

**Стрельников Ю.А.**

*Тверской государственный технический университет,*

*Российская Федерация*

## **ИЗМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ПРИ ДЕЙСТВИИ ВЫСОКОГО ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ**

Для разнообразных пар трения, работающих при взаимном перемещении в обычных условиях, достаточно подробно изучены процессы трения и изнашивания, имеются инженерные расчеты с учетом параметров в той или иной мере влияющих на процессы трения. Однако, особенности работы геофизического, глубоководного оборудования и химической аппаратуры предопределяют необходимость изучения трибологических характеристик в условиях высокого гидростатического давления (ВГД) и повышенной температуры.

Проведены исследования пластического контакта сферического индентора с контробразцом в условиях ВГД (до 140МПа) и температуры (до 200°С).

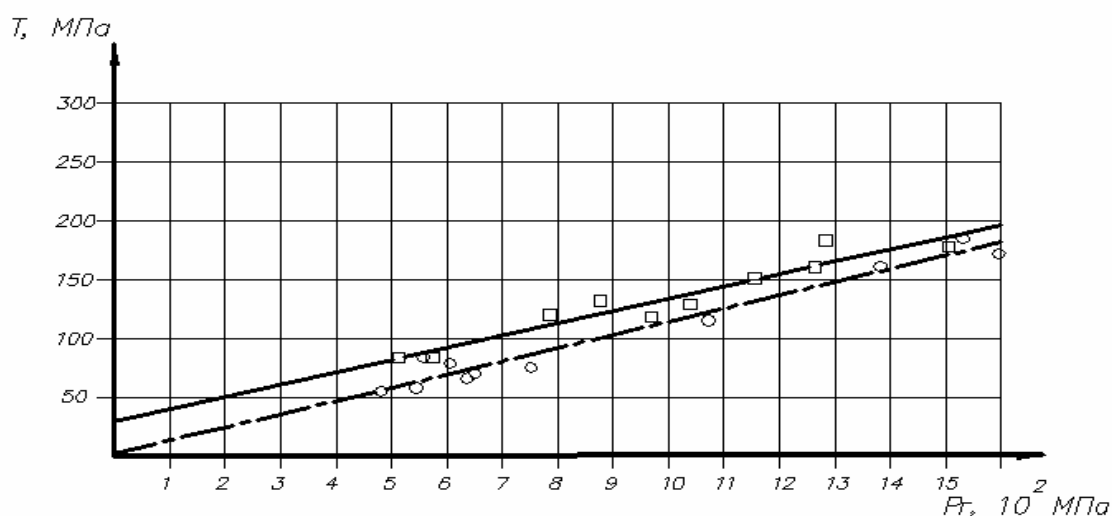
При пластическом контакте коэффициент трения для единичной сферической шероховатости определяется по формуле:

$$f = \frac{\tau_0}{HB} + \beta + \frac{0,31}{R} \cdot \left[ \frac{N}{HB} \right]^{0.5},$$

где  $\tau_0$  и  $\beta$  – адгезионные параметры; R–радиус микронеровности; N– нормальная нагрузка; HB – твердость материала.

Согласно полученным экспериментальным данным ВГД влияет на твердость материалов и адгезионные характеристики  $\tau_0$  и  $\beta$ . На специально созданном оборудовании УСГ-2008 было определено, что при возрастании гидростатического давления в различных жидкостях фрикционный параметр  $\tau_0$  – уменьшается. Параметр  $\beta$  изменяется слабо для металлических материалов, а для полиамида ПА-6 существенно.

По экспериментальным результатам был построен график зависимости удельной силы трения от контурного давления при действии всестороннего давления жидкости, который показан на рисунке 1.



**Рис.1** Зависимость удельной силы трения от контурного давления при действии гидростатического давления жидкости

□ ——— атмосферное давление; ○ — — — под давлением 98 МПа. Жидкость – масло ИПМ-10. Сталь 40X13 (28,3...29,13 HRC) - бронза БрАЖН 10-4-4 (2060...2150 НВ)

Расчетные прямые строили по методу наименьших квадратов. Отклонение опытных данных от расчетных не превышает 11% при коэффициенте корреляции 0,95.

Из графика видно, что при действии гидростатического давления характер зависимости подтверждает двучленный закон трения.

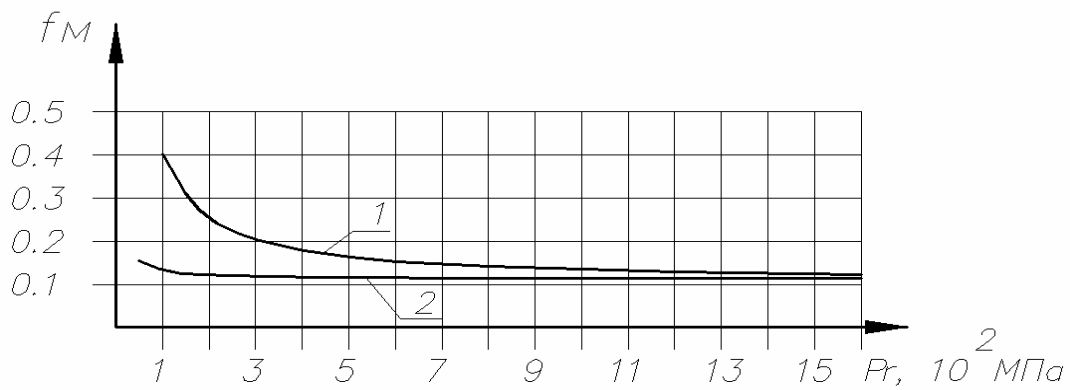
Зависимости молекулярной составляющей коэффициента трения от фактического давления при действии гидростатического давления жидкости, представлены на рисунке 2.

Адгезионная составляющая коэффициента трения при действии ВГД снижается до 2 и более раз, при возрастании давления на контакте эффект нивелирует.

Кроме этого, сила  $N$ , с которой контактирует сферический индентор и поверхность, складывается из внешней нагрузки  $N'$  и нагрузки создаваемой гидростатическим давлением на фактическую площадь контакта:

$$N = N' + \underline{P} \cdot A_r,$$

где  $\underline{P}$  – гидростатическое давление;  $A_r$  – фактическая площадь контакта.



**Рис.2** Зависимость молекулярной составляющей коэффициента трения от контурного давления при действии всестороннего давления жидкости

1 – атмосферное давление; 2 - под давлением 98 МПа. Жидкость – масло ИПМ-10. Сталь 40Х13 (28,3...29,13 НRC) - бронза БрАЖН 10-4-4 (2060...2150 НВ)

На основании полученных экспериментальных данных и теории размерностей физических величин, изменение твердости от гидростатического давления предложено аппроксимировать следующей функцией:

$$HB_{P,T} = HB_{0,T} + a \cdot \frac{P^2}{HB_{0,T}}$$

где  $HB_{P,T}$  – твердость при давлении  $P$  и температуре  $T$ ;  $HB_{0,T}$  – твердость при атмосферном давлении и температуре  $T$ ;  $a$  – эмпирический коэффициент.

Деформационная составляющая коэффициента трения при пластическом контакте под действием гидростатического давления увеличивается на 5-10% в зависимости от механических свойств при нормальных условиях, причем изменение тем меньше, чем выше твердость материала.

Расчеты зависимостей адгезионных параметров и твердости материала от температуры описываются экспоненциальными функциями.

Таким образом, при совместном влиянии высокой температуры до 200 °С и высокого гидростатического давления до 140 МПа изменение силы трения в узлах и механизмах может составить 30-60%, что может существенно сказаться на надежности оборудования.