

ИЗНОС УПЛОТНЕНИЙ БУРОВЫХ НАСОСОВ

А.А. ДУБОВСКИЙ, М.Ю. КОДНЯНКО

ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», г. Солигорск, Республика Беларусь

Одним из важнейших узлов буровой установки для добычи нефти и газа является буровой насос. Во время работы насоса в полость цилиндра попадает буровой раствор большой вязкости на нефтяной или водной основе, в который могут входить абразивные частицы, глина, утяжеляющие добавки и химические реагенты. Наиболее интенсивно изнашиваемой деталью насоса является манжета, устанавливаемая на поршень в цилиндрической группе. Высокой химической стойкостью и стойкостью к динамическому воздействию твердых частиц обладают полиуретаны. В работе описано, как проводились испытания влияния нагрузки на линейную интенсивность изнашивания ПУ. Проведен анализ полученных результатов.

Одним из важнейших узлов буровой установки для добычи нефти и газа является буровой насос (рисунок 1). Он служит для осуществления циркуляции бурового раствора в скважине и позволяет сохранять породу в виде взвеси, освобождать забой и скважину от шлама. Во время работы насоса, в полость цилиндра попадает буровой раствор на нефтяной или водной основе. Раствор имеет большую вязкость, в его состав могут входить абразивные частицы, глина, утяжеляющие добавки, химические реагенты и другие компоненты. Общее содержание твердых частиц в утяжеленном буровом растворе может достигать до 40 % объема. В таких условиях наиболее интенсивно изнашиваемой деталью насоса является манжета, устанавливаемая на поршень в цилиндрической группе [1].



Рисунок 1 – Универсальный насос буровой трехпоршневой УНБТ-1180L

На сегодняшний день манжеты изготавливают из резины марки ИРП-1297 ТУ 26-20-1088-88. Она обладает высокой износостойкостью, повышенной твердостью и маслостойкостью, способна работать в среде воды и воздуха при температурах от -20°C до $+100^{\circ}\text{C}$. Срок службы резиновых манжет составляет 240-280 часов. Замена изношенных манжет приводит к остановке всего технологического процесса бурения и к существенным убыткам.

Важным фактором, определяющим эксплуатационные характеристики манжет, является их проницаемость по отношению к рабочей среде и степень набухания в ней. Так, набухание эластомера в органической среде

может стать причиной изменения его механических свойств, обусловленного ослаблением межмолекулярных связей. Наиболее высокими химической стойкостью и стойкостью к динамическому воздействию твердых частиц обладают полиуретаны (ПУ). Поэтому представляет интерес изучить триботехнические характеристики ПУ в среде, соответствующей по составу буровому раствору.

На сегодняшний день достаточно полно изучены закономерности изнашивания полиуретанов при трении по закрепленному абразиву, и в меньшей степени рассмотрены особенности изнашивания полиуретанов в водной и углеводородной среде, содержащих абразивные частицы [1, 2]. Жидкая среда в данном случае играет роль смазочного материала, это вносит существенные изменения в процесс трения эластомера по абразиву.

Испытания проводились на машине трения, совершающей возвратно-поступательное движение стального контртела по поверхности неподвижного образца из ПУ и реализующей схему контакта «наружная цилиндрическая поверхность полиуретановой манжеты – внутренняя поверхность стального полуцилиндра». Контртело представляло собой плиту, изготовленную из стали 18ХГТ с пазом в виде полуцилиндра Ø 40 мм, закрытым с торцов крышками, в котором помещалась рабочая среда. Моделью рабочей среды являлось масло индустриальное марки И-20А (И-Г-А-32), содержащее 15 мас. % абразивных частиц. В качестве абразива использовался оксид кремния. Образец представлял собой полиуретановое кольцо Ø 40 мм с отверстием Ø 20 мм для закрепления в нагружающем механизме и толщиной 10 мм. Площадь контакта сопрягаемых деталей составляла $A_a = 6,28 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$.

Перед каждым испытанием полиуретановые образцы выдерживались в течение 12 часов в масле И-20А для полного насыщения. Линейную интенсивность I_h изнашивания рассчитывали по формуле:

$$I_h = \frac{\Delta m}{\rho A_a L},$$

где Δm – потеря массы, кг;

ρ – плотность изнашиваемого материала (1180 кг/м³);

L – путь трения.

Испытания продолжались от 2 до 8 часов при скорости скольжения $v = 0,22$ м/с. Нормальная нагрузка N , прижимающая трущиеся детали друг другу, изменялась в интервале 10-30 Н [2].

Испытания показали, что линейная интенсивность изнашивания ПУ при трении по стали в масляно-абразивной среде монотонно возрастает с увеличением нормальной нагрузки N (рисунок 2). Такую зависимость можно объяснить конкурирующим влиянием двух основных факторов. Первым из них является то, что с повышением N уменьшается зазор между сопрягаемыми деталями и, как следствие, менее вероятным становится попадание абразивных частиц в зону трения. Это должно сопровождаться уменьшением числа повреждаемых абразивом участков поверхности трения ПУ и снижением его интенсивности изнашивания.

Вторым фактором является глубина внедрения абразивных частиц в изнашиваемый материал. С увеличением нормальной нагрузки глубина увеличивается, масляная пленка, разделяющая абразивную частицу и ПУ, разрушается, происходит увеличение силы трения. После достижения критической нагрузки возможен переход от упругой (высокоэластической) деформации эластомера к локальному разрушению поверхности, проникновению частицы в поверхностный слой и, под действием касательной нагрузки, к микрорезанию. То есть, реализуется абразивное изнашивание, интенсивность которого тем выше, чем больше N . Кроме того, повышение нормальной нагрузки сопровождается разрушением смазочного слоя между выступами поверхностей контртела и ПУ, вступлением большего числа этих выступов в непосредственный контакт, и увеличением контактных деформаций ПУ [3].

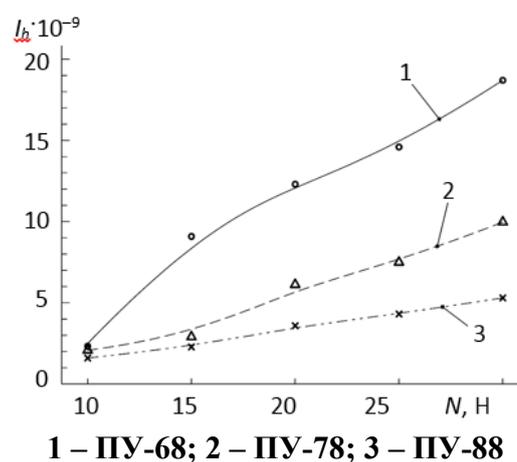


Рисунок 2 – Влияние нагрузки на линейную интенсивность изнашивания ПУ

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданович П.Н., Коднянко М.Ю., Брундуков А.С., Стратанович В.А. Износостойкость уплотнений буровых насосов из полиуретана, работающих в водной среде с абразивом / Горная механика и машиностроение. – 2022. – № 1. – С. 50-55.
2. Богданович П.Н., Коднянко М.Ю., Стратанович В.А., Брундуков А.С. Закономерности изнашивания уплотнений буровых насосов из полиуретана в углеводородной рабочей среде с абразивом / Горная механика и машиностроение. – 2020. – № 2. – С. 28-32.
3. Богданович, П.Н. Трение, смазка и износ в машинах: учебник / П.Н. Богданович, В.Я. Прушак, С.П. Богданович. – Минск: Тэхналогія, 2011. – 527 с.