

## Методика определения высокотемпературного коэффициента трения

### A method for determining the high-temperature coefficient of friction

*V.V. КОВРИГА<sup>1</sup>, А.С. ВАСИЛЬЕВА<sup>1</sup>, А.И. МАЛИКОВ<sup>2</sup>*

*V.V. KOVRIGA<sup>1</sup>, A.S. VASIL'EVA<sup>1</sup>, A.I. MALIKOV<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ООО «Группа ПОЛИМЕРТЕПЛО», <sup>2</sup> ЗАО «Завод АНД Газтрубпласт»

<sup>1</sup> POLYMERTEPLO Group, <sup>2</sup> AND Gaztrubplast plant

kovriga@polyplastic.ru

Разработан метод оценки коэффициента трения при высоких температурах до 220°C в термокамере разрывной машины. Показано, что коэффициент трения движения при изменении температуры от 25°C до 220°C изменяется от 0,04 до 0,1. В разработанной методике определяется коэффициент трения покоя и коэффициент трения скольжения. Коэффициент трения покоя при температуре от 25°C до 220°C изменяется от 0,06 до 0,13.

*Ключевые слова:* коэффициент трения покоя, коэффициент трения скольжения при температуре выше 200°C, фторопластовые покрытия для высокотемпературной эксплуатации, определение коэффициента трения на разрывной машине

A method for estimating the coefficient of friction at high temperatures up to 220°C in the thermal chamber of a bursting machine has been developed. It is shown that the coefficient of kinetic friction with a change in temperature from 25°C to 220°C varies from 0.04 to 0.1. In the developed method, the coefficient of static friction and the coefficient of kinetic friction are determined. The coefficient of static friction at a temperature of 25°C to 220°C varies from 0.06 to 0.13.

*Keywords:* the coefficient of static friction, the coefficient of kinetic friction at a temperature above 200°C, fluoroplastic coatings for high-temperature operation, the determination of the coefficient of friction on the breaking machine

DOI: 10.35164/0554-2901-2021-5-6-4-5

#### Введение

Приборы и методики определения коэффициента трения при высоких температурах, например, до 220°C, отсутствуют, в то время как потребность знания этих показателей существует, например, для расчёта сопротивления оснастки, покрытой фторопластовыми защитными покрытиями, снижающими коэффициенты трения на оснастке.

В связи с этим была разработана методика определения коэффициента трения в камере универсальной испытательной машины.

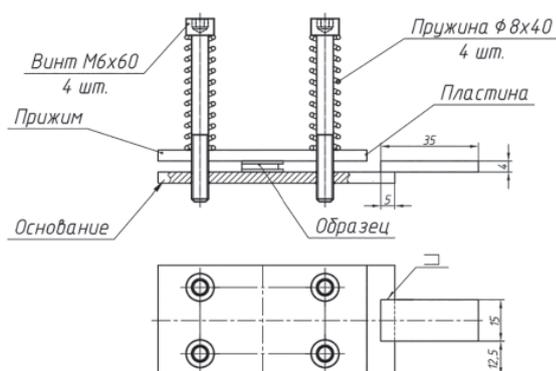


Рис. 1. Общий вид приспособления для определения коэффициента трения.

Коэффициент трения определяется в условиях, когда образец сшитого полиэтилена протаскивается между двух пластин, покрытых фторопластовым покрытием. Размеры пластин и размеры образца представлены на рис. 2 и 3.

Черными жирными линиями показана проволока для протаскивания образца сшитого полиэтилена между пластинами, покрытыми фторопластом.

Нагрузка на образец задаётся четырьмя пружинами сжатия, установленными в углах пластин, и определяется по величине перемещения, установленной на тарировочной кривой каждой из четырёх пружин.

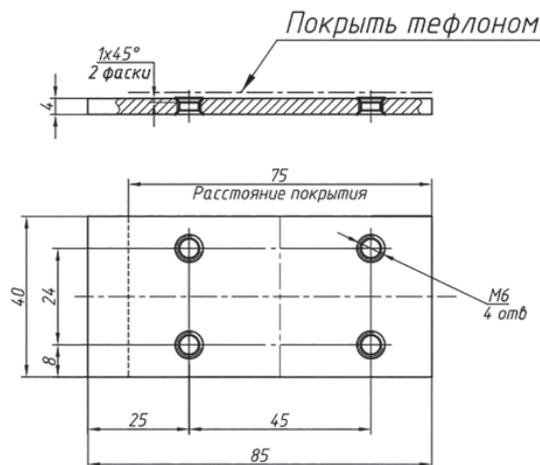


Рис. 2. Размеры пластин с фторопластовым покрытием.

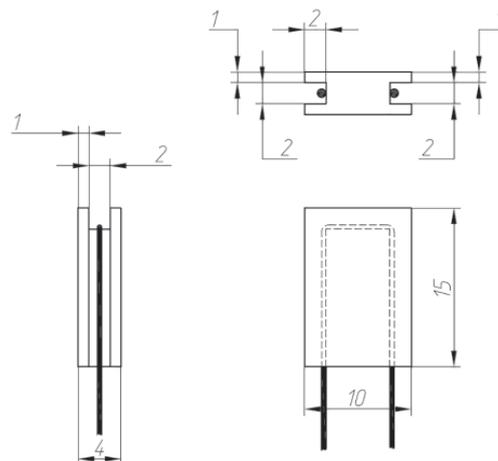


Рис. 3. Образец из сшитого полиэтилена для определения коэффициента трения.

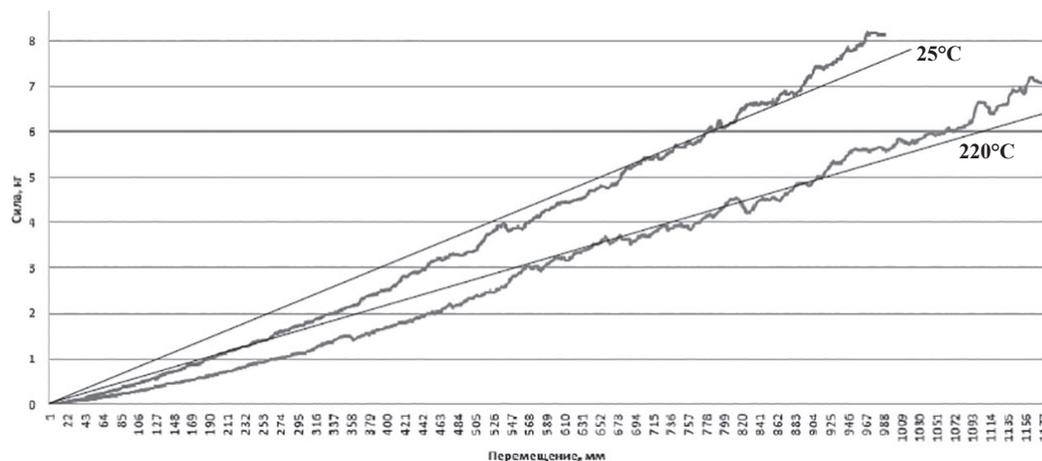


Рис. 4. Тарировочные кривые пружин сжатия при температурах 25 и 220°C.

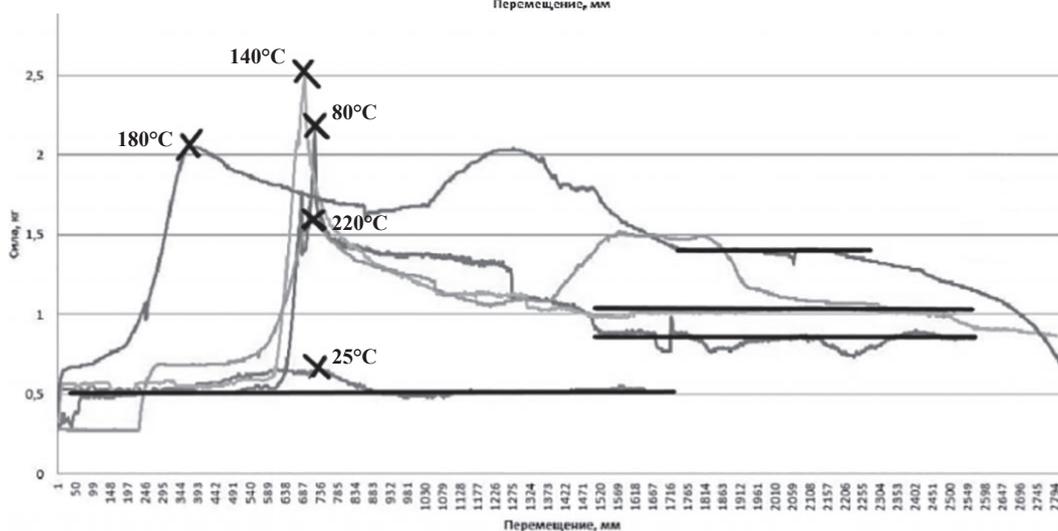


Рис. 5. Зависимость усилия протягивания от перемещения.

Согласно требованиям стандарта ГОСТ 11629-2017 «Пластмассы метод определения коэффициента трения» [1], испытательная машина должна обеспечивать:

- приложение к группе образцов нагрузки от 10 до 70 Н с использованием грузов, входящих в комплект испытательной машины;
- скорость скольжения образцов по плоскости контртела  $(0,30 \pm 0,05)$  м/с.

При выполнении определения коэффициента трения при высокой температуре удаётся соблюсти уровень нагрузок, но не удаётся соблюсти высокий уровень скоростей скольжения, поэтому предлагаемые в методике нагрузки составляют величины порядка 60 Н (6 кг), а скорости скольжения – 1 мм/мин.

Самым важным фактором при нагружении является температурная зависимость жесткости пружин. На рис. 4 представлены экспериментально определенные жесткости пружин при температурах 25°C и 220°C.

Как видно из приведённых данных, несмотря на изготовление пружин, обеспечивающих стабильную жесткость при разных температурах, жесткость пружин существенно различается, составляя 0,3 при 220°C и 0,4 при 25°C. Это показывает, что тарировку рабочих пружин необходимо выполнять при каждой температуре испытания, задавать нагрузку на пластину с учётом экспериментально определенной жесткости пружин при температуре испытания.

Суммарная нагрузка, прилагаемая четырьмя пружинами, формируется из четырёх приблизительно одинаковых нагрузок, задаваемых каждой из пружин. В данном случае суммарная нагрузка составляла 6 кг (4 пружины по 1,5 кг).

Как видно из данных, приведенных на рис. 5, на каждой кривой есть пиковое значение, при котором начинается движение. По величине этого усилия определяется коэффициент трения покоя. На нижней части кривой хорошо выявляется стабильное усилие, возникающее при движении образца по пластинам, покрытым фторопластовой краской (горизонтальные линии на рис. 5). По значению этого усилия определяется коэффициент трения скольжения.

Поскольку коэффициент трения  $f$  определяется параметром скольжения по двум поверхностям, он рассчитывается по формуле, которая обычно используется для многосекционных дисковых тормозных устройств [2, 3]. В данном случае прилагаемая нагрузка 6 кг – удваивается. Формула расчета коэффициента трения:

$$f = F/2p,$$

где  $F$  – сила трения, Н, равная усилию протягивания образца на испытательной машине;  $p$  – суммарная нагрузка, приложенная четырьмя пружинами сжатия, Н.

Таблица 1. Зависимость коэффициента трения скольжения от температуры.

Нагрузка, кг	Температура, °C	Коэффициент трения
0,5	25	0,04
0,9	80	0,075
1	140	0,08
1,4	180	0,12
1,2	220	0,1

В таблице 1 приведены числовые значения коэффициента трения, определенные в изученном диапазоне температур. Как видно, при повышении температуры до 220°C коэффициент трения скольжения вырос в 2,5 раза.

### Литература

1. ГОСТ 11629-2017 Пластмассы. Метод определения коэффициента трения.
2. Скутнев В.М. Тормозные системы легковых автомобилей. – Куйбышев: Куйбышевский авиационный институт, 1983. – С. 81.
3. Машенко А.Ф. Методика расчета колодочных тормозов. – Автомобильная промышленность. – М.: Машиностроение, 1968. – С. 13–16.