

В.Н. СклЯров

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет» (Донецк)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РОЛИКОВ ШАХТНЫХ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ ПОВЫШЕННОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Предложена конструкция пылевой камеры для испытаний ролика с металлофторопластовыми подшипниками скольжения, которые могут работать в шахтных условиях без смазки. Приведены результаты стендовых и приемочных испытаний опытной партии из 30 роликов. Установлено, что сопротивление вращению опытных роликов с бочкообразной формой корпуса подшипника соизмеримо с сопротивлением вращению контрольной партии роликов с подшипниками качения.

Ключевые слова: ролик, конвейер ленточный, подшипник скольжения, пылевая камера, работоспособность, долговечность.

Постановка проблемы

Одним из наиболее распространенных видов транспорта для горной промышленности являются ленточные конвейеры. Они обеспечивают практически любую требуемую производительность транспортных комплексов, которая может составлять 1000-2000 т/ч [1-3]. Срок службы ленты конвейера в значительной мере определяется работоспособностью роликкоопор, на долю которых приходится до 30 % от первоначальной стоимости конвейера [4].

От обоснованности параметров ленточного конвейера во многом зависит его эффективность. Особенно это важно для выбора коэффициента сопротивления вращению роликов. Если расчетное значение этого коэффициента превышает фактическое значение, то затрудняется запуск ленточного конвейера, а если его значение ниже, то установленная мощность привода будет использоваться не в полной мере, что приводит к неэффективному использованию конвейера. Кроме того, коэффициент сопротивления вращению роликов в значительной степени определяет затраты электроэнергии на транспортировку грузов и ресурс ленты конвейера.

Однако до настоящего времени еще недостаточно исследовано взаимодействие роликкоопор со ставом и конвейерной лентой, не определены значения коэффициента сопротивления при автоколебаниях системы «роликкоопора-став-конвейерная лента». Особенно это относится к роликам с металлофторопластовыми втулками, позволяющими увеличить их ресурс. Поэтому экспериментальное исследование роликкоопор и роликов, имеющих подшипниковые узлы нового технического уровня, является актуальной проблемой.

Анализ последних исследований и публикаций

Исследованию взаимодействия роликов с конвейерной лентой шахтных конвейеров посвящен ряд работ [5-7]. Практика рационального выбора параметров ленточных конвейеров, обеспечивающих снижение энергопотребления, исследована в публикациях [8-9]. Проведенный анализ [10-12] показал, что в настоящее время на шахтах Донбасса в роликах ленточных конвейеров практически не применяются подшипники скольжения. Настоящая работа является продолжением указанных исследований.

Цель (задачи) исследования

Целью стендовых испытаний являлась сравнительная качественная и количественная оценка эксплуатационных показателей роликов с металлофторопластовыми втулками и серийных роликов с подшипниками качения для проверки возможности применения первых в промышленных условиях.

Основной материал исследования

Металлофторопластовое покрытие выгодно отличается от других полимерных покрытий. Основной областью применения данного покрытия являются узлы сухого трения. Металлофторопласт [13] допускает довольно высокие удельные нагрузки (до 350 МПа) в широком диапазоне температур (от -25° до $+300^{\circ}$ С); имеет коэффициент термического расширения и теплопроводность, как у стали; на поверхности не появляется статическое электричество, фреттинг-коррозия и ложное бреллирование.

Научно-исследовательские работы, проведенные в Донецком национальном техническом уни-

верситете, позволили разработать конструкции роликов ленточных конвейеров с металлофторопластовыми подшипниками скольжения [14-15], опытная партия которых прошла экспериментальные исследования в два этапа. Вначале выполнены стендовые испытания в лабораторных условиях кафедры «Горнозаводской транспорт и логистика» ДонНТУ, а далее – промышленные испытания на ленточном конвейере породного комплекса шахтоуправления «Донбасс» производственного объединения «Донецкуголь».

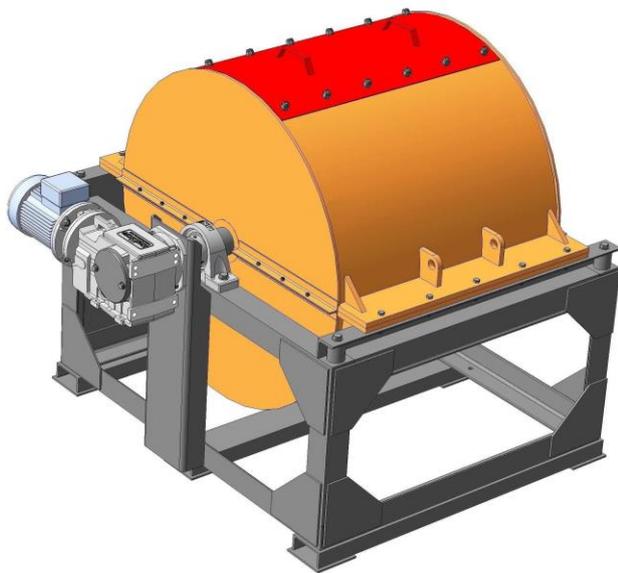
Лабораторные исследования проводились согласно программе и методике стендовых испытаний роликов. Согласно этой программе разработана пылевая камера, принципиальная схема которой приведена на рис. 1.

Пылевая камера представляет собой закрытый цилиндрический кожух, состоящий из корпуса и крышки. Кожух с внутренней стороны футерован конвейерной лентой. В кожухе размещен ротор, который состоит из вала с расположенными на нем двумя дисками. Диски на валу можно переустанавливать для различной длины роликов. В дисках предусмотрены окна для установки прижимных устройств роликов. Одновременно на ротор пылевой камеры можно устанавливать шесть испытываемых роликов диаметром до 127 мм. На роторе предусмотрена установка скребков, которые, касаясь футеровки кожуха, поднимают частицы пыли, создавая необходимый пылевой режим. Ротор камеры приводится во вращение приводом, состоящим из асинхронного электродвигателя и конического редуктора. При этом линейная скорость враще-

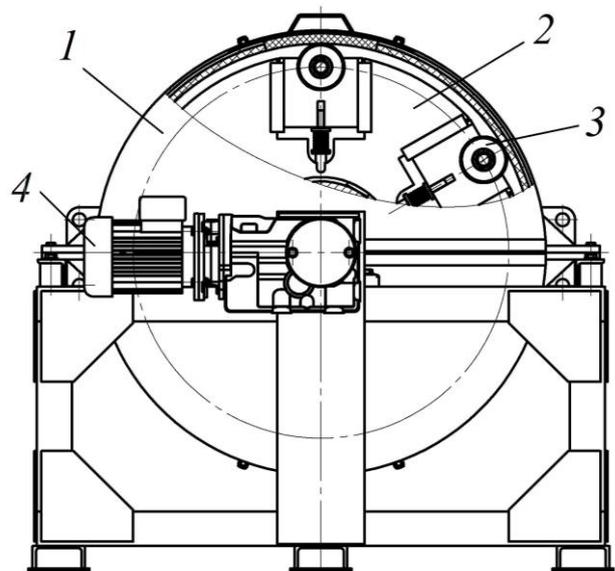
ния обечайки ролика при испытании составляла $2,5 \pm 0,25$ м/с, что соответствует допустимому пределу скорости движения ленты современных ленточных конвейеров для горных предприятий. Для контроля запыленности воздуха методом отбора проб в кожухе камеры предусмотрены отверстия, которые открывают только на время выполнения замеров.

Камера работает следующим образом. Через люк в крышке кожуха устанавливаются в прижимные устройства испытываемые ролики. После установки всех роликов засыпают в камеру пыль и люк закрывают. При включении камеры в работу ротор приводится во вращение, и ролики, расположенные на нем, обкатываются по футеровке кожуха. Скребки, захватывая частицы пыли, создают запыленность воздуха.

Запыленность воздуха в камере составляла 10 г мелкодисперсной пыли на 1 м^3 воздуха. Крупность частиц пыли составляла до 0,1 мм. Состав пыли включал 50 % формовочной смеси литейных цехов и 50 % кварцевого песка. Концентрация пыли измерялась через 16 часов работы пылевой камеры. Контроль осуществлялся методом отбора проб с помощью аспиратора М 822, используемого санитарной инспекцией. Для этого производился расчет запыленности воздуха $K = q / (\omega t)$, г/м^3 , где q – масса пыли, осевшей на фильтре, г; t – время оседания пыли, мин; ω – расход воздуха, $\text{м}^3/\text{мин}$. Количество закладываемой в камеру пыли устанавливалось опытным путем, а величина запыленности воздуха контролировалась в процессе испытаний и поддерживалась в заданных пределах.



а



б

Рис. 1. Пылевая камера для стендовых испытаний роликов:

а – общий вид; б – принципиальная схема (1 – кожух, 2 – ротор, 3 – ролик, 4 – привод)

Согласно программе испытаний роликов количественно оценивалось сопротивление вращению ролика и радиальный зазор в подшипниковых узлах. Сопротивление вращению роликов определялось на стенде (рис. 2), который состоит из следующих элементов: станка токарно-винторезного со снятым механизмом подачи рычага балансира с хомутом и динамометра РН-10Ц139-77 ТУ 25.06.575-77 с ценой деления 5 г.

Перед замерами ролики обкатывались по 5 мин в одну сторону, а замеры производили, вращая ролик поочередно в обе стороны. Для этого на испытуемый ролик надевался хомут рычага-балансира. Ролик устанавливался на токарном станке. При этом один конец оси ролика зажимался в трехлапчатом патроне станка, а другой конец удерживался центром задней бабки, входящим в центровочное отверстие оси, а обечайка ролика с рычагом-балансиром могла свободно вращаться вокруг продольной оси ролика.

Для определения силы сопротивления вращению ролика рычаг-балансир опирался на динамометр. При включении станка рычаг-балансир нагружал динамометр и его показания регистрировались. Далее направление вращения станка реверсировалось и вновь регистрировалось усилие. Среднее значение из этих показаний и являлось силой сопротивления вращению ролика на плече рычага-балансира при заданной скорости вращения оси ролика.

Радиальный зазор в подшипниках ролика измерялся на специальном стенде (рис. 3), который состоит из: рамы 1 с двумя опорами, кронштейна 2, индикатора часового типа 3 и рычага 4. Каждая опора в верхней части имеет треугольный вырез для установки оси ролика 5, которая в опорах фиксируется с помощью планки 6.

Ось ролика жестко закреплялась в опорах с помощью планки и болтов. Сверху на ролик накладывалась планка, один конец которой шарнирно закреплялся на раме. Индикатор подводился к обечайке, и его начальные показания

регистрировались. Затем под ролик устанавливался рычаг, который своим весом поднимал обечайку ролика относительно его оси. После этого снимали новые показания индикатора. Разность этих показаний соответствовала радиальному зазору в подшипнике. При этом зазор замерялся в каждом подшипнике в двух взаимно перпендикулярных направлениях перед испытаниями в пылевой камере и по их завершении.

Опытная партия состояла из 20 роликов с цилиндрической формой корпуса подшипника и 10 роликов – с бочкообразной формой по внешней поверхности корпуса подшипника. Кроме того, контрольная партия состояла из 30 роликов с подшипниками качения.

Ролики опытной и контрольной партий проходили обкатку в пылевой камере в течение 16 часов, 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.

Далее ролики устанавливались на ленточном конвейере породного комплекса шахтоуправления «Донбасс» производственного объединения «Донецкуголь», где проработали 921 час. За это время конвейером было перевезено 476 тыс. тонн породы. За время испытаний перегрева и отказов роликов опытной партии не зафиксировано. После этого проводились повторные замеры контролируемых параметров, значения которых приведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, 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.

Табл. 1. Результаты испытаний роликов

Типы роликов	Износ подшипников, мм	Сила сопротивления вращению роликов, приведенная к его обечайке, Н	
		до начала испытаний	в конце испытаний
Контрольная партия роликов с подшипниками качения	0,047±0,010	14,1±2,8	6,92±1,0
Ролики опытной партии с цилиндрической формой корпуса подшипника	0,062±0,009	20,5±0,82	9,05±1,3
Ролики опытной партии с бочкообразной формой корпуса подшипника	0,067±0,019	9,35±0,39	6,45±1,0

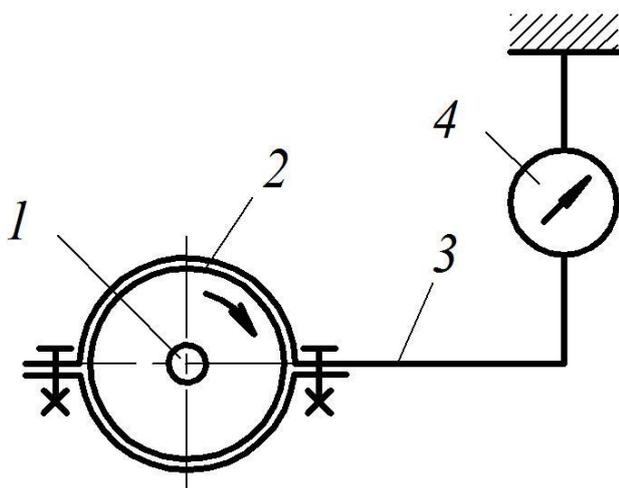


Рис. 2. Схема стэнда для измерения сопротивления вращению роликов: 1 – ось ролика, 2 – обечайка ролика, 3 – рычаг, 4 – динамометр

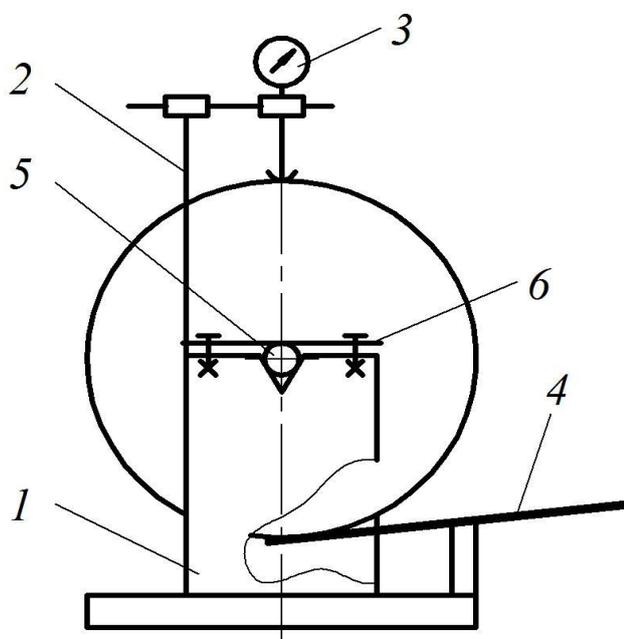


Рис. 3. Схема стэнда для измерения радиального зазора в подшипниковых узлах роликов, где:

1 – рама, 2 – стойка, 3 – индикатор часового типа, 4 – рычаг, 5 – ось ролика, 6 – планка

Сопротивления вращению роликов с бочкообразной формой корпуса металлофторопластового подшипника скольжения соизмеримы с сопротивлениями вращению роликов с подшипниками качения. Это показывает, что применение роликов с металлофторопластовыми подшипниками не приводит к увеличению энергозатрат ленточного конвейера. При этом ресурс ролика до капитального ремонта может составлять до 9000 часов и превышать ресурс роликов с подшипниками качения в 6 раз.

Выводы

Обоснована целесообразность применения металлофторопластовых подшипников скольжения в роликах шахтных ленточных конвейеров вместо подшипников качения. При этом ресурс ролика до первого капремонта увеличивается в 6 раз и составляет 9000 часов.

Сопротивления вращению роликов с бочкообразной формой корпуса металлофторопластового подшипника скольжения соизмеримы с сопротивлениями вращению роликов с подшипниками качения.

За время испытаний перегрева и отказов роликов с металлофторопластовыми подшипниками скольжения не зафиксировано.

Список литературы

1. 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.
2. Техника и технология погрузки, разгрузки, транспортирования и складирования в энергоемких производствах // В. А. Будишевский, В. О. Гутаревич, В. Н. Маценко и др.; ред. В. А. Будишевский, А. А. Сулима. – Донецк: ДонГТУ, 2000. – 350 с.
3. Czaplicki, J. M. Mining Equipment and Systems: Theory and Practice of Exploitation and Reliability // J. M. Czaplicki. – London: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2010. – 296 p.
4. Сидоров, Ю. П. Ролики ленточных конвейеров: обзор / Ю. П. Сидоров – М.: ЦНИИТЭИТЯЖМАШ, 1990. – 37 с.
5. Furmanik, K. J. Analysis of load application on idler roller bearing of belt conveyor in different dynamic models / K. J. Furmanik // Journal of Friction and Wear. – 2009. – Vol. 30. Iss. 2. – P. 142-147.
6. Yuan, X. Q. Analysis and Design of the Roller for Belt Conveyor Based on ANSYS / X. Q. Yuan, S. Y. Yang, Q. Y. Niu // Advanced Materials Research. – 2014. – Vol. 1027. – P. 315-319.
7. Fedorko, G. The Calculation of Force Effects of a Conveyor Belt of the Pipe Conveyor to Forming Rollers by FEM / G. Fedorko, V. Molnár, P. Michalik // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Vol. 806. – P. 181-186.
8. Грудачев, А. Я. В. Практика рационального выбора конвейерных лент для предприятий угольной промышленности / А. Я. Грудачев,

- Ю. А. Беломестнов, Н. В. Хищенко // Горная техника. – СПб: ООО "Славутич", 2010. – С. 108-113.
9. Грудачев, А. Я. Выбор рациональных параметров ленточных конвейеров, обеспечивающих снижение энергопотребления / А. Я. Грудачев, А. А. Кремешная, А. И. Максеев // Энергосбережение. – 2004. – № 4. – С. 21-23.
 10. Проектирования транспортных систем энергоёмных производств / В. О. Будішевський, В. О. Гутаревич, О. О. Пуханов та ін.; ред. В. О. Будішевський, А.О. Суліма. – Донецьк: Друк-Інфо, 2008. – 454 с.
 11. Проектирования та конструювання транспортних машин та комплексів / В. О. Будішевський, В. М. Маценко, В. І. Дворников та ін.; ред. В. О. Будішевський. – Донецьк: Норд-Пресс, 2009. – 599 с.
 12. Корнеев, С. В. Анализ факторов, определяющих силу сопротивления вращению роликов ленточных конвейеров / С. В. Корнеев, В. П. Долгих // Сб. науч. трудов ДонГТУ. – Вып. 41. – 2013. – С. 33-36.
 13. Курицына, А. Д. Композиционные материалы и покрытия на базе фторопласта-4 для сухого трения подшипников скольжения / А. Д. Курицына, И. П. Истомина. – М.: НИИМАШ, 1971. – 52 с.
 14. Скляр, В. Н. Обоснование перспективных направлений конструирования роликотополосных конвейеров на основе критериев долговечности / В. Н. Скляр // Сборник трудов XVII Международной научно-технической конференции «Горная энергетика и автоматика», г. Донецк, 21-23 ноября 2017 г. – Донецк: ДонНТУ, 2017. – С.68-75.
 15. Скляр, В. Н. Результаты испытаний роликов ленточных конвейеров повышенной долговечности / В. Н. Скляр // Сборник трудов XXIV Международной научно-технической конференции «Машиностроение и техносфера XXI века», г. Севастополь 11-17 сентября 2017 г. – Донецк: ДонНТУ, 2017. – С. 233-236.

V.N. Sklyarov

Donetsk National Technical University (Donetsk)

EXPERIMENTAL STUDIES OF ENHANCED DURABILITY ROLLERS FOR MINE BELT CONVEYORS

Background. *The paper deals with the problem of low durability of rollers with rolling bearings used in mines with heavy dust environment. The objective of this work is to perform comparative qualitative and quantitative performance evaluation of rollers with metal-fluoroplastic bushings and the serial rollers with rolling bearings to verify that the first can be used in an industry.*

Materials and/or methods. *The author carried out an analysis of the structures of the rollers of both domestic and leading foreign firms. The design proposed of the roller with metal-fluoroplastic friction bearings which are not prone to jamming in mine conditions, as it can work without lubrication.*

Results. *The results of benchmark and acceptance tests of an experimental batch of 30 rollers presented. Established that the resistance to rotation of the tested rollers with barrel-shaped bearing housing after the acceptance testing for 921 hours, when 476 thousand tons of rock transported, commensurate with the resistance to rotation of the control batch of rollers with rolling bearings. Overheating or failure of the rollers of an experimental batch not recorded.*

Conclusion. *The expediency proved of the use of metal-fluoroplastic sliding bearings in rollers for coal mine belt conveyors instead of rolling bearings. The durability of a roller increases by 6 times and is 9000 hours.*

Keywords: *roller, belt conveyor, bearing, performance, durability.*

Сведения об авторе

В.Н. Скляр

Телефон: +380 (62) 301-08-54

Эл. почта: vladimirnikol777@mail.ru

Статья поступила 09.12.2017 г.

© В.Н. Скляр, 2017

Рецензент д.т.н., проф. О.Е. Шабаев