

И.В. Косарев, А.В. Мезников, А.В. Коваленко

ГУ «Донецкий научно-исследовательский проектно-конструкторский институт комплексной механизации шахт» (Донецк)

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ КЛАПАНОВ ШАХТНЫХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ

Рассмотрены направления улучшения и исследования технических параметров предохранительных клапанов, обеспечивающих увеличение несущей способности механизированных крепей и безопасности работы очистных забоев.

***Ключевые слова:** механизированная крепь, предохранительный клапан, расходная характеристика, гистерезис.*

Постановка проблемы

Все современные механизированные крепи, составляющие основу комбайновых и струговых комплексов, а также очистных агрегатов для подземной добычи полезных ископаемых, являются гидрофицированными. Для механизации процессов поддержания и управления кровлей в призабойном пространстве очистного забоя, передвижки и удержания в заданном положении забойного оборудования при отработке пологих и наклонных пластов в составе механизированных комплексов применяется механизированная крепь поддерживающе-оградительного типа. Гидравлическая система управления механизированной крепью состоит из насосной станции, гидрокоммуникаций, силовой гидравлики и управляющей гидроаппаратуры. Управляющая гидроаппаратура механизированной крепи имеет многокомпонентную структуру, элементы которой выполняют функционирование и защиту элементов гидрооборудования крепи, а также их управление. Управляющая гидроаппаратура функционально выполняет управление элементами силовой гидравлики (гидростойка, гидродомкрат), распределение потоков рабочей жидкости на секции крепи при выполнении рабочих операций по креплению очистного забоя, передвижке секций, передвижке забойного конвейера, защиту полостей гидростоек, гидродомкратов от перегрузки и обеспечение заданной несущей способности секции крепи, запираение магистральных и соединительных трубопроводов секций крепи.

Скорость и надежность крепления очистных забоев являются одними из основных критериев, определяющих эффективность работы очистных забоев, безопасность ведения работ и экономические показатели угледобывающих предприятий в целом. Эмульсионная управляющая гидро-

аппаратура является определяющей в данных показателях. В настоящее время к гидроаппаратуре механизированных крепей возросли требования к эксплуатационной надежности, эргономичности и ремонтпригодности.

Кроме того, за последние годы на угледобывающих предприятиях Донецкой Народной Республики ухудшилось техническое состояние механизированных крепей, особенно управляющей гидравлики, что ведет за собой некачественное крепление очистных забоев, ухудшение качества угля, увеличение времени аварийных простоев, что в итоге приводит к снижению объемов добываемого угля.

В связи с вышеизложенным, назрела потребность создания и освоения серийного производства на территории Донецкой Народной Республики надежной, эргономичной эмульсионной аппаратуры управления механизированными крепями с улучшенными расходными характеристиками, что позволит повысить скорость и надежность крепления очистного забоя, эффективность работы добычных лав, безопасность ведения очистных работ на угледобывающих предприятиях ДНР и ЛНР.

Анализ последних исследований и публикаций

На угледобывающих предприятиях ДНР и ЛНР в качестве предохранительных клапанов защиты силового гидрооборудования и гидрокоммуникаций механизированных крепей используются клапаны типа ГВТН, КПС, КПЗ9. Данные клапаны по разработкам института «Донгипроуглемаш» серийно выпускает ПАО «Днепропетровский агрегатный завод» и ООО «Укрспецналадка». Данные предприятия находятся на территории Украины, что значительно усложняет логистику доставки гидроаппарату-

ры. Кроме этого, данная гидроаппаратура была разработана в начале 90-х годов прошлого века и не удовлетворяет как новым требованиям эксплуатации, так и техническим требованиям со стороны объекта управления.

В 2000-х годах специалисты института «Донгипроуглемаш» предпринимали попытки по созданию предохранительных клапанов с лучшими параметрами [1...4], однако данные решения не нашли практического воплощения. В то же время зарубежные аналоги, например предохранительные гидроклапаны с открытой пружинной камерой № 210604 и №210660 фирмы ОНЕ (Германия), обладают характеристиками, значительно превосходящими клапаны, находящиеся в серийном производстве [5].

Цель (задачи) исследования

Целью исследований является поиск конструкторских решений и исследование режимов работы нового предохранительного клапана, позволяющих улучшить его технические параметры.

Основной материал исследования

Одним из значимых изделий гидроаппаратуры, участвующих в управлении секцией, является клапан предохранительный. Клапан предохранительный (далее по тексту – клапан КПД) предназначен для обеспечения заданного рабочего уровня давления в поршневой полости (первоначального распора) и защиты гидростойки секции шахтной механизированной крепи от перегрузки (открытие клапана для сброса давления и его последующее закрытие) при оседании кровли. Таким образом, предохранительный клапан в гидросистеме секции механизирован-

ной крепи защищает гидростойку от механического разрушения избыточным давлением, возникающим в результате горного давления на перекрытие крепи, путем автоматического выпуска необходимого объема рабочей жидкости из системы в атмосферу или в общую систему крепи.

Наиболее близким аналогом исследуемому клапану КПД является серийный предохранительный клапан типа КПС (общие виды клапанов представлены на рис. 1), так как он является пружинным клапаном прямого действия. Важнейшими элементами конструкции клапана являются пружина, позволяющая настраивать давление срабатывания, седло запорного устройства и золотник. После срабатывания клапана и снижения давления под действием усилия пружины запорное устройство закрывается и происходит герметизация клапана.

Характеристики пружины и запорного устройства имеют главное значение в параметрах клапана – от них зависит осуществление полного закрытия клапана в номинальных границах давления и минимальное снижение границ диапазона герметизации при срабатывании.

Исследования режимов работы предохранительных клапанов проводились на аттестованных стендах лаборатории исследования режимов работы горных машин, с использованием штатного оборудования: установки для испытания предохранительных клапанов (аттестат № ИО-5036), устройства УДМ, насосной станции СНТ-32. В ходе проведения исследований использовались визуальные измерительные приборы (манометры стрелочные, мерная емкость, секундомер, линейка) и регистрирующее оборудование (измерительная система ЛИС-4А, многоканальный регистратор TOPAS 1020, ПЭВМ, датчики давления). В качестве датчиков давления применялись тензометрические манометры типа ТДДМ с рядом номинальных значений 6,0 МПа и 60 МПа. Тарировка датчиков производилась с помощью грузопоршневого манометра МП600 (аттестат № СП-046489). Скорость регистрации режимов работы проводилась с дискретностью 0,2 с, в быстропротекающих режимах – 0,05 с.

Схема подключений при испытаниях клапана предохранительного показана на рис. 2, общий вид установки для испытания предохранительных клапанов представлен на рис. 3.

Посредством насоса Н (см. рис. 2) на испытываемый предохранительный клапан КП подавалось давление до его срабатывания. После срабатывания клапана, которое фиксировалось прибором регистрации данных ПРД, а также визуально по манометру МН, подача давления прекращалась, при этом давление, подведенное



Рис. 1. Общие виды клапанов предохранительных КПД и КПС

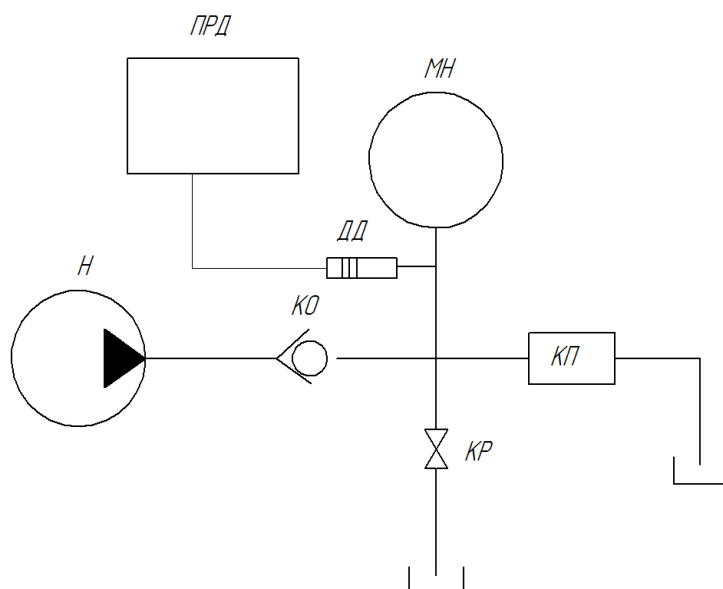


Рис. 2. Схема подключений при испытаниях клапана предохранительного:
 ДД – датчик давления; КПД – клапан предохранительный; КО – клапан обратный;
 КР – кран разгрузки клапана; МН – манометр; Н – насос;
 ПРД – прибор регистрации данных TOPAS1020

к клапану, отсекалось обратным клапаном КО. Давление срабатывания клапана фиксировалось прибором регистрации данных типа ПРД посредством датчика давления. После отключения насоса и герметизации клапана фиксировалось давление, при котором произошла герметизация. Клапан считался герметичным, если в течение 3-х минут отсутствовало падение давления.

В ходе исследований, при необходимости, в конструкцию создаваемого клапана типа КПД

вносились изменения, на последующем этапе проверялась эффективность внесенных изменений.

Диаграмма давления при срабатывании предохранительного клапана КПД представлена на рис. 4.

По диаграммам давлений предохранительного клапана КПД определены фактические значения срабатывания, герметизации клапана и его гистерезис, вычислены средние значения. Результаты измерений давлений срабатывания и герметизации клапана КПД сведены в табл. 1.



Рис. 3. Общий вид установки для испытания предохранительных клапанов

Для сравнительного анализа рабочих характеристик создаваемого клапана КПД и серийного клапана КПС были проведены измерения давлени-

ний срабатывания клапана КПС. Диаграмма срабатывания предохранительного клапана КПС представлена на рис. 5, результаты сведены в табл. 2.

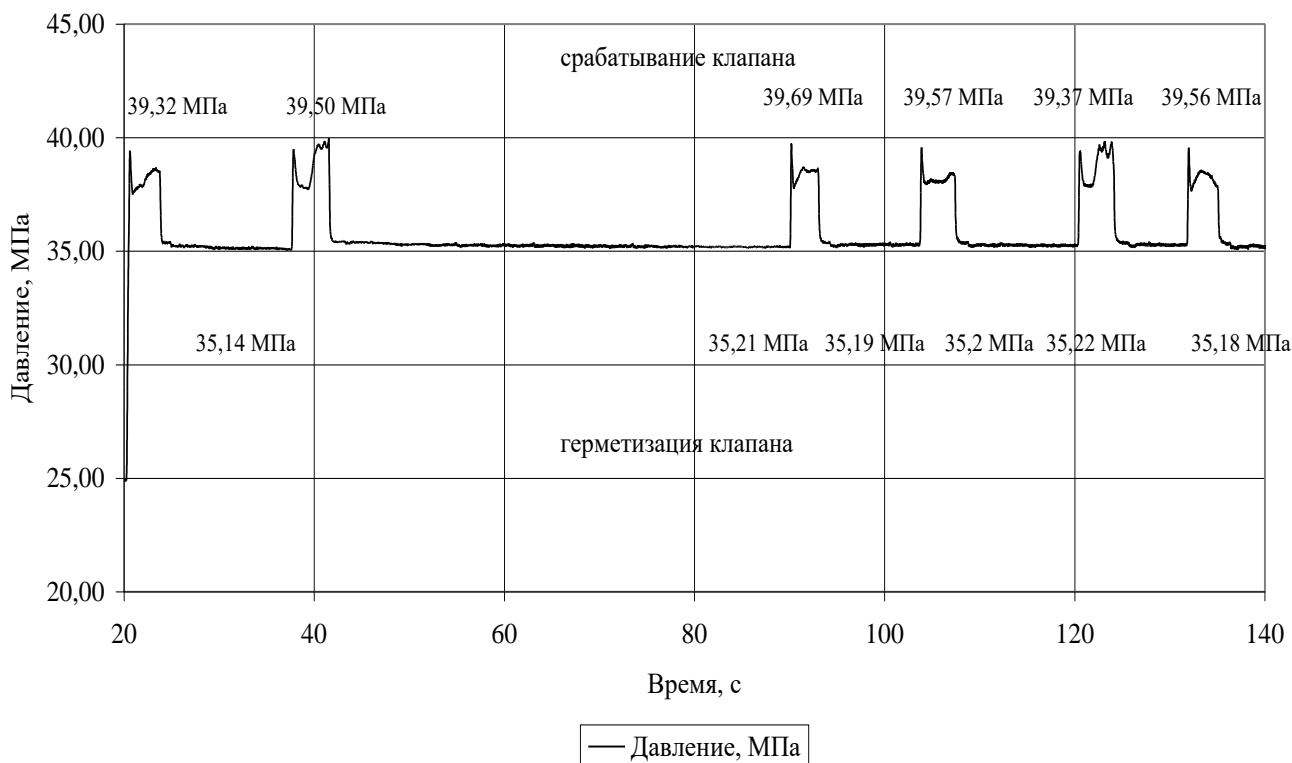


Рис. 4. Диаграмма давления при срабатывании предохранительного клапана КПД: фрагмент диаграммы записи режима

Табл. 1. Результаты измерений давлений срабатывания и герметизации клапана КПД

№ опыта	Давление срабатывания, МПа	Давление герметизации, МПа	Гистерезис, %
1	39,32	35,14	10,6
2	39,50	35,21	10,9
3	39,69	35,19	11,3
4	39,57	35,20	11,0
5	39,37	35,22	10,5
6	39,56	35,18	11,1
Среднее значение	39,50	35,19	10,9

Табл. 2. Результаты измерений давлений срабатывания и герметизации клапана КПС

№ опыта	Давление срабатывания, МПа	Давление герметизации, МПа	Гистерезис, %
1	39,1	33,42	14,5
2	38,87	32,98	15,2
3	39,15	33,3	14,9
4	38,77	33,06	14,7
Среднее значение			14,8

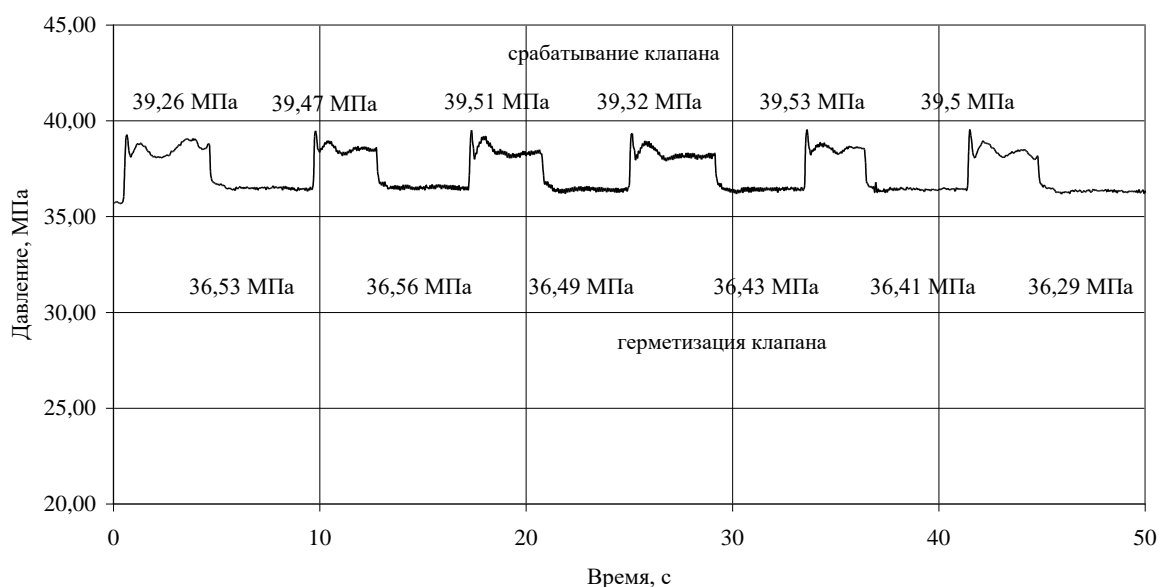


Рис. 5. Диаграмма срабатывания клапана КПС

Как видно из табл. 1, среднее значение гистерезиса создаваемого клапана КПД составляет 10,9 %, что значительно лучше гистерезиса серийного клапана КПС (14,8 %, табл. 3). Улучшения данного параметра удалось добиться изменением конструкции седла (развернуты внутренние диаметры деталей, увеличен сектор седла до 120° и углублено отверстие).

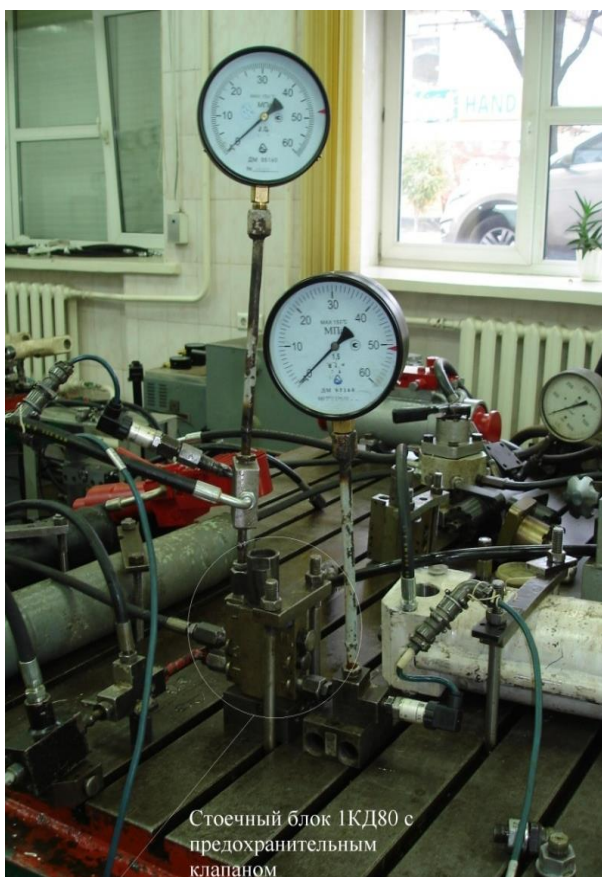


Рис. 6. Общий вид стенда измерения номинального расхода клапанов

Не менее важной характеристикой предохранительного клапана является его пропускная способность.

Первоначально были проведены сравнительные исследования по замеру расхода клапанов КПД и КПС при срабатывании (режим перехода от открытого к герметичному состоянию).

Данный режим определяет скорость нарастания расхода клапана (импульсная характеристика) – скорость реагирования клапана на внешнее возмущение и его реакцию (сброс давления), что особо важно для защиты гидростойки секции шахтной механизированной крепи от перегрузки.

Для исследования данной характеристики клапаны устанавливались в стоечный блок 1КД80, к которому были подключены элементы гидравлической схемы. Перед измерениями производилась настройка исследуемых клапанов на давление срабатывания 38...40 МПа.

При превышении давления в защищаемой полости происходило срабатывание предохранительного клапана путем пропускания (сбрасывания) рабочей жидкости, объем которой измерялся.

Давление предохранительных клапанов, превышающее уставку, создавалось посредством диагностического устройства УДМ. Время срабатывания клапанов определялось как среднее арифметическое за циклы измерений каждого клапана. Общий вид стенда измерения расхода клапанов в сборе со стоечным блоком 1КД80 представлен на рис. 6. Диаграммы скорости нарастания расхода клапанов КПС и КПД представлены на рис. 7 и 8 соответственно.

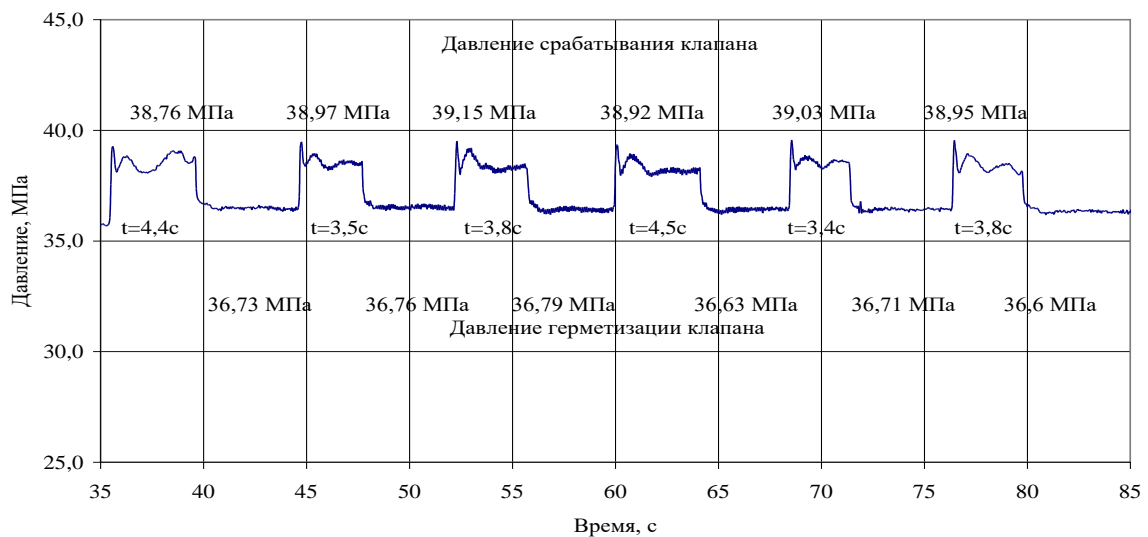


Рис. 7. Диаграмма скорости нарастания расхода клапана КПС

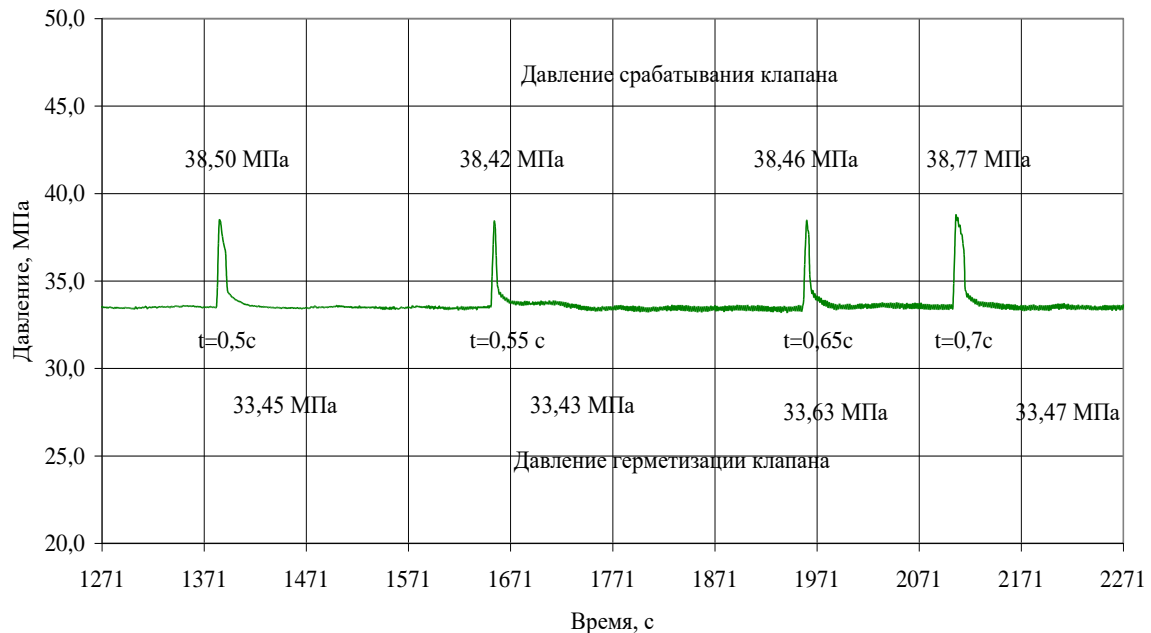


Рис. 8. Диаграмма скорости нарастания расхода клапана КПД

Из рисунков видно, что время срабатывания клапана КПС в среднем составило 3,9 с, а КПД – 0,6 с, при этом объем «сброшенной» жидкости клапаном КПС составил около 0,043 мл (скорость расхода 0,011 мл/с), а клапана КПД – 0,0112 мл (скорость расхода 0,019 мл/с). Таким образом, скорость расхода создаваемого клапаном КПД по сравнению с серийным клапаном КПС выше почти в 2 раза.

Следующим важным параметром предохранительного клапана является его максимальный расход, т.к. именно он защищает гидростойку от механического разрушения избыточным давлением, созданным горным давлением и проседанием консоли перекрытия крепи.

В связи с тем, что лабораторная насосная станция СНТ-32 по своим техническим пара-

метрам не может создать необходимый расход жидкости (не менее 100 л/мин при давлении 45...50 МПа), измерение максимального расхода проводилось путем замены пружины клапана на вставку, обеспечивающую полное открытие клапана (золотника) и замера объема сброшенной жидкости в мерную емкость. Проведенные замеры показали, что максимальный расход предохранительного клапана КПС составил 9,5 л/мин, клапана КПД – 62,8 л/мин (при давлении перед клапаном 10 МПа). Используя данный результат, аналитическим расчетным способом [6] был определен максимальный расход клапана КПД, который составляет около 90 л/мин. Данный показатель клапана КПД в 6,6 раза превышает максимальный расход клапана КПС.

Выводы

При проведении исследований режимов работы созданного предохранительного клапана КПД выявлено, что по сравнению с серийно выпускаемым клапаном КПС гистерезис уменьшен на 26 %, улучшена импульсная характеристика клапана, максимальный расход увеличен более чем в 6 раз.

Полученные результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о создании предохранительного клапана нового технического уровня, конструкция которого позволила улучшить его технические параметры, что в результате приведет к лучшей защите полостей гидростоек и гидродомкратов от перегрузки, обеспечению заданной несущей способности секции и повышению надежности работы гидравлической системы управления механизированной крепью.

Список литературы

1. Мезников, А.В. Типоразмерный ряд стоечных предохранительных клапанов КПК нового технического уровня / А.В. Мезников,

А.С. Карпенко, С.Р. Брызнев // Уголь Украины. – 2011. – №7. – С. 33-36.

2. Пат. № 47809 Украины, МПК F15B13/02, E21D23/16. Клапан гидравлический / Варшавский Ю.И., Косарев В.В., Мезников А.В., Стадник Н.И., Трусов М.В. – № u 2009 08843; заявл. 25.08.09; опубл. 25.02.10.

3. Пат. № 53041 Украины, МПК F16K17/04, E21D15/00. Клапан предохранительный / Косарев В.В., Стадник Н.И., Мезников А.В., Варшавский Ю.И., Карпенко А.С. – № u 2010 02234; заявл. 01.03.10; опубл. 12.09.10.

4. Пат. № 90434 Украины, МПК E21D 15/51, F16K 17/04. Клапан предохранительный / Белик В.Н., Косарев И.В., Мезников А.В., Варшавский Ю.И., Карпенко А.С. – № u 201315381; заявл. 27.12.13; опубл. 26.05.14.

5. Системы управления механизированными крепями и гидравлические компоненты: каталог. – ONE Maschinenbau GmbH, 2014. – 13 с.

6. Ковалевский В.Ф., Справочник по гидроприводам горных машин / В.Ф. Ковалевский, Н.Т. Железняков, Ю.Е. Бейлин. – М.: Недра, 1967. – 336 с.

I.V. Kosarev, A.V. Meznikov, A.V. Kovalenko

State Institution «Donetsk Research, Design and Experimental Institute for Complex Mechanization of Mines» (Donetsk)

RESEARCH OF TECHNICAL PARAMETERS OF SAFETY VALVES OF MINE MECHANIZED SUPPORTS

Background. *To ensure more efficient operation and work safety in the treatment faces, which will affect the economic performance of coal mining enterprises as a whole, it is necessary to create reliable, ergonomic emulsion control equipment for mine mechanized supports with improved consumption characteristics. Besides, the enterprises of the Donetsk People's Republic have not yet mastered the mass production of control hydraulics products, but they are being repaired, which affects their reliability during operation.*

Materials and/or methods. *Studies of the operating modes of safety valves were carried out on certified specialized stands, using hydraulic devices and standard equipment. The TOPAS 1020 multichannel recorder connected to a personal computer was used as the measuring and recording equipment.*

Results. *The conducted studies of the operating modes of the new level safety valve, in comparison with the KPS type safety valve, in terms of the values of the actual actuation, hysteresis, throughput, as well as the maximum flow rate, have shown that:*

- *the average hysteresis value of the created KPD safety valve is 10.9 %, which is significantly better than the hysteresis of the serial KPS valve (14.8 %);*
- *the rate of increase in the flow rate of the created KPD safety valve, in comparison with the serial KPS valve, is almost 2 times higher;*
- *the maximum flow rate of the KPD safety valve (about 90 l/min) is 6.6 times higher than the maximum flow rate of the KPS valve.*

Conclusion. *The obtained results allow concluding that a new technical level safety valve has been created, the design of which has improved its technical parameters, which will lead to better protection of the cavities of hydraulic racks and hydraulic jacks from overload, ensuring the specified load-bearing capacity of the section and increasing the reliability of the hydraulic control system for mechanized support.*

Keywords: *mechanized support, safety valve, flow characteristic, hysteresis.*

Сведения об авторах

И.В. Косарев

ORCID iD 0000-0002-1396-4306
Телефон: +380 (62) 300-31-25
Эл. почта: donuglemash@mail.ru

А.В. Коваленко

Телефон: +380 (71) 362-75-04
Эл. почта: donuglemash@mail.ru

А.В. Мезников

ORCID iD 0000-0003-2679-4630
Телефон: +380 (62) 300-31-21
Эл. почта: donuglemash@mail.ru

Статья поступила 10.12.2020 г.

© И.В. Косарев, А.В. Мезников, А.В. Коваленко, 2020

Рецензент д.т.н., проф. К.Н. Маренич

