

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ НА ТРЕНИЕ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ НАСОСОВ В ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ

Алисин В.В.

*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук,
Москва*

Ключевые слова: коэффициент трения, трибологические испытания, фторопласт, радиационная модификация фторопласта, уплотнения гидронасосов.

Аннотация. Работа посвящена исследованию коэффициента трения фторопластового уплотнения в поршневом гидронасосе при трогании с места в переходном режиме в диапазоне средних скоростей 1-3 м/с. Особое внимание обращено на переход от граничного трения к гидродинамическому режиму. В условиях возвратно-поступательного движения в этот момент происходит изменение вектора скорости, во время которого скорость проходит через ноль. На модельных экспериментах исследовался коэффициент трения от момента начала движения до установившегося движения. определена зависимость коэффициента трения от скорости. Установлена, критическая скорость, после которой коэффициент трения увеличивается за счет влияния фрикционного разогрева поверхностей трения. Предлагается на этапе проектирования гидронасоса вносить поправку в расчетный тепловой режим.

METHODS OF TESTING FOR FRICTION OF SEALING MATERIALS OF HYDRAULIC PUMPS IN TRANSIENT MODES

Alisin V.V.

*Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences,
Moscow*

Keywords: coefficient of friction, tribological tests, fluoroplast, radiation modification of fluoroplast, hydraulic pump seals.

Abstract. The work is devoted to the study of the coefficient of friction of a fluoroplastic seal in a piston hydraulic pump when starting from a place in a transient mode in the range of average speeds of 1-3 m/s. Special attention is paid to the transition from boundary friction to the hydrodynamic regime. In the conditions of reciprocating motion, at this moment there is a change in the velocity vector, during which the velocity passes through zero. On model experiments, the coefficient of friction was studied from the moment of the beginning of motion to steady motion. the dependence of the coefficient of friction on the speed is determined. A critical velocity is established, after which the coefficient of friction increases due to the influence of frictional heating of the friction surfaces. It is proposed to make an amendment to the calculated thermal regime at the design stage of the hydraulic pump.

Введение. В составе большинства гидравлических систем входят гидравлические поршневые или плунжерные насосы, в которых часто применяются уплотнения из фторопласта или композитов на основе фторопласта с разнообразными наполнителями. К числу перспективных уплотнительных материалов относится радиационно упрочненный фторопласт [1-3]. Надежность работы насосов зависит от работоспособности уплотнений. Нарушение герметичности полости цилиндра и утечки рабочей жидкости происходят вследствие износа поверхностей трения уплотнения. В работе [4] отмечается, что

понимание механизмов выхода уплотнения из строя может повысить надежность эксплуатации и срок службы уплотнения, износ которого ухудшают механические и химические свойства уплотнения. В работе [5] экспериментально изучен процесс разрушения гидравлического уплотнения. Экспериментальные данные контролируются датчиком волоконным датчиком давления и датчиком трения. Предложен метод определения параметров ухудшения эксплуатационных характеристик уплотнения. Создана модель прогнозирования надежности, которая может описывать процесс ухудшения производительности. Скольжение уплотнения по поверхности цилиндра в условиях возвратно-поступательного движения происходит при переменной скорости. В переходных режимах трения скорость изменяется от максимальной до нуля, т.е. имеет место трение покоя, часто называемое трением при трогании с места, которое существенно больше трения движения. Именно в этом переходном режиме происходит переход от гидродинамического режима к граничному трению, во время которого имеет место повышенный износ поверхностей трения. Экспериментальных исследований переходных режимов мало в силу большой трудоемкости экспериментов, поэтому такие исследования проводят на модельных опытах.

Цель данной работы состоит в изучении влияния средней скорости на коэффициент трения фторопласта в момент трогания с места и при движении в диапазоне скоростей скольжения 1-3 м/с, соответствующей средней скорости движения плунжера в аксиально поршневых насосах.

Материалы. Для экспериментов выбран радиационно упрочненный фторопласт. Контртело изготовлено из стали 40Х. В качестве рабочей жидкости выбрана гидравлическая жидкость АМГ-10 ГОСТ 6794-2017.

Оборудование. Эксперименты выполнены на модернизированной машине трения МАСТ-1 [1]. Опыты проведены по схеме трения торца кольцевого стального подвижного образца по пластине из фторопласта, выполненной в виде плоской шайбы.

Результаты. После установки образцов в стакане заполненном рабочей жидкостью пара трения нагружается нормальной силой 40 Н и включается привод. Момент трения записывается с помощью тензометрических датчиков ZET 7111. На рисунке 1 приведена типовая запись момента трения.

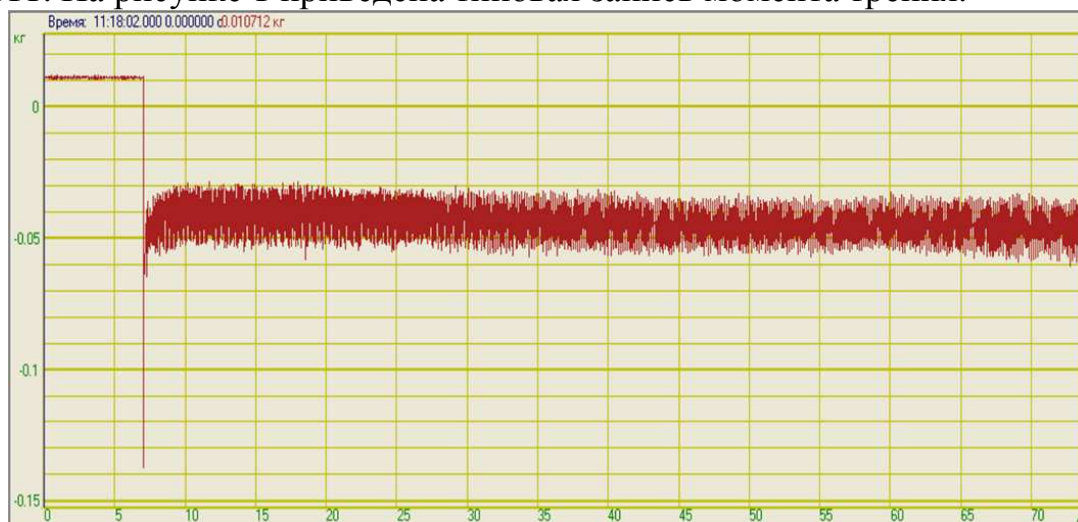


Рис. 1. Осциллограмма момента трения фторопласта по стали при переходе от покоя к движению со скоростью 1,5 м/с

Первый пик на диаграмме сил трения соответствует моменту трогания с места. Средняя линия соответствует установившемуся движению. Коэффициент трения в установившемся движении 0,03 и мало зависит от скорости. На рисунке 2 показан влияние скорости на коэффициент трения трогания с места при нормальной нагрузке на пару трения 284 Н в среде гидравлической жидкости АМГ-10.

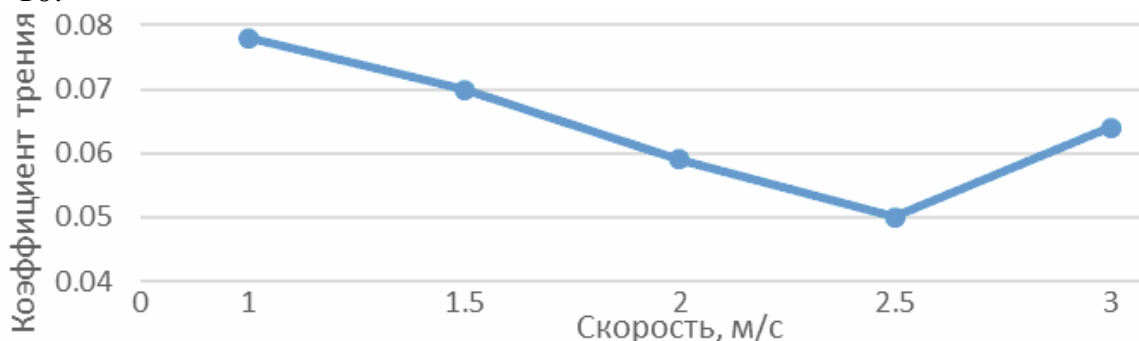


Рис. 2. Зависимость коэффициента трения при трогании с места модифицированного фторопласта по стали

С увеличением скорости коэффициент трения при трогании с места уменьшается почти линейно. При скорости 2,5 м/с коэффициент трения увеличивается. С увеличением скорости увеличивается тепловыделением от трения. Когда количество выделяемого тепла от фрикционного разогрева достигает значений, при которых тепловое воздействие на материал приводит к ухудшению механических свойств, в основном твердости материала, то коэффициент трения увеличивается. Следовательно, при проектировании поршневых гидронасосов с уплотнениями из полимеров и эластомеров нужно учитывать тепловыделения от фрикционного нагрева.

Список литературы

1. Хатипов С.А., Садовская Н.В., Авилов А.С., Хатипов Р.С., Бузник В.М. Модифицирование микроструктуры политетрафторэтилена в сверхкритической среде // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2022. – № 12. – С. 70-79. – doi: 10.31857/S1028096022120159.
2. Обвинцев А.Ю., Серов С.А., Садовская Н.В., Хатипов С.А., Бузник В.М. Механизм влияния гамма-облучения на поверхностные свойства политетрафторэтилена // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2018. – № 10. – С. 52-58. – doi: 10.1134/S020735281810014.
3. Алисин В.В., Албагачиев А.Ю., Ерофеев М.Н., Юдкин В.Ф. Влияние температуры на механические свойства поверхностного слоя радиационно-упрочненного фторопласта // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2023. – № 4. – С. 12-18. doi: 10.31857/S023571192304003X.
4. Li W., Zhang L., Zhang C., Meng D., He P. Time-varying characteristics of friction squeal and the influence of heterogeneous friction and contact characteristics based on transient simulation // Applied Acoustics. 2022, vol. 197, p. 108896. doi.org/10.1016/j.apacoust.2022.108896.
5. Cherikh M-B., Bauzin J-G., Laraqi N. Experimental estimation of transient evolution of three thermal parameters characterizing a dry friction interface // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2021, vol. 169, p. 120986. doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.120986.

Сведения об авторе:

Алисин Валерий Васильевич – к.т.н., ведущий научный сотрудник.