подвижных частей машины (плунжеров гидроцилиндров, верхней траверсы и активного захвата) и накладных грузов, кг;  $n$  — количество опы-

тов;  $C$  — жесткость столба жидкости под плунжерами гидроцилиндра испытательной машины  $C_r$  и испытуемого образца  $C_0$ , соединенных последовательно, Н/м;  $\Theta$  — декремент затухания колебаний;  $A, A_1$  — амплитуда колебаний давления в полостях гидроцилиндра, Па;  $p_{\text{имп}}$  — сила воздействия, МПа.

### Литература

1. Хохлов В. А. Электрогидравлический следящий привод. М.: Наука (1966)
2. Попов Д. Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. М.: Машиностроение (1977)
3. Касандрова О. Н., Лебедев В. В. Обработка результатов наблюдений. М.: Наука (1970)
4. Полозков А. А., Шагинян А. С. Методы определения диссипативности систем универсальных испытательных машин // Сборник трудов РИСХМ. Ростов-на-Дону: (1966), 52—60

*Поступила в редакцию 20.04.98.*

Shaginyan A. S., Andrianov D. N. **Methods of calculation of the viscous friction coefficient in the test machines hydrocylinders.**

On trials of materials with the help of hydraulic or electrohydraulic test-machines for estimation of the dynamic errors during measuring of forces and deformations of material specimens being tested it is necessary to calculate the viscous friction value in the power circuit of the "test machine—specimen" system. This paper deals with the calculation of viscous friction coefficient in the hydro-cylinder of test machine.