

УДК 62-82: 669.02/09

Роганов Л. Л.  
Роганов М. Л.  
Абрамова Л. Н.  
Ерёмкин Е. А.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕГУЛИРУЕМЫХ ВТУЛОК-УПЛОТНЕНИЙ ИЗМЕНЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ

Многие гидравлические цилиндры кузнечно-прессовых машин поршневого и плунжерного типа работают на минеральном масле давлением до 50 МПа и более [1, 2]. Основными причинами применения минерального масла являются: высокая вязкость, хорошие смазочные и антикоррозионные свойства. Однако применение минерального масла в качестве рабочей жидкости в гидросистемах значительно усложняет проблему герметизации гидроагрегатов, так как недопустимы даже минимальные утечки, поскольку они пожароопасны и загрязняют окружающую среду.

Широкое применение находят гидравлические цилиндры, которые работают на эмульсии (смеси минерального масла с водой). Обычно такие цилиндры выполняют плунжерного типа. В традиционной конструкции уплотнений плунжеров между двумя направляющими втулками – опорной и нажимной, располагаются «мягкие» уплотнения – манжеты, выполненные из прорезиненной ткани, полиуретана, полиамида и т. п. Их назначение – уменьшить или предотвратить утечки из полости гидроцилиндра. Опорные и нажимные втулки предназначены для опоры и поджима упругого «мягкого» уплотнения, а также для направления плунжера и восприятия эксцентричных нагрузок со стороны деформируемой заготовки. Поэтому втулки по толщине выполняются равными толщине «мягких» манжет, а длина их составляет величину 0,5–1,2 диаметра плунжера (в зависимости от условий нагружения). Материалом втулок, как правило, является латунь или бронза, имеющая низкий коэффициент трения по стали (материал плунжера) [3].

Целью статьи является расширение области применения разработанных авторами регулируемых щелевых втулок-уплотнений, которые могут применяться для уплотнения плунжеров крупных гидропрессов, работающих на минеральном масле или эмульсии.

Такие уплотнения отличаются от других видов уплотнений, применяемых в гидросистемах прессов, наличием щели между уплотняемой полостью гидроцилиндра и внешней средой. Через эту щель постоянно идет протечка жидкости, что позволяет охлаждать трущиеся поверхности плунжеров, предотвращать попадание абразива, грязи из внешней среды, снижать трение и износ трущихся поверхностей. В тоже время утечки рабочей жидкости снижают общий КПД гидросистемы, загрязняют оборудование и окружающую среду, поэтому основное назначение уплотнений – исключить внешние утечки из гидрооборудования. Для щелевых втулок уплотнений это условие обеспечивается установкой на выходе из цилиндра дополнительного уплотнения, например, в виде резинового кольца и дополнительной гидролинии для сбора и отвода утечек жидкости в сливной бак гидросистемы. Такое уплотнение работает при давлении слива и долговечность его значительно выше.

Были проведены расчеты утечек рабочей жидкости (воды и минерального масла) через щели, образованные между плунжерами диаметром 10–2000 мм и втулками, посаженными по посадке H9/f9 и H9/e8 (посадки на втулках реальных гидроцилиндров) [4].

Следует отметить, что деформация больших диаметров втулок, для уменьшения щели (например, для диаметра плунжера Ø1000 мм кольцевая щель имеет радиальный зазор 0,316 мм и площадь щели эквивалентна диаметру отверстия 35,5 мм) требует значительно меньшего давления на внешнюю поверхность втулки, чем при малых диаметрах плунжера.

Проведено исследование работоспособности щелевых втулок-уплотнений (ЩВУ) измененной конструкции при работе на минеральном масле. Данные втулки отличаются от ранее исследуемых тем, что они имеют лишь одно уплотнительное кольцо с наружной стороны.

Таким образом жидкость из внутренней полости цилиндра непосредственно попадает на наружную поверхность втулки. Давление на наружной поверхности втулки равно давлению внутри цилиндра и может циклически меняться. В экспериментальной установке для исследования работы ЩВУ на минеральном масле использовались втулки, выполненные из текстолита, латуни, бронзы. Схема экспериментальной установки для исследования ЩВУ показана на рис. 1. Диаметр плунжера установки 40 мм.

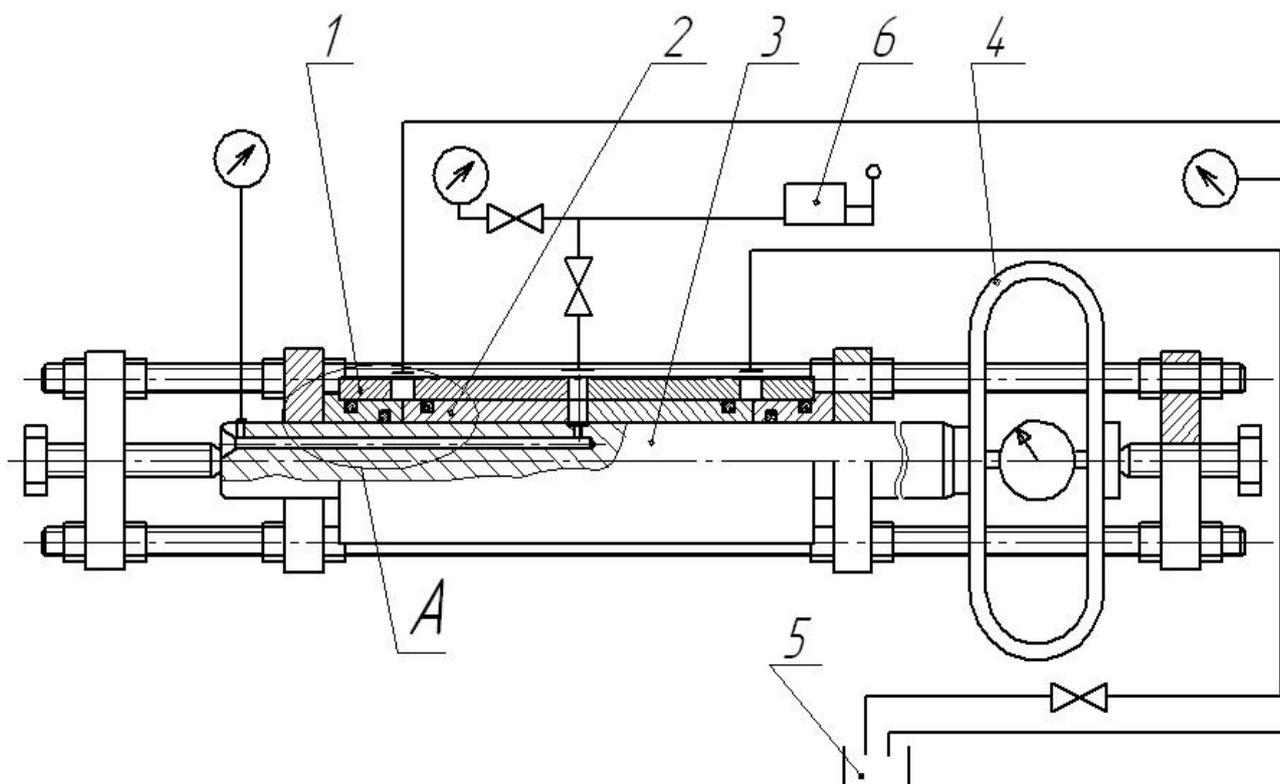


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для испытания втулочных уплотнений

Установка состоит из следующих основных элементов: корпуса 1, испытуемых ЩВУ 2, плунжера 3, силомера 4, сливной емкости 5, ручного насоса 6. ЩВУ 2 выполняются из текстолита, латуни, бронзы и для исследования устанавливаются в корпусе 1. Ручным насосом 6 во внутреннюю полость цилиндра и на внешнюю поверхность втулки 2 подается жидкость под регулируемым давлением. Непосредственно участок втулки показан на рис. 2.

На рис. 2 корпус обозначен цифрой 1, испытуемая ЩВУ 2, «мягкая» манжета 3, нажимная втулка 4, плунжер 5 с отверстием для слива, через которое определялось количество жидкости пропускаемой ЩВУ, фланец 6, подача давления 7, слив 8.

Испытывались ЩВУ из текстолита и латуни. Во внутреннюю полость подавалось различное давление, устанавливались величины утечек жидкости, силы трения, распределения давления по длине щели и т. п. Подробнее описание установки и методика испытаний представлены в [5].

Давление минерального масла, подаваемого от ручного насоса во внутреннюю полость цилиндра, составляло до 20 МПа (по возможностям ручного насоса) и контролировалось манометром.

В процессе испытаний установлено, что жидкость под давлением, которая поступает на наружную поверхность втулки, обжимает её, и этого давления достаточно для полной герметизации уплотнения. Утечек не было обнаружено на всем диапазоне давлений от 1 до 18 МПа.

Наблюдался нулевой зазор в щели по всей длине текстолитовой втулки, что доказывается отсутствием давления на манометре плунжера 3, рис. 1.

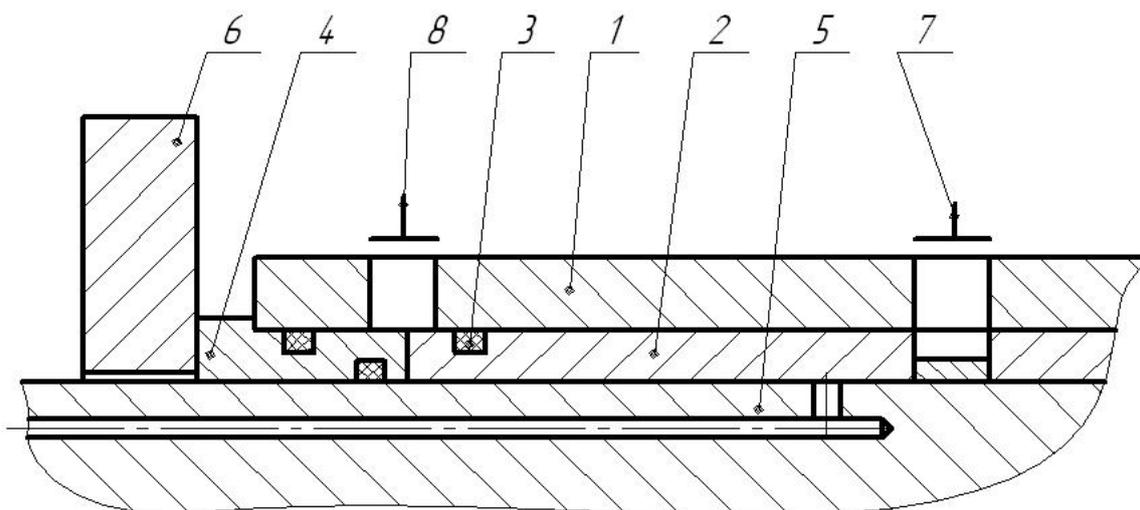


Рис. 2. Схема установки втулочного уплотнения

По результатам испытаний были построены графики зависимости изменения сил трения покоя и движения в зависимости от давления обжатия втулки, которые представлены на рис. 3.

Анализ графиков показывает, что наиболее подходящее давление обжатия для данного материала уплотнения его длины и диаметра плунжера находится в пределах от 30 до 75 % от номинального. Далее усилия сильно возрастают.

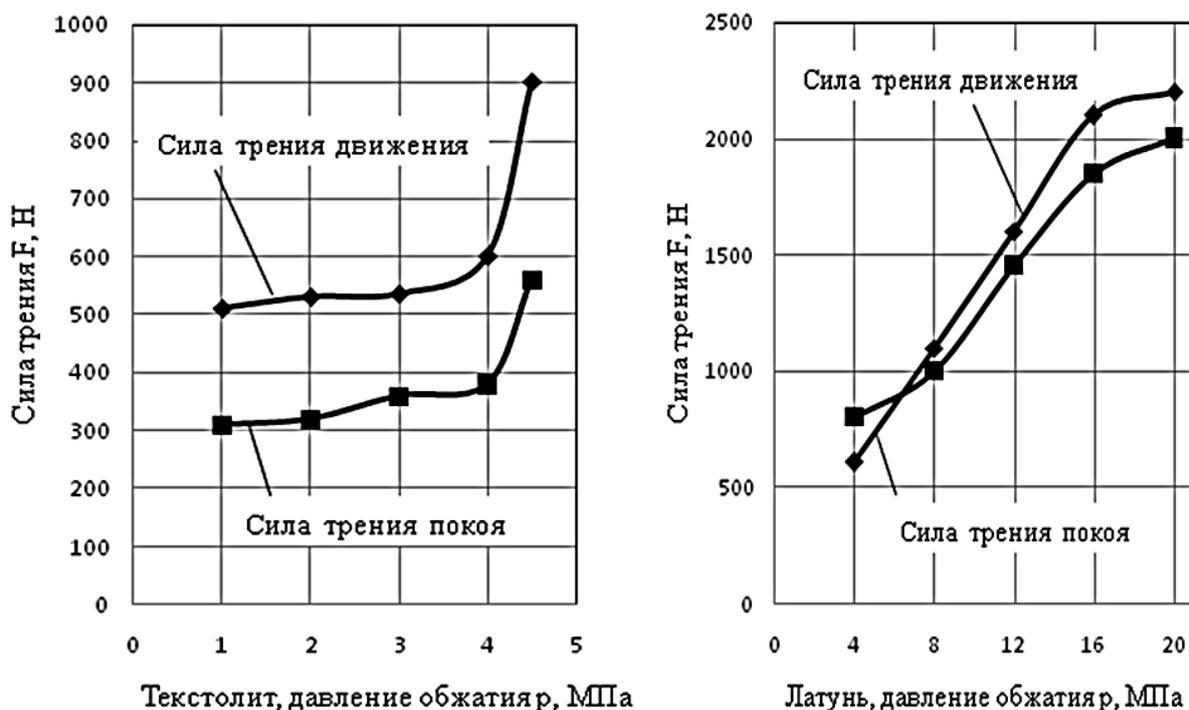


Рис. 3. Графики зависимости изменения сил трения покоя и движения в зависимости от давления обжатия втулки

Установлено также, что текстолитовые втулки при контакте с минеральным маслом набухают и меняют как продольные, так и поперечные размеры, что изменяет значение сил трения во времени. После набухания размеры втулок стабилизируются. Латунные втулки имеют стабильные размеры во времени.

Результаты экспериментов получили статистическую обработку и представлены в табл. 1, а при  $P_{упр} = 5$  МПа сила трения больше 3500 Н.

Таблица 1

Значения силы трения покоя и движения на текстолитовых втулках  
при различном давлении управления

Давление управления, МПа		Сила трения покоя, Н		Сила трения движения, Н	
текстолит	латунь	текстолит	латунь	текстолит	латунь
1	4	510	610	310	800
2	8	530	1100	320	1000
3	12	535	1600	360	1450
4	16	600	2100	380	1850
4,5	20	900	2200	560	2000

### ВЫВОДЫ

Проведенные эксперименты подтвердили соответствие расчетных значений экспериментальным при работе ЦВУ с одним наружным уплотнением. При использовании таких втулок значительно упрощается узел уплотнения плунжеров. Данная конструкция уплотнений позволяет устанавливать их взамен традиционных манжет практически без изменения конструкции машины и без установки дополнительных устройств. Также появляется возможность саморегуляции давления обжима втулки при переменном давлении внутри цилиндра. Это позволяет исключить возможность заклинивания втулки при падении давления внутри цилиндра. Снижается трение и повышается долговечность уплотнения. Для плунжеров крупных цилиндров кузнечно-прессовых и других машин наиболее целесообразно рекомендовать ЦВУ, выполненные из тех же материалов, что и применяемые традиционно – латуни, что обеспечит взаимозаменяемость уплотнительных узлов гидроцилиндров. Для снижения утечек целесообразно применять текстолитовые уплотнения после их выдержки в рабочей среде до набухания.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уплотнения и уплотнительная техника / Л. А. Кондаков и др. – М. : Машиностроение, 1986. – С. 375–377.
2. Макаров Г. В. Уплотнительные устройства / Г. В. Макаров. – М. : Машиностроение, 1973. – С. 159.
3. Абрамова Л. М. Удосконалення вузлів ущільнень направляючих ковальсько-пресового обладнання на основі розроблених гідравлічно-регульованих посадочних з'єднань [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 / Л. М. Абрамова ; Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля. – Луганськ : 2007. – 19 с.
4. Роганов Л. Л. Повышение надежности уплотнительных устройств для гидроупругих приводов / Л. Л. Роганов, Л. Н. Абрамова, А. Н. Обухов // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії : зб. наук. пр. – Краматорськ : ДДМА, 1998. – С. 347–348.
5. Роганов Л. Л. Экспериментальная установка для исследования втулок-уплотнений гидроцилиндров / Л. Л. Роганов, Л. Н. Абрамова // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії : зб. наук. пр. – Краматорськ – Слов'янськ, 2000. – С. 383–385.

Роганов Л. Л. – д-р техн. наук, проф. каф. МТО ДГМА;

Абрамова Л. Н. – канд. техн. наук, ст. преп. каф. ОПМ ДГМА;

Ерёмкин Е. А. – канд. техн. наук, ст. преп. каф. МТО ДГМА;

Роганов М. Л. – канд. техн. наук, доц., директор ИПКПК.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

ИПКПК – Институт повышения квалификации и переподготовки кадров, г. Краматорск.

E-mail: evg-eremkin@yandex.ru; mto@dgma.donetsk.ua