

где F_c – площадь поршня ГЦ; $p_{гц}^{\max}$ – максимальное давление в ГЦ; $p_{пк}$ – давление настройки предохранительного клапана гидропривода; $\Delta p_{др}$ – потери давления на дросселе в магистрали слива; $\Delta p_{гм}$ – потери давления в магистрали.

Максимальное давление в ГЦ ограничено настройкой предохранительного клапана и потерями давления в гидроприводе. Грузоподъемность ПНУ определяется по формуле

$$G_S = \frac{p_2^{\max} F_H - [F_{ин}^{np} + F_{тр}^{np}]}{I_S^{\max}}, \quad (3)$$

где $G_{S6}(S)$ – грузоподъемность ПНУ, соответствующая расположению центра тяжести веса груза; p_2^{\max} – максимально возможное давление в гидроцилиндре МН, $F_{ин}^{np}$, $F_{тр}^{np}$ – соответственно приведенные силы инерции и трения; F_H – суммарная площадь поршней рабочих гидроцилиндров.

Как следует из выражения (3), грузоподъемность ПНУ – это интегральный показатель, зависящий одновременно от параметров гидропривода, механизма навески, веса груза и его расположения относительно оси подвеса.

Результаты расчета выходных параметров ПНУ УЭС-350, агрегируемого с имитатором комбайна КНК-500, выполненные на сформированной функциональной математической модели, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Выходные параметры ПНУ УЭС-350

S	$Y_{56}(S)$	$X_{56}(S)$	$Y_{56}(S)$	$\varphi_6(S)$	$\varphi_3'(S)$	$I_S(S)$	$R_{34}(S)$	$F(S)$	$p_2(S)$	$G_{56}(S)$
	м			град	1/м	–	кН		МПа	кН
0,571	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,596	0,320	2,447	0,571	90,019	4,844	3,291	52,798	157,931	14,313	62,05
0,621	0,404	2,468	0,652	89,869	4,425	3,210	52,019	154,092	13,963	63,597
0,646	0,486	2,480	0,732	89,780	4,175	3,164	51,349	151,849	13,760	64,536
0,671	0,566	2,486	0,810	89,741	4,022	3,135	50,754	150,490	13,637	65,118
0,696	0,644	2,485	0,889	89,746	3,935	3,118	50,214	149,658	13,561	65,480
0,721	0,720	2,478	0,966	89,794	3,896	3,107	49,720	149,159	13,516	65,699
0,746	0,796	2,466	1,044	89,884	3,896	3,102	49,270	148,884	13,491	65,821
0,771	0,870	2,447	1,121	90,021	3,932	3,100	48,866	148,779	13,482	65,867
0,796	0,944	2,423	1,199	90,209	4,003	3,101	48,518	148,833	13,487	65,843
0,821	1,016	2,392	1,277	90,459	4,112	3,106	48,245	149,086	13,509	65,732

Подсоединение навесного кормоуборочного комбайна КНК-500 выполняется, когда высота оси подвеса (Y_{56}) составляет 0,33 м, что соответствует $S = 0,599$ м.

Заложенные в проекте стенда параметры ПНУ УЭС-350 позволяют проводить исследования для всех навесных машин, включая наиболее энергоёмкий процесс перевода из рабочего в транспортное положение комбайна КНК-500.

Представленная методика анализа процесса подъема НМ и определения грузоподъемности ПНУ УЭС-350 позволяет оценить характеристики нагружения электродвигателя и для других навесных машин с УЭС, имеющими идентичные по структуре подъемно-навесные устройства.

УДК 539.231, 620.179.112

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНОГО ПОКРЫТИЯ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ О-ОБРАЗНЫХ КОЛЕЦ ГИДРОСИСТЕМ НА ТРАНСПОРТЕ

М. А. ПОПОВА, В. Ю. ГАЛАСЬ, А. Н. ПОПОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время одной из основных проблем в развитии уплотнительной техники является повышение ресурса работы уплотнений и улучшение их эксплуатационных характеристик. Распространенной причиной потери работоспособности гидро- и пневмосистем машин и механизмов является выход из строя уплотнительных элементов герметизирующих устройств.

Аморфные углеродные покрытия, обладающие низким коэффициентом трения, высокой твердостью и химической инертностью нашли применение при поверхностном модифицировании резинотехнических изделий [1], таких как манжеты и кольца [2].

Целью данной работы является исследование стойкости образцов к воздействию гидравлического масла, триботехнических и эксплуатационных характеристик бутадиен-нитрильной резины с покрытием на основе углерода.

Модифицированию подвергались образцы листовой бутадиен-нитрильной резины и готовые изделия в виде O-образных уплотнительных колец. Покрытия формировались из плазмы импульсного катодно-дугового разряда. Перед нанесением покрытия производилась ультразвуковая очистка с последующей обработкой ионами азота поверхности резины. Углеродное покрытие наносилось двумя слоями с содержанием фтора и азота. Толщина покрытия составляла ~ 0,1 мкм по ~ 50 нм каждого слоя.

Стойкость образцов из O-образного кольца к воздействию гидравлического масла определялась по ГОСТ Р ИСО 1817–2009, измерялись массы резины до и после выдержки в гидравлическом масле Mobil DTE 25.

Стендовые испытания исходного и модифицированного уплотнительных колец производились на импульсном стенде согласно требованиям [3] при давлении импульса 250 бар с температурой гидравлического масла 70 °С и частотой следования импульсов 2Hz.

Триботехнические испытания установили значительное влияние покрытия на значение среднего коэффициента трения f_{cp} (рисунок 1). Для исходной резины на начальном этапе характерно высокое значение f_{cp} (до 1,12) с постепенным уменьшением и стабилизацией значения на уровне 0,8. Для всех образцов резины с покрытиями процесса приработки не происходило и наблюдалось плавное увеличение f_{cp} с 0,16 до 0,30 по истечении 3 тыс. циклов истирания. Таким образом, углеродное покрытие позволило снизить начальное значение f_{cp} в 7 раз, а установившееся – в 2,7 раза.

В процессе выдержки резины в гидравлическом масле при повышенной температуре наблюдалась потеря массы вследствие преобладания процесса экстракция растворимых компонентов (рисунок 2). Углеродное покрытие на протяжении всего эксперимента препятствовало изменению массы резины. По прошествии 336 ч испытания удалось уменьшить изменения массы образца с покрытием на 18 %, по сравнению с исходной резиной (таблица 1).

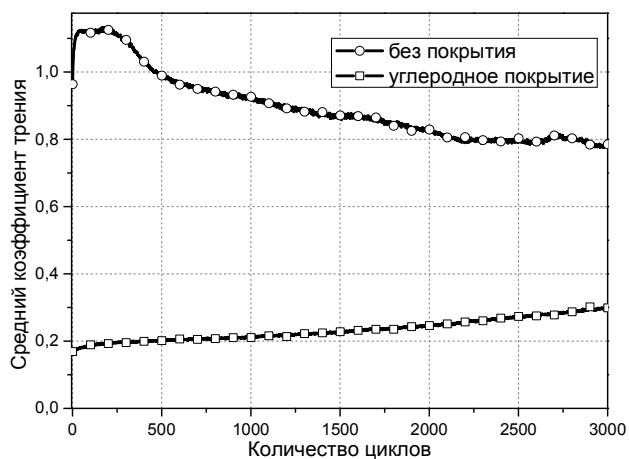


Рисунок 1 – Средний коэффициент трения в течение трибоиспытаний

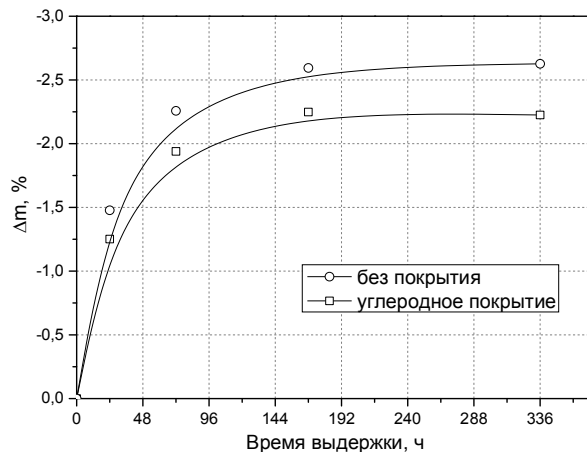


Рисунок 2 – Изменение относительной массы образцов при выдержке в гидравлическом масле

Результаты стендовых испытаний показали, что потеря герметичности по прошествии 750 тыс. циклов стендового испытания не произошла, при разборке гидроцилиндра на поверхности кольца без покрытия наблюдался износ и расслоение при визуальной целостности модифицированного кольца. Видно значительное влияние углеродного покрытия на изменение массы.

Таблица 1 – Изменение массы колец в процессе гидравлического испытания

Количество импульсов, 10^3	Исходное кольцо		Модифицированное кольцо	
	масса, г	потеря массы, %	масса, г	потеря массы, %
0	12,249	0,000	12,326	0,000
45	12,168	0,662	12,313	0,102
75	12,147	0,834	12,291	0,278

Список литературы

- 1 Pei, Y.T. Flexible diamond-like carbon film coated on rubber / Pei Y.T., Bui X.L., van der Pal J.P., Martinez-Martinez D., De Hosson J.Th.M // Progress in Organic Coatings. 2013. – Vol. 76, – Issue 12. – P. 1773–1778.
- 2 Трибомеханические характеристики алмазоподобных покрытий для резиновых уплотнительных колец герметизирующих устройств / А. Н. Попов [и др.] // Механика композитных материалов. – 2017. – № 3. – С. 86–99.
- 3 Test methods for rubber O-rings : GB/T 5720–2008. – Intr. 01.12.2008. – Shanghai : National Rubber and Rubber Products for Standardization Technical Committee; Northwest Institute of Rubber & Plastics, 2008. – 13 с.

УДК 621.879

УСТРОЙСТВА БЕЗОПАСНОСТИ В КОНСТРУКЦИЯХ БЫСТРОСЪЁМНЫХ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ЭКСКАВАТОРОВ

Д. С. ПУПАЧЁВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Одним из направлений повышения многофункциональности одноковшовых экскаваторов является расширение номенклатуры их рабочего оборудования. В настоящее время у крупных производителей экскаваторной техники насчитывается более 30 различных видов сменных рабочих органов. Помимо очевидных плюсов, такое многообразие обуславливает значительные затраты времени при смене оборудования, а также необходимость наличия дополнительного обслуживающего персонала.

Для решения данной проблемы разработаны быстросъёмные соединительные устройства (БСУ), или квик-каплеры (от англ. *quick coupler*). Возможность быстрой замены одного оборудования на другое с их применением значительно увеличивает общую производительность экскаваторов.

На данный момент существуют быстросъёмные устройства трех основных типов – механические, гидравлические и автоматические, которые могут иметь различные варианты конструктивного исполнения. Так, принцип действия механических квик-каплеров основан на применении соединений винт-гайка или упругих элементов в виде пружин. В устройствах гидравлического типа замыкание и отсоединение рабочих органов выполняется гидравлической системой экскаватора, а в самом устройстве имеется гидрозамок. В автоматических устройствах смонтированы гидромосты с быстроразъемными соединениями. Как следствие, при смене гидронавесного оборудования оно не только захватывается и фиксируется квик-каплером, но и соединяется необходимым количеством указанных выше соединений с гидросистемой машины в автоматическом режиме.

Представленные быстросъёмные соединительные устройства выступают промежуточным звеном между рукоятью экскаватора и его рабочим органом. При этом существует вероятность отсоединения последнего в случае выхода из строя самого БСУ и его механических составляющих или повреждения гидролиний и других гидравлических устройств (для БСУ гидравлического и автоматического типов).

Во избежание отказов соединительных элементов БСУ разработаны дополнительные устройства безопасности и резервирования, позволяющие сохранить их работоспособность. Это реализуется путем применения полной автоматизации процесса захвата и удержания, использованием дополнительных фиксирующих элементов, электронных датчиков, систем двойной и даже тройной фиксации.

Наиболее простыми техническими решениями, обеспечивающими безопасность, являются механические приспособления в виде предохранительных пальцев, предотвращающих перемещение захватных крюков под действием нагрузок со стороны рабочих органов, пружинных элементов или зубчатых клиньев и шплинтов, которые также обеспечивают надёжное удержание в случае выхода из строя элементов гидравлики.

Двойная или тройная фиксация подразумевает наличие как основных фиксирующих элементов, так и дополнительных замков (например, гидравлических). При этом отсоединение навесного оборудования становится возможным только при его контакте с опорной поверхностью под определенным давлением.

В ряде устройств, помимо наличия двойной фиксации, имеется автоматическая блокировка, которая в случае неисправности в системе гидравлики переключается на удержание пальцев рабочего оборудования только при помощи механических компонентов без использования гидравлического контура.