

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Г. М. БАРТЕНЕВ и Л. Е. ПЕРЕГУДОВА

**О ВЛИЯНИИ СКОРОСТИ СКОЛЬЖЕНИЯ НА ТРЕНИЕ РЕЗИНЫ  
СО СМАЗКОЙ И БЕЗ СМАЗКИ**

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 25 III 1954)

Характеристики трения скольжения резины со смазкой и без смазки не сопоставлялись до сих пор. Ниже приводятся результаты исследования скорости скольжения на коэффициент трения резины по металлам (стали и алюминию) в этих двух случаях. Исследуемая резина (из полибутадиенового каучука) имела твердость по Шору около 90.

На рис. 1 приведены результаты измерений при трении с несмазанными поверхностями\*. Из хода кривых следует, что коэффициент трения исследуемой резины по металлам возрастает с увеличением скорости скольжения и что величина его зависит от природы твердой поверхности. Эти результаты согласуются с имеющимися данными по трению резины и других высокополимерных материалов по различным твердым поверхностям<sup>(1-7)</sup>. Из имеющихся экспериментальных данных следует, что трение резины по несмазанным твердым поверхностям возрастает с увеличением скорости независимо от природы твердых тел и величины нормального давления.

На рис. 2 а приведена характеристика трения исследуемой резины при наличии смазки (полисилоксановая смазка с вязкостью большей вязкости воды примерно на три порядка; слой смазки наносился толщиной 0,1—0,22 мм). Из приведенных результатов следует: 1) характеристика трения состоит из двух частей — нисходящей и восходящей ветви; 2) критическая скорость, соответствующая минимальному значению силы трения, равна примерно 0,02 м/сек; 3) коэффициент трения на возрастающей ветви не зависит, а на нисходящей ветви зависит от природы твердой поверхности.

Полученная зависимость трения от скорости согласуется с общими представлениями о жидкостном трении<sup>(9, 10)</sup>.

На рис. 2 б приведены данные<sup>(11)</sup>, показывающие, что трение резины по стали при смазке водой уменьшается с увеличением скорости скольже-

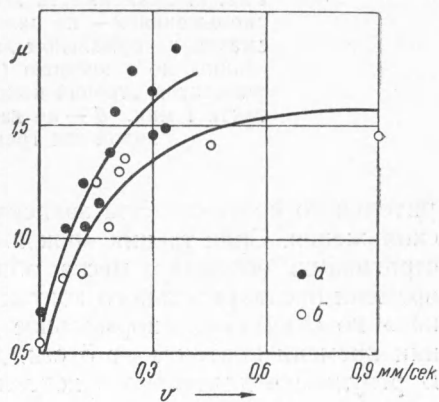


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения скольжения резины по металлам при несмазанных поверхностях и нормальном давлении  $0,08 \text{ кг/см}^2$ : а — по алюминию, б — по стали

\* Указанные на рис. 1 коэффициенты трения «покоя» были рассчитаны при нормальной нагрузке, соответствующей нашим условиям испытания, по данным<sup>(8)</sup>, полученным на той же резине в паре со сталью и алюминийсодержащим сплавом.

ния. Можно ожидать, что падающая характеристика будет иметь место в этом интервале скоростей для всех маловязких смазок в силу того, что они легко выдавливаются, образуя в местах контакта слой жидкой смазки тем меньший, чем меньше скорость скольжения.

Таким образом, при трении резины, как и при трении твердых тел, существенное влияние на характеристику трения оказывает вязкость смазочного материала.

Характеристика трения на восходящей ветви не зависит от времени предварительного контакта поверхностей до приложения тангенциальной силы. Трение на нисходящей ветви, напротив, зависит от времени предва-

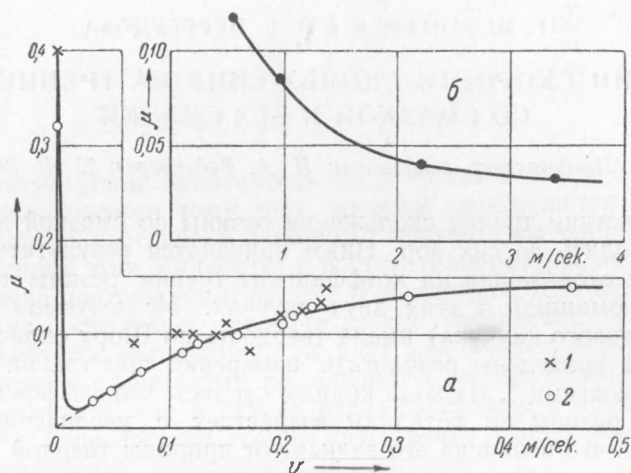


Рис. 2. Зависимость коэффициента трения от скорости скольжения: а — по нашим данным при наличии вязкой смазки и нормальном давлении  $0,08 \text{ кг/см}^2$  для трения резины по алюминию (1) и стали (2); значения коэффициентов «трения покоя» относятся ко времени контакта 1 мин. б — по данным Шанникова при смазке водой для трения резины по стали

рительного контакта. Эта зависимость тем больше, чем меньше скорость скольжения. Сила трения «покоя», соответствующая тангенциальной силе страгивания образца с места, обнаруживает наибольшую зависимость от времени предварительного контакта. Например, коэффициент трения «покоя» по алюминию (нормальное давление  $p = 0,08 \text{ кг/см}^2$ ) при изменении времени контакта от 5 сек. до 40 часов возрастает от 0,22 до 0,66. В результате длительного контакта трение «покоя» достигает значений, характерных для несмазанных поверхностей. При скорости скольжения  $v \rightarrow 0$  коэффициент трения скольжения стремится к коэффициенту трения «покоя» при времени контакта  $t \rightarrow \infty$ . С увеличением скорости, напротив, может быть достигнуто состояние (минимум на кривой), когда время опыта недостаточно, чтобы заметно изменить толщину слоя смазки. Поэтому восходящая ветвь характеристики трения соответствует постоянной, а нисходящая — переменной толщине слоя смазки.

Результаты опытов по трению резины со смазкой находятся в согласии с гидродинамической теорией смазки (9). Согласно этой теории режим трения и значение коэффициента трения зависит от безразмерного параметра  $S = \frac{\eta v}{N} L$ , где  $\eta$  — вязкость,  $v$  — скорость скольжения,  $N$  — нагрузка,  $L$  — характерная длина (в наших опытах ширина образца). В нашем случае для критической скорости  $v \cong 0,02 \text{ м/сек}$ , соответствующей минимуму трения, параметр  $S = 0,8 \cdot 10^{-4}$ . Для водяной смазки минимуму трения соответствует это же значение параметра. Учитывая, что вязкость

воды на три порядка меньше, получим для водяной смазки при тех же условиях опыта критическую скорость  $v \cong 20$  м/сек.

Таким образом, если при трении без смазки зависимость силы трения от скорости скольжения резко отличается от характеристик трения твердых тел, то при трении резины со смазкой наблюдаются те же основные закономерности, что и для твердых тел.

Установленная зависимость трения «покоя» резины при наличии смазки от времени неподвижного контакта имеет существенное значение для работы уплотнителей из мягких материалов.

Авторы выражают благодарность члену-корреспонденту АН СССР Б. В. Дерягину за обсуждение результатов.

Научно-исследовательский институт  
резиновой промышленности

Поступило  
21 XI 1953

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Е. А. Чудаков, Трение и износ в машинах, Изд. АН СССР, 1939, стр. 463.  
<sup>2</sup> I. V. Derieux, *Rubb. Chem. Techn.*, **8**, 441 (1935). <sup>3</sup> И. В. Крагельский. Трение волокнистых веществ, Гизлегпром, 1941; Трение и износ в машинах, Изд. АН СССР, 1939, стр. 543. <sup>4</sup> P. Thirion, *Rubb. Chem. Techn.*, **21**, 505 (1948). <sup>5</sup> A. Schallamach, *Proc. Phys. Soc.*, (B) **66**, 386 (1953). <sup>6</sup> C. S. Wilkinson, *India Rubb. World*, **128**, 475 (1953). <sup>7</sup> J. Hurry, J. Prosk, *ibid.*, **128**, 619 (1953). <sup>8</sup> С. Б. Ратнер, ДАН, **83**, 443 (1952). <sup>9</sup> Гидродинамическая теория смазки. Сборник классических работ, ГТТИ, 1934. <sup>10</sup> Б. В. Дерягин, Что такое трение, Изд. АН СССР, 1952. <sup>11</sup> В. М. Шанников, Каучук и резина, № 12 (1939).