

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ОБРАТНЫХ КЛАПАНОВ ТИПА ЭКОР МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ

В. Ф. ГОРБУНОВ, Л. Н. ГРИНИС, Э. Г. ФРАНК

В последние годы в угольной промышленности в широких промышленных масштабах осуществляется комплексная механизация работ в очистных забоях с применением гидрофицированных механизированных крепей. Особенности гидропривода механизированных крепей являются: применение в качестве рабочей жидкости водо-масляной эмульсии, высокие значения рабочих давлений, развиваемых в замкнутых гидросистемах гидравлических стоек (до  $800 \text{ кг/см}^2$ ), большая протяженность гидравлических коммуникаций ( $200 \div 250 \text{ м}$ ), работа в загрязненных условиях, высокие требования к надежности и долговечности элементов и систем в целом. В связи с указанными специфическими особенностями гидропривод механизированных крепей существенно отличается по своим схемам, конструктивным решениям и эксплуатационным показателям от гидросистем других отраслей машиностроения.

Учитывая, что, во-первых, долговечность отдельных элементов гидросистем крепей весьма ограничена [1, 2], во-вторых, вопросы динамики гидропривода механизированных крепей рассмотрены в литературе недостаточно полно [3], целесообразно изучение динамических процессов, протекающих в гидростройках и долговечности деталей и узлов [1, 2].

По данным завода-изготовителя (завод «Пневматика», г. Ленинград) и ряда шахт Кузбасса, самым недолговечным элементом гидросистем стоек является обратный клапан ЭКОР.

В настоящей работе приведены результаты экспериментальных исследований динамических характеристик и возможности увеличения долговечности управляемого обратного разгрузочного клапана типа ЭКОР с шаровым затвором и пластмассовым (смола П-68) седлом.

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях на специальном стенде, позволившем изменять параметры и режимы работы клапана в широком диапазоне и регистрировать основные процессы, протекающие в клапане, в установившихся и переходных режимах. На рис. 1 приведена принципиальная схема клапана ЭКОР и датчиков, необходимых для регистрации переходных процессов в клапане. Назначение и принцип работы клапана описаны в работе [1].

Для регистрации переходных процессов в клапане применялись следующие датчики (рис. 1):

1. Три тензометрических датчика давления  $D_A$ ,  $D_B$  и  $D_C$  для измерения давления  $P_A$  в полости  $A$ , соединенной с замкнутой поршневой

полостью высокого давления гидростойки, давления  $P_B$  в полости  $B$  слива и давления  $P_C$  в полости  $C$  разгрузки стойки соответственно.

2. Индуктивный датчик 1 перемещения  $x$  упора 6 клапана.

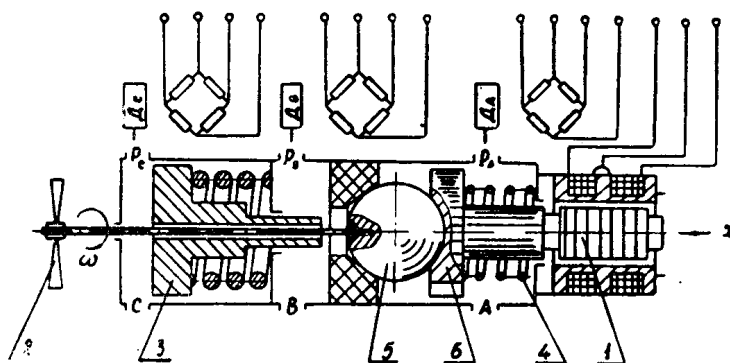


Рис. 1. Принципиальная схема обратного клапана типа ЭКОР и датчиков давления, перемещения затвора и вращения шарика.

3. Датчик 2 скорости  $\omega$  вращения шарика клапана, выполненного в виде жесткого тонкого стержня, впаянного одним концом в шарик. На другом конце стержня смонтирована легкая вертушка, отражающая сигналы фотоимпульсного строботаксметра, который регистрировал скорость вращения вертушки.

Регистрация переходных процессов осуществлялась с помощью шлейфового осциллографа Н-105.

Экспериментальные исследования показали, что наиболее тяжелыми режимами работы клапана, с точки зрения динамических нагрузок и долговечности, являются:

1. Режим «разгрузка» стойки, который заключается в открывании клапана с помощью толкателя 3 под действием давления  $P_C$  и опорожнении полости  $A$  стойки.

2. Режим «распор» стойки, заключающийся в заполнении жидкостью и повышении давления замкнутой полости  $A$  стойки до давления настройки переливного клапана насосной станции. В конце цикла «распор» силы статического давления, действующее на затвор, уравновешиваются, и под действием пружины 4 клапана происходит его закрытие.

Режим «разгрузка» сопровождается интенсивными продольными колебаниями подвижной системы (упор 6, шарик 5 и толкатель 3) клапана и колебаниями давлений  $P_A$  и  $P_C$  в системе. На рис. 2 приведена типичная осциллограмма переходных процессов в клапане в момент открывания клапана в режиме «разгрузка». Из осциллограммы видно, что амплитуда  $x$  колебаний упора составляет в среднем 0,5 мм, амплитуда изменения давления  $P_A$  в полости стойки — 200 кг/см<sup>2</sup>, причем заброс давления достигает 50% от начального давления (320 кг/см<sup>2</sup>), амплитуда изменения давления  $P_C$  в полости разгрузки клапана — 10 кг/см<sup>2</sup>; частота колебаний составляет приблизительно 150 гц, что соответствует собственной частоте колебаний подвижной системы.

Высокочастотные колебания затвора с значительной амплитудой являются одной из причин износа седла, упора и пружины клапана, что подтверждается тем, что вышедшие из строя детали клапана (по данным лабораторных и производственных испытаний в этом режиме) имеют признаки усталостного разрушения.

Забросы давления  $P_A$  в полости стойки, протекающие с большой скоростью и высокой частотой, вызывают значительные ударные нагрузки подвижных элементов и являются причиной преждевременного выхода из строя гибких рукавов высокого давления, быстрого износа уплотнений и других элементов гидросистемы [3] вследствие усталостных разрушений, что также подтверждается практикой эксплуатации гидростоек и лабораторными испытаниями клапана на долговечность.

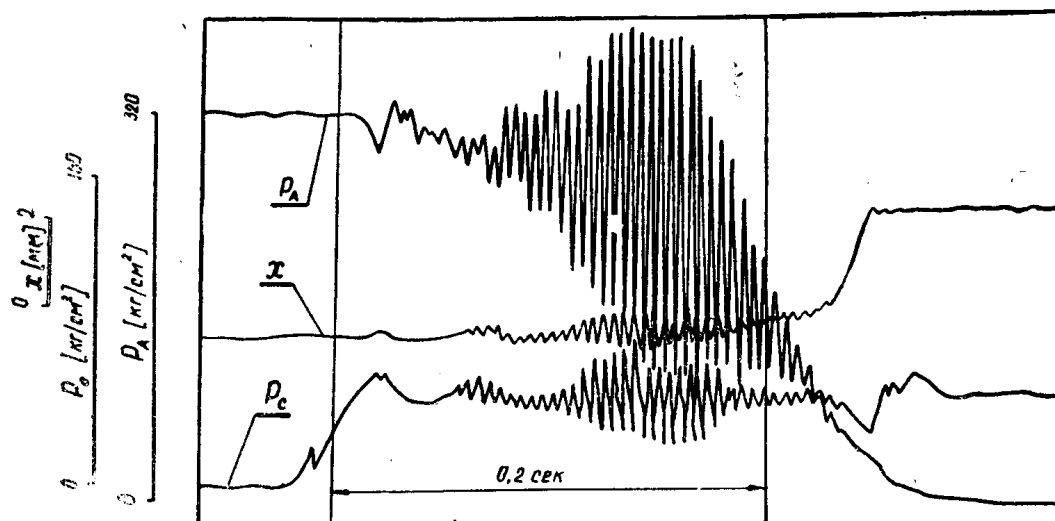


Рис. 2. Оциллограмма переходных процессов в клапане в режиме «разгрузка»

В режиме «распор» стойки, кроме продольных колебаний, выявлены интенсивные крутильные колебания шарика, упора и пружины клапана. Эти колебания обусловлены, во-первых, гидродинамическим действием струи жидкости, сопровождающимся строго периодическим срывом вихрей на обтекаемом теле вращения и, следовательно, возникновением периодической силы, действующей в поперечном движении потока жидкости направлении [4], и, во-вторых, наличием у затвора второй степени свободы в направлении, перпендикулярном оси клапана (движению потока), вследствие значительного радиального зазора между упором и корпусом клапана.

Экспериментально была выявлена зависимость скорости вращения  $\omega$  шарика от основных параметров системы. Наибольшее влияние на скорость вращения шарика оказывает объемный расход  $Q$  жидкости, протекающей через клапан, и жесткость  $c$  пружины упора (рис. 3). Характер зависимости скорости  $\omega$  от основных параметров системы согласуется с теорией отрывных течений в пограничном слое [5], что качественно подтверждает природу возникновения крутильных колебаний шарика клапана. Важно отметить, что скорость вращения шарика значительна (рис. 3) и при самом неблагоприятном сочетании параметров (в реальном диапазоне их изменения) достигала 6000 об/мин. При столь больших скоростях вращения шарика совместно с упором и пружиной клапана при значительных радиальных зазорах в соединениях возникают значительные ударные нагрузки и силы трения, вызывающие интенсивный износ седла (рис. 4, а), упора (рис. 4, б) и других деталей клапана.

Несложные конструктивные изменения клапана, предотвращающие основные причины продольных и крутильных колебаний, позволили значительно уменьшить износ деталей клапана. На рис. 4 приведены фотографии седла (рис. 4, а) и упора (рис. 4, б) клапана серийного

изготовления (заводом «Пневматика») и эти же детали (рис. 4, в и 4, г) клапана усовершенствованной конструкции, сделанные после испытаний на долговечность в лабораторных условиях, максимально приближенных к реальным, при одинаковых условиях и длительности испытаний по полному циклу работы клапана.

Производственные испытания на шахте «Полысаевская-1» Кузбасса с-

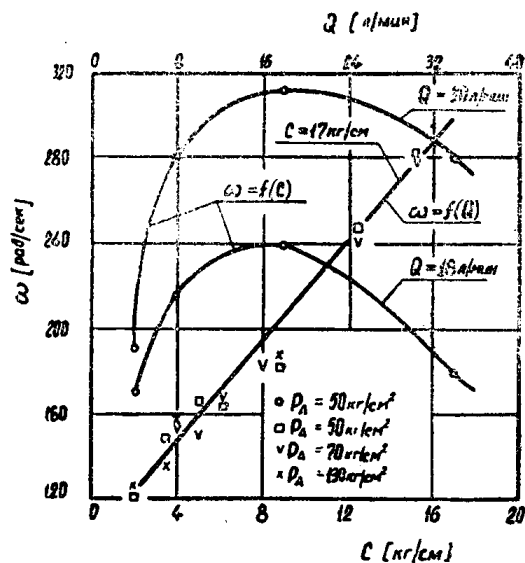


Рис. 3. Зависимость скорости вращения шарика клапана от расхода жидкости, протекающей через клапан, в режиме «распор» и жесткости пружины затвора

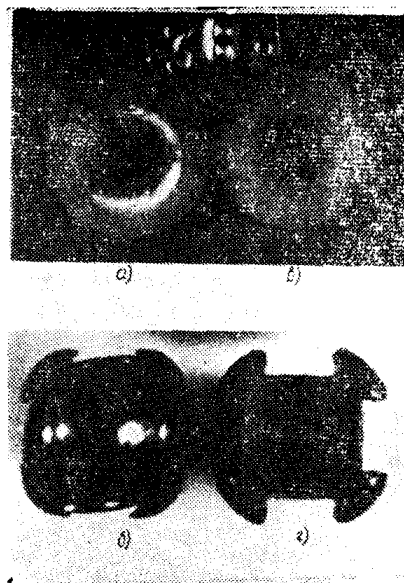


Рис. 4. Характерный износ деталей клапана после испытаний на долговечность: а) седло и б) упор клапана серийного изготовления, в) седло и г) упор усовершенствованной конструкции клапана. Испытания проводились в одинаковых условиях

при клапанах типа ЭКОР усовершенствованной конструкции, изготовленных в лаборатории гидроавтоматики ТПИ показали, что срок их службы по сравнению с долговечностью клапанов серийного изготовления увеличился более, чем в 8 раз.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. Н. Хорин, С. В. Мамонтов, В. Я. Каштанова. Гидравлические системы механизированных крепей. М., «Недра», 1971.
2. Э. Г. Франк, Л. Н. Гринис. Исследование динамических характеристик предохранительного клапана типа ЭКП гидравлических стоек механизированных крепей. Сб. «Автоматизация производственных процессов в машиностроении». Часть 4, Томск, изд-во Томского университета, 1970.
3. И. А. Закутский, А. А. Кораблев. О гидроударах в гидросистемах шахтных механизированных крепей. Сб. «Горнорудные машины и автоматика». Вып. 2, М., «Недра», 1966.
4. Н. С. Марейн. Определение подъемной силы для кругового цилиндра, колеблющегося в потоке жидкости. Труды МЭИ, вып. 32, М., 1959.
5. Я. Ц. Фын. Введение в теорию аэроупругости. М., Изд-во физико-математической литературы, 1959.