

- IL); Caterpillar Inc. (Peoria, IL) – № 891777; Заявл. 14,07,1997; Опубл. 07,09,1999;
25. Пат. 6 722 994 США, МКИ F16D 003/16. Suspended drive axle and agricultural tractor with same/ Woods; Terrill Wayne (Sierra Vista, AZ) et. al.; Deere & Co. (Moline, IL) – 802666; Заявл. 09,05,2001; Опубл. 20,04,2004;
26. Пат. 6 145 859 США, МКИ B60G 009/99. Hydro-pneumatic driven axle suspension/ Altherr; August (Kaiserslautern, DE) et. al.; Deere & Company (Moline, IL) – № 179568; Заявл. 27,10,1998; Опубл. 14,11,2000;
27. Пат. 5 271 632 США, МКИ B60G 017/015; B60G 021/073. Hydro-pneumatic wheel suspension/ Glaser; Fritz (Zweibruecken, DE); Munz; Roman (Mannheim, DE); Deere & Company (Moline, IL) – № 978648; Заявл. 19,11,1992; Опубл. 21,12,1993.

УДК 62-762.6:62-24

## РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ КОМПЛЕКТОВ ПОДВИЖНЫХ УПЛОТНЕНИЙ ДЛЯ ГИДРОЦИЛИНДРОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ПО «ГОМСЕЛЬМАШ»

*Адериха В.Н., Шаповалов В.А., Институт механики металлополимерных систем  
им. В.А. Белого НАН Беларуси,*

*Волков И.В., Республиканское конструкторское унитарное предприятие  
«ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике»,*

*Колупаев Ю.А., Республиканское унитарное предприятие  
«Гомельский завод сельскохозяйственного машиностроения «Гомсельмаш»*

Системы современного гидропривода являются неотъемлемой частью многих машин и механизмов. Качество подвижных уплотнений, применяемых в таких устройствах, напр. гидроцилиндрах, определяет технический уровень машины в целом, поскольку от них зависят наработка на отказ, ресурс, потери мощности и потери рабочей жидкости, а следовательно и экологичность объекта техники. Современный уровень машиностроения требует, чтобы ресурс уплотнений не уступал ресурсу машины в целом, т.о. исключал необходимость ремонта и замены уплотнений в процессе всего срока эксплуатации машины, обеспечивая при этом низкие потери на трение и полное отсутствие либо минимальный уровень утечек рабочей жидкости.

Сравнительные испытания уплотнений, проведенные в РКУП ГСКБ ПО «Гомсельмаш» показали, что резиновые манжеты производства ПО «Резинотехника» (г. Бобруйск) — единственный тип отечественных уплотнений для гидроцилиндров, выпускавшихся в РБ на момент начала настоящей работы, в три-четыре раза уступали импортным уплотнениям по ресурсу и прочим тех-

ническим показателям, в связи с чем ПО «Гомсельмаш» до последнего времени осуществляло закупку комплектов уплотнений для новой техники за рубежом. Это и предопределило постановку задачи – разработать материалы, их технологию и конструкцию комплекта уплотнений, соответствующего по техническому уровню лучшим зарубежным аналогам, а по экономическим показателям - превосходящие их. Работа выполнялась в рамках задания региональной научно-технической программы Гомельской области.

Уплотнение является достаточно сложным объектом современной техники, т.к. его эффективная работа определяется сочетанием свойств самого материала уплотнения и используемой конструкции. Соответственно разработка отечественного аналога зарубежных уплотнений включала в себя несколько этапов:

- ♦ материаловедческие исследования — создание материалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками для различных функциональных элементов комплекта (уплотняющего кольца, опорно-направляющего кольца, грязесъемника) и их технологии;

♦ опытно-конструкторские работы по определению конструкции установочных мест в гидроцилиндре и отработке по результатам испытаний конструкции уплотнений, обеспечивающей их эффективное функционирование при использовании конкретных материалов;

♦ разработку конструкторской документации на технологическую оснастку и ее изготовление для организации опытно-промышленного производства комплектов уплотнений;

♦ организацию опытно-промышленного производства комплектов уплотнений.

В связи с достаточно узким ассортиментом полимерных материалов, выпускающихся в Беларуси, в качестве базы материаловедческих исследований рассматривались прежде всего материалы производимые в странах СНГ, в первую очередь России, с которой сохранена и развивается высокая степень интеграции экономики нашей республики. В качестве основы подвижных уплотнений и грязесъемников выбран политетрафторэтилен (фторопласт-4), композиции которого применяются в большинстве конструкций ведущих в этой области зарубежных компаний, таких как Busak+Shamban, Karl Freudenberg, Merkel, W.Hunger и др., а в качестве основы опорно-направляющих колец – модифицированные угленаполненные композиции полиамида с улучшенными триботехническими характеристиками. Промышленные фторопластовые композиты российского производства (Ф4К20, Ф4К15М5, Ф4С15 и др.) не были использованы в связи с заметной абразивностью применяемых наполнителей, осложняющих их механообработку и эксплуатацию, и высокой стоимостью изделий из них при их получении механической обработкой толстостенных заготовок. Промышленные полиамидные углепластики, выпускаемые Светлогорским ПО «Химволокно» также были признаны непригодными для использования в исходном виде в связи с недостаточной несущей способностью и склонностью к намазыванию при тяжелых режимах трения.

При разработке фторопластового композита решалась задача создания высокоизносостойкого материала, не имеющего в своем составе абразивных наполнителей, и обладающего достаточной эластичностью для монтажа в закрытые посадочные места. К материалу опорно-направляющих колец в связи с появлением значительных осевых нагрузок при работе гидроцилиндра помимо высокой износостойкости и низкого коэффициента трения дополнительно предъявляется

требование повышенной несущей способностью при полном исключении макропереноса (намазывания) материала на контактирующую металлическую поверхность. Намазывание нередко наблюдается при тяжелых режимах трения полиамидных пластмасс, в том числе и промышленных полиамидных углепластиков. Намазывание материала опорно-направляющего кольца на поверхность трения штока может привести к разрушению рабочей кромки фторопластового уплотнения, работающего по той же поверхности трения, и его выходу из строя. В результате материаловедческих исследований были разработаны новые антифрикционные материалы «Полиамид угленаполненный УПА(Т)-6/12» ТУ РБ 400084698.120-2001, извещение №1, и «Политетрафторэтилен наполненный Фторан(Гр)-10» ТУ РБ 400084698.118-2001.

Выбор типа материала уплотнения (термопласт ↔ эластомер) в свою очередь предопределяет выбор типа конструкции подвижного уплотнения (резинопластмассовое уплотнение ↔ манжета). Принципиальный вид комбинированного резино-пластмассового уплотнения, использованного в настоящей работе приведен на рис. 1. В данной конструкции эластомер (резиновое кольцо 1) используется для уплотнения посадочной канавки 2 и поджатия фторопластового уплотнения 3 к подвижной контактной поверхности 4 (штоку, гильзе цилиндра), а собственно герметизацию в динамике обеспечивает плоское ступенчатое кольцо 3 (step seal) из фторопластовой композиции. Для качественной герметизации штока в конструкции предусмотрена установка двух комбинированных резино-пластмассовых уплотнений и аналогичного по конструкции грязесъемника, выполняющего одновременно функции уплотнения. Герметизация поршневой полости решена применением одного комбинированного резино-пластмассового уплотнения. Общий вид гидроцилиндра, оснащенного разработанным комплектом уплотнений приведен на рис. 2.

Стендовые испытания экспериментального гидроцилиндра были проведены в РКУП ГСКБ ПО «Гомсельмаш» и включали в себя проверку герметичности при испытательном давлении 24 МПа в статике и ресурсные испытания при рабочем давлении 16 МПа. С учетом назначенного ресурса  $0,75 \times 10^6$  циклов испытания проводили в объеме не менее  $0,12 \times 10^6$  циклов, что в соответствии с ОСТ 105-208—88 составляет 90 % нара-

ботку на отказ. Ход поршня составлял 0,2 м и максимальная скорость движения — 0,5 м/с. Рабочая жидкость – масло МГЕ 46В ТУ 38.001347-83, очищенное при помощи фильтра с номинальной тонкостью фильтрации 25 мкм. Температура масла 50...60 °С. Осевую нагрузку на шток задавали с помощью однотипного гидроцилиндра. Схема стенда представлена на рис. 3.

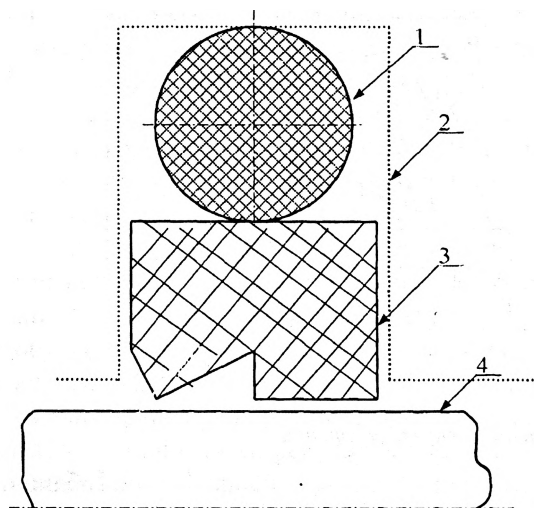


Рис. 1. Принципиальный вид комбинированного резино-пластмассового уплотнения штока. 1 – резиновое кольцо, 2 – посадочная канавка штоковой втулки, 3 – фторопластовое уплотнение, 4 – шток

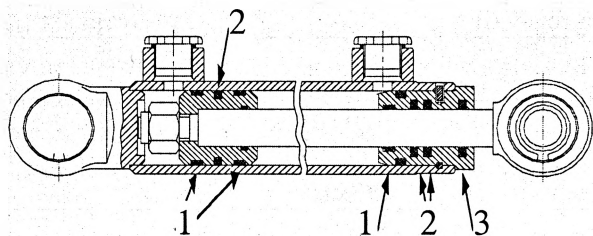


Рис. 2. Общий вид гидроцилиндра. Обозначения: 1 – опорные кольца, 2 – комбинированные уплотнения, 3 – грязесъемник

Рабочая жидкость из бака 1 подавалась насосом 2 к распределителю 4 гидроблока ГБ. Предохранительный клапан 3 использовался для защиты насоса от перегрузок. В нейтральном положении распределителя 4 рабочая жидкость поступала на слив в бак. При включении электромагнита У1 или У2 распределителя 4 рабочая жидкость подавалась соответственно в поршневую или штоковую полость испытуемого гидроцилиндра 6, который через коромысло 8 связан с нагрузочным гидроцилиндром 7. Для создания нагрузки на гидроцилиндре 7 и, соответственно на испытуемом гидроцилиндре 6 служат дроссели с обратным клапаном 9 (1) и 9 (2).

Контроль за величиной давления в полостях испытуемого гидроцилиндра проводился по манометрам 5 (1) и 5 (2). Для охлаждения рабочей жидкости в стенде использовался теплообменник 10. Результаты стендовых испытаний показали, что использование комплекта уплотнений не просто обеспечивает выполнение требований КД, но и позволяет значительно превзойти их по всем показателям, при этом утечки рабочей жидкости не наблюдались в пределах всего цикла испытаний.

При разработке технологии изготовления комплектов и организации их опытно-промышленного производства ставилась задача сокращения числа операций по механической доработке деталей комплекта, что было достигнуто опытно-технологическими исследованиями по повышению точности литья опорно-направляющих колец, обеспечивших получение деталей в размер. В конструкцию собственно уплотнений и грязесъемника также были внесены изменения, позволившие за счет сглаживания их профиля свести к минимуму механическую доработку получаемых заготовок и одновременно минимизировать потери материала. Последнее немаловажно с учетом высокой стоимости фторопласта и трудностями его рециклинга. Выпущенная в рамках выполнения задания установочная партия комплектов уплотнений была подвергнута приемочным испытаниям, результаты которых приведены в таблице.

В результате внесения изменений в конструкцию уплотнений технические характеристики гидроцилиндра в сравнении с характеристиками экспериментального образца несколько изменились: уменьшились потери мощности на страгивание и ход, но одновременно появились незначительные утечки рабочей жидкости. Низкие потери на трение связаны с высокими антифрикционными характеристиками разработанного фторопластового композита в сравнении с резинами, характеристики которых заложены в требования КД. Отметим, что величина утечек через штоковое уплотнение превосходит требование КД не менее чем на порядок, а также превосходит требования герметичности по классу А ГОСТ 16514 (наиболее жесткие) в 4,5 раза; при этом на начальном этапе испытаний (61,3 тысяч циклов) утечки полностью отсутствовали, а после их появления и до окончания испытаний роста утечек не было отмечено.

На основании результатов приемочных испытаний комплекта уплотнений принято решение об его внедрении в производство на РУП ГЗСМ «ПО «Гомсельмаш» и заключен договор на поставку комплектов уплотнений для гидроцилиндров под программу выпуска машин в 2004 году.

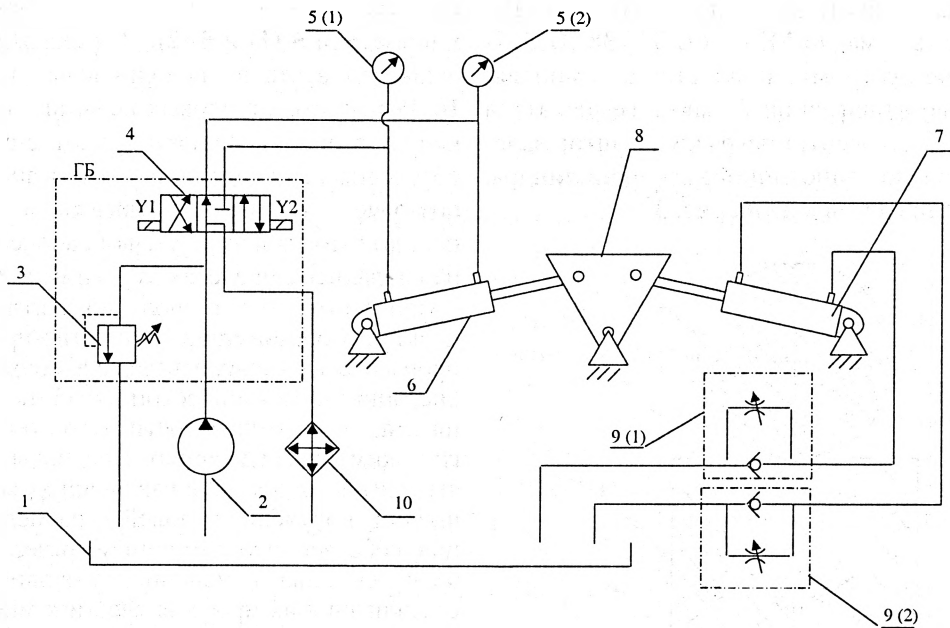


Рис. 3. Принципиальная схема испытательного стенда

Таблица

Показатель	Гидроцилиндр КИЛ 0118760		
	Поршневая полость	Штоковая полость	Требования КД
Давление срагивания, МПа (кГс/см <sup>2</sup> )	0,08 (0,8)	0,1 (0,1)	1,0 (10) max
Давление холостого хода, МПа (кГс/см <sup>2</sup> )	0,02 (0,2)	0,04 (0,4)	0,5 (5) max
Внутренние утечки	отсутствуют	-	отсутствуют
Утечки через штоковое уплотнение см <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>			0,05
До 61,3 тысяч циклов		отсут.	
После 61,3 тысяч циклов		0,9x10 <sup>-4</sup>	
После 120,1 тыс. циклов		0,7x10 <sup>-4</sup>	
* Утечки для класса А (ГОСТ 16514)		*3x10 <sup>-3</sup>	

УДК 539.3:621.982.5:629.839.1:621.825.54

## ДИНАМИЧЕСКАЯ ПРАВКА ДИСКОВ СЦЕПЛЕНИЯ И ФРИКЦИОННЫХ ДИСКОВ

Канд. техн. наук В.Е.Антошук  
Институт механики и надежности машин НАН Беларуси

В процессе изготовления большинство деталей могут деформироваться от усилий резания, от усилий зажима, от перепада температур, от структурных изменений и т.д. Для исключения этих явлений применяются различные виды правки деталей и снятия остаточных напряжений.