

## ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ГИДРОСТОЕК И ГИДРОДОМКРАТОВ ПЕРЕДВИЖКИ ЗАБОЙНОГО СКРЕБКОВОГО КОНВЕЙЕРА

*Изложены причины износа элементов поршневого узла гидростойки и гидродомкрата передвигки забойного конвейера, приведены схема лабораторной установки и результаты исследований грязезащитных элементов из эластичного пористого материала на основе полиуретана, приведены результаты шахтных испытаний гидростоек с грязезащитными элементами.*

**Ключевые слова:** гидростойка, гидродомкрат передвигки конвейера, износ, грязезащитный элемент, полиуретан, долговечность.

### Постановка проблемы

Основными силовыми элементами гидросистемы угледобывающего комплекса являются гидравлические стойки и гидродомкраты передвигки забойного скребкового конвейера. Загрязнение рабочей жидкости гидросистемы кварцевыми и пиритными частицами с твердостью 8500...10000 Н/мм<sup>2</sup> приводит к интенсивному абразивному износу поверхностей трения деталей гидроузлов [1-4].

Анализ результатов дефектации 50 гидростоек 1М88 и гидродомкратов передвигки мехкрепы «Донбасс-90» на Рутченковском заводе «Гормаш» позволили выявить характер износа внутренней поверхности гидроцилиндров. Поверхность зеркала цилиндров повреждена коррозией с глубиной раковин до 0,5 мм. Площадь замеренных очагов коррозии изменялась от 5 до 20 % общей рабочей площади цилиндра. Кроме того, на поверхности зеркала цилиндров имелось множество рисок и царапин длиной 100...500 мм, глубиной 0,02-0,14 мм и шириной 0,03-0,2 мм. Максимальное отклонение диаметра поршня от номинального размера составляло 0,8 мм. Отклонение диаметра штока, имеющего высокопрочное хромовое покрытие, составило до 0,15 мм. Зазоры сопряжения «цилиндр-поршень» достигали 1,10...1,20 мм. Конусность центрирующих элементов поршня 0,7...1,0° [5].

### Анализ последних исследований и публикаций

Анализ исследований износов элементов гидростоек и гидродомкратов показал, что основной причиной является наличие в рабочей жидкости кварцевых и пиритных частиц разме-

рами 0,1...1,0 мм, количество которых в массовом соотношении составляло 0,212 %. Среднее их количество на один гидродомкрат составляло от 4,9 до 26,9 тыс. штук [5].

Одним из путей повышения долговечности гидростоек и гидродомкратов передвигки забойного конвейера является снижение чувствительности поршневого узла к абразивному действию загрязнителя рабочей жидкости за счет применения грязезащитных устройств нового технического уровня.

На основании всестороннего анализа причин износа элементов сопряжения «цилиндр-поршень» гидростоек в качестве грязезащитных элементов было предложено использовать эластичный материал открытоячеистой структуры и поверхности на основе полиуретана марки ППУ-ЭО-130 ТУ-6-05-221-710-83.

### Цель (задачи) исследования

Целью настоящей работы является увеличение ресурса гидростоек и гидродомкратов за счет применения в поршневом узле грязезащитных элементов, аккумулирующих в себе загрязняющие примеси.

### Основной материал исследования

Наличие на внутренней поверхности цилиндров множества рисок глубиной до 0,14 мм вызывает износ уплотнительных манжет поршня (рис. 1), увеличение диаметрального зазора до максимального значения 0,35 мм и потерю силовым цилиндром способности выполнять свои функции по назначению. На рис. 2 представлены эпюры износа внутренней поверхности цилиндра.

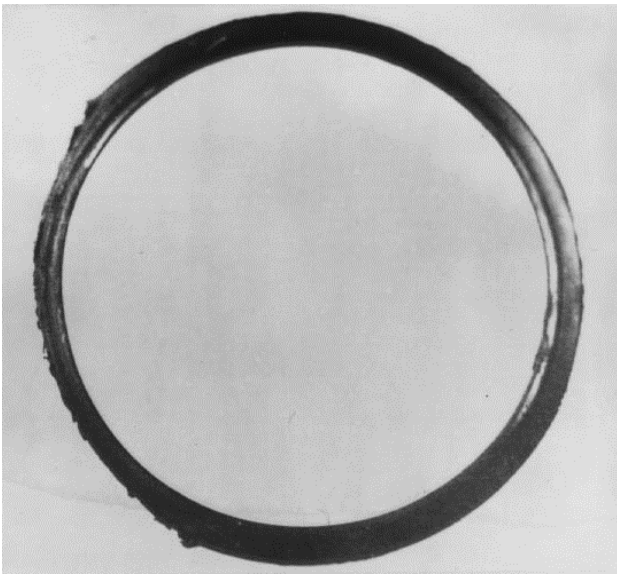


Рис. 1. Износ уплотняющей манжеты

Защитные устройства, применяемые в поршневых узлах гидромашин [6-8,10-12], не обеспечивают полной или достаточно высокой степени защиты от проникновения твердых частиц, находящихся в рабочей жидкости, в зону трения и вызывают их преждевременный износ.

Для исследования кинетики перемещений

опытных образцов из пористых полиуретанов и твердых частиц по поверхности трения была разработана лабораторная установка, схема которой приведена на рис. 3.

Лабораторная установка включает стакан 1 с основанием 2, в который с зазором вставлен корпус 3 с вклеенным опытным образцом из пенополиуритана 4. С одной стороны насыпают загрязняющие примеси 5, а все свободное пространство 6 и 7 заполняют рабочей жидкостью.

Следует отметить, что степень деформации опытного образца не оказывает существенного влияния на свойства контактной зоны образца 4, так как особенностью деформирования высокоэластичных пористых материалов является неравномерное распределение деформации по объему пористого элемента, при этом наблюдаются три характерные зоны А, Б и В. Зоны А и В у площадок контакта имеют наибольшую степень деформации 60...80 %, а деформация зоны Б – 0...5 % при общей степени деформации опытного образца 20...50 %.

В процессе предварительных исследований было установлено, что при максимальной скорости перемещения опытного образца 4 (0,05-0,1 м/с) зазор «б» между корпусом 3 и основанием 2

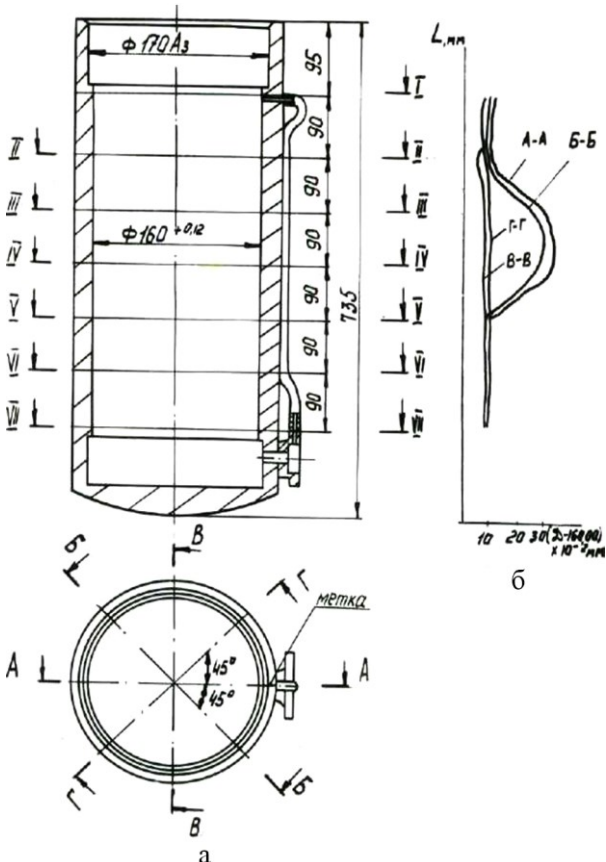


Рис. 2. Эпюры износа внутренней поверхности цилиндров:  
а – схема замеров;  
б – эпюры износов

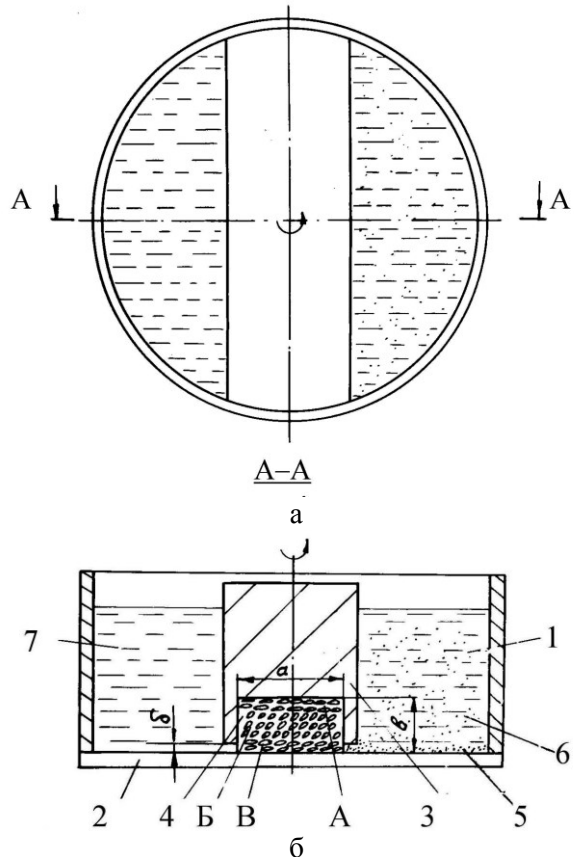


Рис. 3. Схема лабораторной установки для исследования кинетики перемещения твердых частиц и опытных образцов из пенополиуретана по поверхности трения

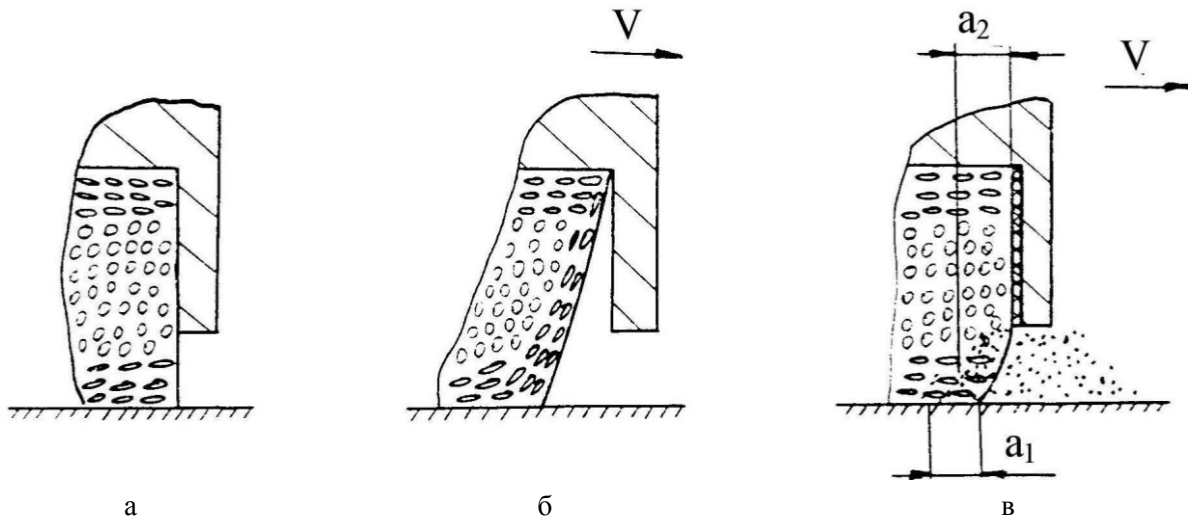


Рис. 4. Схемы деформаций передних кромок опытных образцов грязезащитных элементов: а, б – со свободной установкой; в – с клеиванием боковых сторон

должен быть в пределах 1...6 мм, а боковые стороны испытуемого образца 4 необходимо клеивать в паз корпуса 3, так как в противном случае имеет место опережающее движение корпуса 3 по отношению к опытному образцу и 4 переддеформация последнего (рис. 4б). Деформация передней стенки значительно уменьшается при клеивании опытного образца (рис. 4в).

При проведении лабораторных исследований на стеклянной поверхности трения были нанесены масштабные риски через каждые 10 мм, которые одновременно служили и ориентиром перемещения опытного образца и твердых частиц. При перемещении опытного образца поверхность трения полностью очищается от твердых частиц. В начале движения перед рабочей кромкой опытного образца образуется скопление твердых частиц, перерастающее затем в валик, который перемещается вместе с испытуемым образцом. В ходе дальнейших исследований опытному образцу сообщалось возвратно-вращательное движение с максимальной скоростью 0,02 м/с и максимальной линейной амплитудой перемещения 0,8 м, аналогично возвратно-поступательному движению поршня гидродомкрата. Число циклов перемещений определяли по формуле:

$$n = \frac{LK_1}{2AK_2},$$

где  $n$  – число циклов;  $L$  – средний суммарный путь трения поршня гидроцилиндра за время эксплуатации, м;  $A$  – амплитуда перемещения опытного образца, м;  $K_1, K_2$  – соответственно концентрация загрязнителя жидкости в гидроцилиндре и модели лабораторной установки, %.

Принимая  $L=800$  м [5],  $K_1=0,2$  % [2],  $K_2=20$  %,  $A=0,8$  м, получим число циклов перемещений опытных образцов, равное 50, эквивалентное числу циклов и пути трения поршня в гидроцилиндре за время его эксплуатации. При этом отмечена миграция твердых частиц по линии контакта площадки трения и через боковую поверхность испытуемого образца. Из-за колебаний и деформаций кромки испытуемого образца при возвратно-поступательном движении твердые частицы из зон миграции перемещаются вглубь материала образца. Значения величин зон миграции различных по размеру твердых частиц по линии контакта  $a_1$  и через боковую поверхность пористого образца  $a_2$  в проведенных испытаниях сведены в табл. 1.

При этом не было отмечено факта прохождения твердых частиц через опытный образец, так как его ширина была больше значений зон миграций.

Таким образом, с уменьшением размера твердых частиц глубина зон миграции отдельных частиц возрастает.

Лабораторные испытания модели подтвердили эффективность предложенного способа очистки рабочей поверхности детали с помощью открытоячейного пенополиуретана и защиты гидравлического узла трения от проникновения в него твердых частиц.

Табл. 1. Значения величин зон миграции твердых загрязняющих частиц

Диаметр твердых частиц, мм	Величина зон миграции, мм	
	$a_1$	$a_2$
0,06...0,10	5...7	4...5
0,16...0,30	3...4	2...3
0,40...0,80	1...3	0...2

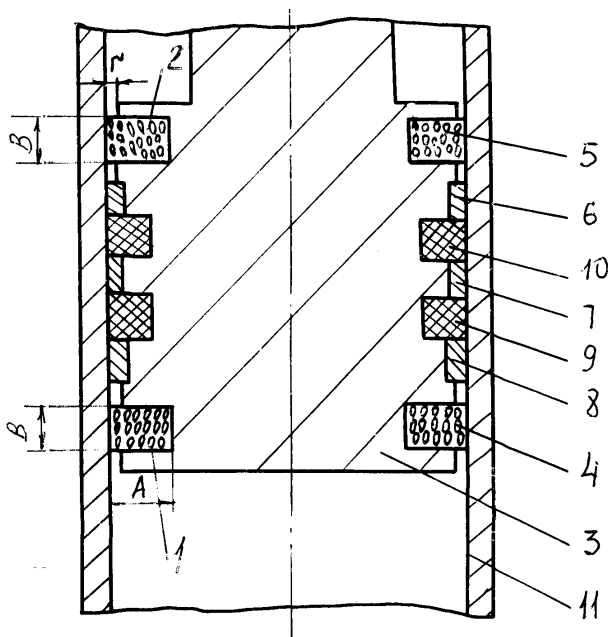


Рис. 5. Конструктивная схема поршневого узла с грязезащитными элементами

На основании проведенных лабораторных исследований с целью защиты пары трения «цилиндр-поршень» гидростойки или гидродомкрата передвижки от проникновения абразивных частиц в зону контакта решено было использовать специальные защитные элементы, выполненные из открытоячеистого пенополиуретана. Особен-

ностью таких защитных элементов является свободное прохождение через них жидкости, вследствие этого на них не возникает перепада давления жидкости, и в то же время перемычки ячеек являются непреодолимым препятствием для абразивных частиц, содержащихся в жидкости.

На рис. 5 представлена конструктивная схема поршня гидродомкрата с защитными элементами из пенополиуретана. В кольцевых канавках 1 и 2 поршня 3 располагают защитные элементы 4 и 5 из открытоячеистого пенополиуретана с обеих сторон от центрирующих 6, 7, 8 и уплотняющих 9 и 10 элементов.

В качестве материала защитных элементов поршня рекомендуется использовать открытоячеистый пенополиуретан марок ППУ-ЭО-130 ТУ-6-05-221-710-83 или ППУ-ЭО-100 ТУ-6-05-5127-82 (отличается от предыдущего тем, что выполнен на основе сложных полиэфиров). Степень нормальной деформации защитного элемента необходимо выбирать в пределах 20...30 %. При увеличении степени деформации более 35 % может иметь место остаточная деформация в виде усадка материала.

Защитные элементы рекомендуется выполнять в виде полоски, устанавливаемой в кольцевую канавку поршня с шириной  $A=7...10$  мм и высотой  $B=7...10$  мм, чтобы обеспечивать достаточную его грязеемкость.



Рис. 6. Плунжеры с грязезащитными элементами из пенополиуретана в цехе № 1 Рутченковского завода «Гормаш»

Величина зазора  $r$  между основной поршня и цилиндром (рис. 5) должна быть в пределах 2...5 мм.

Защитные элементы должны быть обязательно клеены в канавки поршня водостойким клеем или закреплены там жестко каким-либо другим способом.

Для оценки долговечности грязезащитных элементов из пенополиуретана они были смонтированы на 20 поршневых узлах гидростоек 1М8 [9].

На рис. 6 представлены два плунжера с установленными в специальные кольцевые пазы защитными элементами из пенополиуретана.

Защитные элементы рекомендуется выполнять в виде полоски, устанавливаемой в кольцевую канавку поршня с шириной  $B=7...10$  мм, чтобы обеспечивать достаточную его грязеёмкость. Защитные элементы должны быть обязательно клеены в канавки поршня водостойким клеем или закреплены там жестко каким-либо другим способом.

Исследования грязезащитных элементов, изъятых из гидроцилиндров после испытаний в шахтных условиях, показали, что уровень их загрязнения после 6 месяцев составил 20-25 % объема свободных пор.

#### Выводы

1. Впервые в отрасли для увеличения долговечности гидростоек и гидродомкратов передвижки забойного конвейера было предложено использовать грязезащитные элементы из пенополиуретана открытоячейистой структуры и поверхности марок ППУ-ЭО-130 ТУ-6-05-221-710-83 или ППУ-ЭО-ТУ-6-05-5187-82.

2. За время наблюдения на ш/у «Донбасс» в течение 20 месяцев отказов гидростоек с новыми грязезащитными элементами не выявлено, за тот же период эксплуатации гидростоек с обычными уплотнениями имели до 33 % отказов.

3. Исследования грязезащитных элементов, изъятых из гидроцилиндров после испытаний, показали, что уровень их загрязнения составил 20-25 % объема свободных пор. Это свидетельствует о том, что гидроцилиндры с грязезащитными элементами могли бы эффективно эксплуатироваться еще примерно 12-15 месяцев.

#### Список литературы

1. Барышев, А.И. Расчеты и проектирование транспортных средств непрерывного действия: Учеб. пособие для вузов. Изд. 2-е перераб. и доп. / А.И. Барышев и др. – Донецк: ДонНТУ, 2017. – 689 с.

2. Галкин, В.И. Проблемы совершенствования транспортных систем в горной промышленности / В.И. Галкин, Е.Е. Шешко // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал): Труды научного симпозиума «Неделя горняка-2011». Отдельный выпуск 1. – М.: Горная книга, 2011. – С. 458-507.
3. Обоснование и расчеты параметров грузоподъемных машин: Учеб. пос. для вузов / А.И. Барышев [и др.]. – Донецк: ДонНТУ, 2009. – 307 с.
4. Теоретические основы и расчеты транспорта энергоёмких производств: Учеб. пособие для вузов / В.А. Будишевский [и др.]. Под общ. ред. В.П. Кондрахина. 2-е изд., перераб. и доп. – Донецк: ДонНТУ, 2017. – 216 с.
5. Семик, П.Е. Пути увеличения долговечности стоек крепи 1М88 / П.Е. Семик, Н.А. Скляр, Ю.С. Панчева // Уголь Украины. – 1984. – №7. – С. 24-25.
6. Ермак, Н.И. Технология изготовления гидравлических устройств угольных машин и комплексов / Н.И. Ермак, И.Н. Энтин, И.А. Элькинсон. – М.: Недра, 1973. – 228 с.
7. Мустафеев, С.И. Уплотнение двустороннего действия для гидравлических стоек и домкратов / С.И. Мустафеев, В.М. Соболев, А.А. Руденко // Уголь Украины. – 1982. – №9. – С. 38-40.
8. Соломахин, А.Н. Исследование и разработка уплотнительных узлов гидравлических стоек механизированных крепей: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.06 / Соломахин Александр Николаевич. – М.: ИГД им. Скочинского, 1976. – 13 с.
9. А. с. № 1273580 SU A2. Гидравлическая стойка шахтной крепи / П.Е. Семик [и др.]. – №3949375/22-03; заявл. 05.07.85; опубл. 30.11.86. Бюл.№44. – 3 с.
10. Bureček, A. Determination of undissolved air content in oil by means of compression method / A. Bureček, L. Hružík, M. Vašina // Strojniški vestnik. Journal of Mechanical Engineering. – 2015. – Vol.61. – No.7-8. – P. 477-485.
11. Petrović, R. Influence of air content entrained in fluid of a vane pump with double effect operating parameters / R. Petrović [et al.] // Tehnički vjesnik. Technical Gazette. – 2014. – Vol.21. No.2. – P. 401-407.
12. Laceklis-Bertmanis, J. Pressure oscillation in hydraulic hitch-system during implement transport / J. Laceklis-Bertmanis [et al.] // Žemės Ūkio Inžinerija. Mokslo Darbai. – 2010. – Vol.42. – No.2/3. – P. 22-31.

N.A. Sklyarov /Cand. Sci. (Eng.)/  
 Donetsk National Technical University (Donetsk)

**THE STUDY AND DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS TO INCREASE  
 THE DURABILITY OF HYDRAULIC STANDS AND JACKS FOR MOVING  
 A DOWNHOLE SCRAPER CONVEYOR**

**Background.** The paper deals with the causes of premature wear of the surfaces of elements in the “cylinder-piston” coupling of hydraulic stands and jacks for moving the downhole scraper conveyor.

**Materials and/or methods.** The author carried out the analysis of research and publications specific to the topic under consideration, including the results of 30 hydraulic stands fault detection, the composition and amount of quartz and pyrite particles within the cylinder, a plot of wear of the cylinders inner surface obtained.

**Results.** To study the kinetics of the movement of prototypes from porous polyurethane, a laboratory facility developed and the process of impurity accumulation by a polyurethane sample tested for 50 cycles. The values of the zones of migration of the particles into the test sample determined. Developed structural diagram of the piston of the hydraulic stand (hydraulic jack), made 20 hydraulic stands with dirt-resistant devices.

**Conclusion.** During the 20 months observation at ShU "Donbass" no failure of hydraulic stands with new dirt-resistant elements revealed, over the same period of operation hydraulic stands with the usual seals had up to 33 % failures. Studies of the dirt-resistant elements removed from the hydraulic cylinders after the tests showed that the level of contamination was 20-25 % of the free pores. This indicates that the hydraulic cylinders with dirt-resistant elements could effectively operate for about 12-15 months.

**Keywords:** hydraulic stand, hydraulic jack for moving conveyor, dirt-resistant element, wear, polyurethane, durability.

**Сведения об авторе**

**Н.А. Скляр**

SPIN-код: 8015-9609  
 Author ID: 850367  
 ORCID iD: 0000-0002-2961-3164  
 Телефон: +380 (62) 301-07-78  
 Эл. почта: nikolay.sklyarov@mail.ru

Статья поступила 28.02.2018 г.

© Н.А. Скляр, 2018

Рецензент д.т.н., проф. А.П. Кононенко

