

В.Н. Скляр

# РАЗРАБОТКА РОЛИКОВ ШАХТНЫХ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ ПОВЫШЕННОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ И РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ

Рассмотрены проблемы низкой долговечности роликов с подшипниками качения, применяемых в шахтных условиях с сильной запыленностью окружающей среды и вырабатывающих максимальный ресурс до 1500 ч. Разработана конструкция ролика для шахтных ленточных конвейеров повышенной долговечности с ресурсом в 3...5 раз выше, чем у аналогичных роликов с подшипниками качения. Выполнен анализ конструкций роликов отечественного производства и ведущих зарубежных фирм. Предложена конструкция ролика с металлофторопластовыми подшипниками скольжения, которые не подвержены заклиниванию в шахтных условиях, так как могут работать без смазки. Разработаны предложения по повышению ремонтпригодности ролика. Приведены результаты стендовых и приемочных испытаний опытной партии из 30 роликов. Установлено, что сопротивление вращению опытных роликов с бочкообразной формой корпуса подшипника после приемочных испытаний в течение 921 ч, когда было перевезено 476 тыс. т породы, соизмеримо с сопротивлением вращению контрольной партии роликов с подшипниками качения. Перегрева и отказов роликов опытной партии не зафиксировано. Ролики с металлофторопластовыми подшипниками скольжения рекомендованы приемочной комиссией к использованию в шахтах, опасных по газу и пыли.

Ключевые слова: ролик, конвейер ленточный, подшипник, работоспособность, долговечность, ремонтпригодность.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-2-0-194-200

## Актуальность работы

Роликоопоры являются одним из основных элементов ленточных конвейеров, в значительной мере определяющим его работоспособность. На долю роликоопор приходится до 30% стоимости всей установки. На шахтных ленточных конвейерах основными факторами, определяющими ресурс ролика, являются выход из строя подшипниковых узлов и износ обечайки роликов. По этим причинам этот параметр снижается на горных предприятиях до 5–7 месяцев. Увеличение ресурса ролика за счет при-

менения подшипников нового технического уровня повышенной долговечности и ремонтпригодности является актуальной задачей [1–3].

## Анализ последних исследований и публикаций

Ведущие европейские фирмы по производству ленточных конвейеров ориентируются на применение в узлах вращения роликов шарикоподшипников. Фирмы KONE (Финляндия), FCK (Япония) и другие применяют для роликов, работающих в запыленных и влажных условиях,

шарикоподшипники закрытых и полужакрытых конструкций. Ряд зарубежных фирм (в основном США и Англия) используют конические роликподшипники, применение которых обусловлено, в первую очередь, высокой несущей способностью последних и целесообразно на мощных тяжело нагруженных конвейерах [4–6].

Однако это преимущество может быть реализовано только при малых угловых деформациях осей роликов и требует повышения их жесткости, а также постоянного пополнения смазки и регулировки подшипников с целью поддержания радиальных зазоров в допустимых пределах.

Работы, выполненные в МВТУ им. Баумана, показали, что одним из возможных путей повышения качества конвейерных роликов является замена радиальных однорядных шарикоподшипников на аналогичные двухрядные сферические. Целесообразность подобной замены обуславливается большей в 3...8 раз долговечностью сферических подшипников.

Долговечность роликов с шарикоподшипниками значительно ниже долговечности аналогичных роликов с подшипниками скольжения. Сравнительные испытания роликов с радиально-упорными шарикоподшипниками и с металлокерамическими подшипниками, проведенные Гипроуглемашем и ЦНИИТМАШем на шахтах и угольных карьерах показали, что средний срок службы роликов с шарикоподшипниками не превышал 200 ч, однако были отмечены случаи выхода из строя роликов уже после 30 и даже 20 ч работы. Продолжительность работы роликов с металлокерамическими подшипниками скольжения составила в большинстве случаев 1500 ч [7].

Проведенный анализ [8–11] показал, что в настоящее время на шахтах Донбасса в роликах ленточных конвейеров практически не применяются под-

шипники скольжения. Из зарубежного опыта имеются сведения о применении в США роликов из негорючего материала на графитопластмассовых подшипниках скольжения, не требующих смазки.

Однако в летательных аппаратах, легкой и других отраслях промышленности широко применяются подшипники скольжения, в которых используется чистый фторопласт и его композиции. Основная цель применения таких покрытий — возможность работы без смазки, хотя во многих случаях при наличии смазки детали с такими покрытиями могут показывать еще более высокую работоспособность [12].

### **Цель работы**

Разработка конструкции ролика для шахтных ленточных конвейеров повышенной долговечности с ресурсом в 3...5 раз выше, чем у аналогичных роликов с подшипниками качения.

### **Материалы и результаты исследований**

Фторопластовое покрытие выгодно отличается от других полимерных покрытий. Значения коэффициентов трения полимеров по стали представлены в табл. 1.

Основной областью применения металлофторопластовых подшипников являются узлы сухого трения. Рабочие характеристики металлофторопласта довольно близки к наилучшим. Указанный материал допускает довольно высокие удельные нагрузки (до 350 МПа) в широком диапазоне температур (от –250 до +300 °С); имеет коэффициент термического расширения и теплопроводность как у стали; на поверхности не появляется статическое электричество, фреттинг-коррозия и ложное брэнеллирование.

Для выбора рациональной конструкции ролика была разработана морфологическая карта роликов (рис. 1), на

Таблица 1

**Коэффициенты трения полимеров по стали**

Название материала	Значение коэффициента трения		
	сухое трение	смазка водой	смазка маслом
Органичное стекло	0,57	—	—
Текстолит	0,51	0,31	0,21–0,18
Капрон	0,46	0,30	0,22–0,08
Нейлон	0,43	0,21	0,18
Полиэтилен	0,197	0,197	0,115
Фторопласт	0,049	—	0,027

которой жирными линиями обозначена выбранная конструкция ролика с металлофторопластовыми подшипниками скольжения.

С целью значительного повышения долговечности подшипников и установления возможности эффективной замены в роликах шахтных ленточных конвейеров шарико- и роликоподшипников на подшипники скольжения при сохранении значений величин сопротивления вращению ролика равных или близких к

аналогичному параметру, достигаемому в роликах с подшипниками качения, по заданию Минуглепрома Украины объединением «Донецкуглеремонт» с участием Донецкого национального технического университета с участием автора были выполнены научно-исследовательские и опытно-конструктивные работы по созданию роликов шахтных ленточных конвейеров с металлофторопластовыми втулками вместо подшипников качения. Конструкция ролика разработана

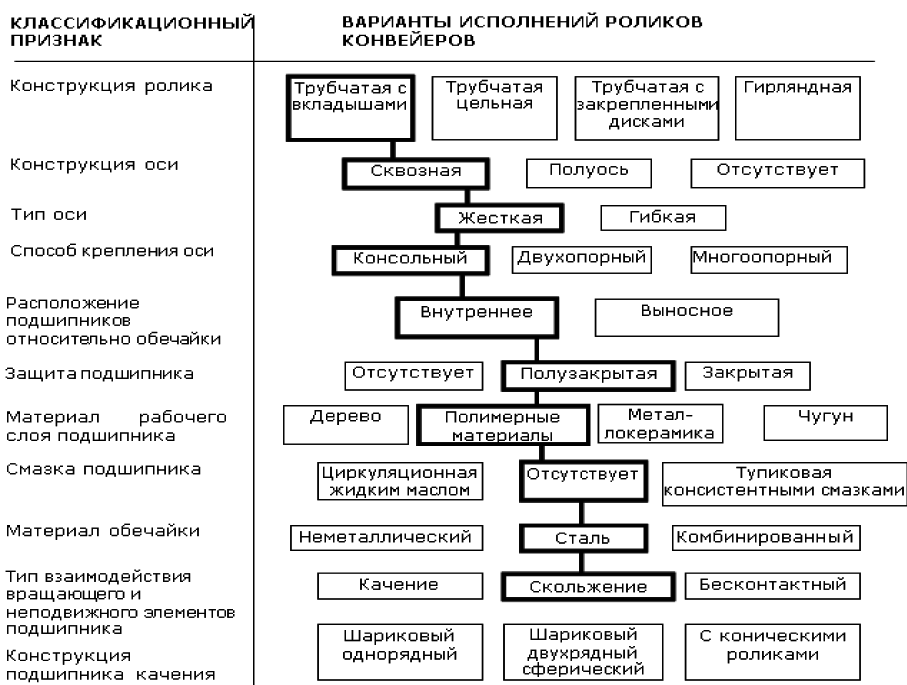


Рис. 1. Морфологическая карта роликов ленточных конвейеров

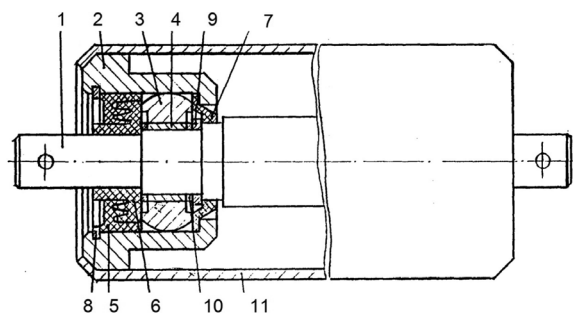


Рис. 2. Ролик ленточных конвейеров с металлофторопластовыми подшипниками скольжения

на базе серийного ролика с подшипниками качения Краснолучского машзавода и представлена на рис. 2.

Ролик включает ось 1, на которую с двух сторон смонтированы стаканы 2 с подшипниками скольжения, состоящих из корпуса 3 и металлофторопластовой втулки 4. Для уменьшения сопротивления вращению ролика корпус подшипника 3 выполнен бочкообразной формы, что обеспечивает установку оси ролика в соосное положение по отношению к вращающимся частям: подшипникам, пылезащитным уплотнениям 5 и 6, защитным кольцом 7. Подшипниковый узел замыкается стопорным кольцом 8. Возникающие осевые нагрузки воспринимаются кольцами 9, посаженными на ось 1 с натягом. Для уменьшения влияния осевых нагрузок на увеличение сопротивления вращению ролика предусмотрены упорные шайбы 10, изготовленные с двухсторонним антифрикционным покрытием того же состава, что и антифрикционное покрытие подшипника. Рабочая поверхность ролика представлена металлической трубой 11. Экспериментальные ролики в количестве 10 шт. прошли стендовые испытания в лаборатории кафедры горнозаводского транспорта Донецкого национального технического университета. Вначале была проведена их обкатка в течение 16 ч под нагрузкой в пылевой камере, а после проверена работоспособность конструкции.

Опытная партия из 30 роликов имела 20 роликов с цилиндрической формой корпуса подшипника и 10 роликов — с бочкообразной формой по внешней поверхности корпуса подшипника. Другая контрольная партия состояла из 30 роликов с подшипниками качения. Все ролики маркировались в торце стаканов насечками.

Ролики опытной и контрольной партий также прошли обкатку в течение 16 ч, после чего были сняты данные о силе сопротивления вращению роликов и радиальным зазорам в подшипнике. Замеры проводились при частоте вращения шпинделя станка 375 об/мин, что соответствовало окружной скорости обечайки ролика 2,5 м/с. Радиальный зазор измерялся при помощи индикатора часового типа.

Приемочные испытания роликов проводились по методике приемочных испытаний, утвержденной ДонУГИ. Опытные и контрольные ролики были установлены на ленточном конвейере породного комплекса шахтоуправления «Донбасс» производственного объединения «Донецкуголь».

На момент работы приемочной комиссии ролики проработали 921 ч, конвейером было перевезено 476 тыс. т породы. Чрезмерного нагрева и отказов роликов не выявлено. После завершения испытаний ролики были сняты с конвейера и в лаборатории ДонНТУ

Таблица 2

**Результаты приемочных испытаний роликов**

Типа роликов	Сила сопротивления вращению роликов, приведенная к его обечайке, Н		Износ подшипников, мм
	до начала испытаний	в конце испытаний	
1. Ролики с цилиндрической формой корпуса подшипника	20,5±0,82	9,05±1,3	0,062±0,009
2. Ролики с бочкообразной формой корпуса подшипника	9,35±0,39	6,45±1,0	0,067±0,019
3. Опытная партия роликов в целом	16,8±0,56	8,18±0,95	0,064±0,009
4. Контрольная партия серийных роликов с подшипниками качения	14,1±2,8	6,92±1,0	0,047±0,010

проведены повторные замеры контролируемых параметров, значения которых приведены в табл. 2.

Как видно из таблицы, опытные ролики с бочкообразной формой корпуса подшипника до начала испытаний имели сопротивление вращению более чем в 2 раза меньше, чем ролики с корпусами подшипников цилиндрической формы. После испытаний это соотношение составило 1,4. По нашему мнению это можно объяснить тем, что бочкообразная форма корпуса подшипника позволяет компенсировать неточности изготовления и монтажа, которые могут вызывать перекосы подшипников скольжения.

Сопротивления вращению роликов с бочкообразной формой корпуса металлофторопластового подшипника скольжения соизмеримы с сопротивлениями вращению роликов с подшипниками качения. Это дает основание считать, что ленточный конвейер, оснащенный металлофторопластовыми подшипниками скольжения не даст увеличения энергозатрат при одновременном повышении ресурса ролика до 9000 ч (примерно большего в 5...6 раз по сравнению с роликами с подшипниками качения).

Для повышения ремонтпригодности ролика в корпусе подшипника 3 были нарезаны по два резьбовых гнезда М4,

в которые ввинчивались специальные шпильки для демонтажа изношенного корпуса подшипника и замены на новый.

Приемочная комиссия с участием представителей МакНИИ, ДонНТУ и горнотехнической инспекции рекомендовала ролики с металлофторопластовыми подшипниками скольжения к промышленному применению в шахтах, опасных по газу и пыли.

**Выводы**

1. Обоснована целесообразность применения металлофторопластовых подшипников скольжения в роликах шахтных ленточных конвейеров вместо подшипников качения. При этом ресурс ролика увеличивается в 5...6 раз и составляет 9000 ч.

2. Конструкция ролика позволяет за счет резьбовых отверстий в корпусе подшипника производить многократную его замену, что значительно повышает долговечность и ремонтпригодность ролика.

3. Так как на фторопластовом покрытии подшипника не возникает статическое электричество, то ролики с металлофторопластовыми подшипниками можно использовать в угольных шахтах опасных по газу и пыли.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галкин В. И., Шешко Е. Е. Проблемы совершенствования транспортных систем в горной промышленности // Горный информационно-аналитический бюллетень. ОВ 1. — 2011. — С. 458–507.
2. Будишевский В. А., Гутаревич В. О., Маценко В. Н., Сулима А. А. Техника и технология погрузки, разгрузки, транспортирования и складирования в энергоемких производствах / Под ред. Будишевского В. А., Сулима А. А. — Донецк: ДонГТУ, 2000. — 350 с.
3. Czaplicki J. M. Mining Equipment and Systems: Theory and Practice of Exploitation and Reliability. London: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2010. 296 p.
4. Furmanik K. J. Analysis of load application on idler roller bearing of belt conveyor in different dynamic models // Journal of Friction and Wear, 2009, vol. 30, iss. 2, pp. 142–147.
5. Yuan X. Q., Yang S. Y., Niu Q. Y. Analysis and Design of the Roller for Belt Conveyor Based on ANSYS // Advanced Materials Research, 2014, vol. 1027, pp. 315–319.
6. Fedorko G., Molnár V., Michalik P. The Calculation of Force Effects of a Conveyor Belt of the Pipe Conveyor to Forming Rollers by FEM // Applied Mechanics and Materials, 2015, vol. 806, pp. 181–186.
7. Сидоров Ю. П. Ролики ленточных конвейеров: Обзор. — М.: ЦНИИТЭИтяжмаш, 1990. — 37 с.
8. Будішевський В. О., Гутаревич В. О., Пуханов О. О. та ін. Проектування транспортних систем енергоємних виробництв / Под ред. Будишевського В. О., Сулима А. А. — Донецьк: Друк-Інфо, 2008. — 454 с.
9. Будішевський В. О., Маценко В. М., Дворников В. І. та ін. Проектування та конструювання транспортних машин та комплексів / Под ред. Будишевського В. О. — Донецьк: Норд-Пресс, 2009. — 599 с.
10. Грудачев А. Я., Беломестнов Ю. А., Хищенко Н. В. Практика рационального выбора конвейерных лент для предприятий угольной промышленности / Горная техника. — СПб.: ООО «Славутич», 2010. — С. 108–113.
11. Грудачев А. Я., Кремешная А. А., Максецкий А. И. Выбор рациональных параметров ленточных конвейеров, обеспечивающих снижение энергопотребления // Энергосбережение. — 2004. — № 4. — С. 21–23.
12. Курицына А. Д., Истомин И. П. Композиционные материалы и покрытия на базе фторопласта-4 для сухого трения подшипников скольжения. — М.: НИИМАШ, 1971. — 52 с. **ПТБ**

## КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Скляр В. И. Владимирович Николаевич — инженер,  
e-mail: gvo58@mail.ru,  
Донецкий национальный технический университет (ДонНТУ), Украина.

---

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 2, pp. 194–200.

V.N. Sklyarov

## DESIGNING MINE BELT CONVEYOR ROLLERS OF HIGHER ENDURANCE AND MAINTAINABILITY

In focus of the study is the problem of low endurance of rollers with roller bearings used in mines with heavily dusty air and having maximum life of 1500 hours. The study aims to design mine belt conveyor rollers having endurance 3–5 times higher than the rollers with roller bearings. The author has analyzed designs of rollers of domestic and foreign manufacture. The proposed design of rollers includes metal–fluoroplastic layer slider bearings immune to blocking and capable to operate without lubrication.

The recommendations on improving maintainability of the roller are made. The presented results of bench and acceptance testing of a pilot batch of 30 rollers show that rotating resistance of the pilot model rollers with the barrel-shaped housing of bearing after acceptance testing for

941 hours and conveying of rock quantity of 476 thou t is commensurable with the rotating resistance of the inspection lot of rollers with roller bearings.

The pilot batch of rollers exhibited no overheating or failure. The rollers with metal–fluoroplastic layer slider bearings are recommended by the acceptance board for operation in gas- and dust-hazardous mines.

Key words: roller, belt conveyor, roller bearing, serviceability, endurance, maintainability.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-2-0-194-200

## AUTHOR

Sklyarov V.N., Engineer, e-mail: gvo58@mail.ru, Donetsk National Technical University» (DonNTU), 83001, Donetsk, Ukraine.

## REFERENCES

1. Galkin V.I., Sheshko E.E. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. Special edition 1. 2011, pp. 458–507.
2. Budishevskiy V.A., Gutarevich V.O., Matsenko V.N., Sulima A.A. *Tekhnika i tekhnologiya pogruzki, razgruzki, transportirovaniya i skladirovaniya v energoemkikh proizvodstvakh*. Pod. red. Budishevskogo V.A., Sulima A.A. (Technology and equipment for loading, unloading, haulage and storage in power-consuming industries. Budishevskiy V.A., Sulima A.A. (Eds.)), Donetsk, DonGTU, 2000, 350 p.
3. Czaplicki J. M. *Mining Equipment and Systems: Theory and Practice of Exploitation and Reliability*. London: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2010. 296 p.
4. Furmanik K.J. Analysis of load application on idler roller bearing of belt conveyor in different dynamic models. *Journal of Friction and Wear*, 2009, vol. 30, issue 2, pp. 142–147.
5. Yuan X. Q., Yang S. Y., Niu Q. Y. Analysis and Design of the Roller for Belt Conveyor Based on ANSYS. *Advanced Materials Research*, 2014, vol. 1027, pp. 315–319.
6. Fedorko G., Molnár V., Michalik P. The Calculation of Force Effects of a Conveyor Belt of the Pipe Conveyor to Forming Rollers by FEM. *Applied Mechanics and Materials*, 2015, vol. 806, pp. 181–186.
7. Sidorov Yu. P. *Roliki lentochnykh konveyerov: Obzor* (Belt conveyor rollers: Review), Moscow, TsNIITeltyazhmash, 1990, 37 p.
8. Budishevskiy V. O., Gutarevich V. O., Pukhanov O. O. *Proektuvannya transportnikh sistem energoemnikh virobnitstv*. Pod red. Budishevskogo V. O., Sulima A. A. (Проектування транспортних систем енергоємних виробництв. Budishevskiy V. O., Sulima A. A. (Eds.)), Donetsk, Druk-Info, 2008, 454 p.
9. Budishevskiy V. O., Matsenko V. M., Dvornikov V. I. *Proektuvannya ta konstruyuvannya transportnikh mashin ta kompleksiv*. Pod red. Budishevskogo V. O. (Проектування та конструювання транспортних машин та комплексів. Budishevskiy V. O. (Ed.)), Donetsk, Nord-Press, 2009, 599 p.
10. Grudachev A. Ya., Belomestnov Yu. A., Khitsenko N. V. *Gornaya tekhnika* (Mining equipment), Saint-Petersburg, OOO «Slavutich», 2010, pp. 108–113.
11. Grudachev A. Ya., Kremeshnaya A. A., Maksetskiy A. I. *Energoberezhenie*. 2004, no 4, pp. 21–23.
12. Kuritsyna A. D., Istomin I. P. *Kompozitsionnye materialy i pokrytiya na baze ftoroplasta-4 dlya sukhogo treniya podshipnikov skol'zheniya* (Composite materials and coatings base on fluoroplastic-4 for dry friction in slide roller bearings), Moscow, NIIMASH, 1971, 52 p.

## FIGURES

Fig.1. Morphological map of belt conveyor rollers.

Fig. 2. Roller conveyor belts with plain bearings metal-ftoroplastic.

## TABLES

Table 1. Coefficients of friction on steel polymers.

Table 2. Results of the acceptance tests rollers.

