

УДК 621.867.2

**В. О. Гутаревич**, д-р техн. наук, доц., **В. Н. Скляр**, инж.  
Донецкий национальный технический университет, ДНР  
Тел.: +38(062)3010787; E-mail: gzt1@fimm.donntu.org

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РОЛИКОВ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

*В статье изложены причины низкой долговечности роликов ленточных конвейеров с подшипниками качения. Представлен общий вид конструкции ролика нового технического уровня с разрезной осью повышенной долговечности и рациональной технологией изготовления, обеспечивающей снижение его металлоемкости на 30%. Разработаны рекомендации по применению специальных двухрядных шарикоподшипников закрытого типа, сохраняющих смазку в течение всего срока службы конвейерного ролика.*

**Ключевые слова:** ленточный конвейер, роликостроение, конвейерный ролик, долговечность, срок службы, технология изготовления, металлоемкость.

V. O. Gutarevich, V. N. Sklyarov

### IMPROVE THE DESIGN AND TECHNOLOGY OF BELT CONVEYOR ROLLERS

*The article describes reasons for the low durability of rollers of conveyor belts with bearings rolling. Is presented general view of roller design on new technical level with a split axis with increased durability and rational manufacturing technology, which providing decreasing in 30% metal consumption in production of roller. Developed recommendations for using of special double-row sealed ball bearings that retain lubrication over the entire conveyor life roller.*

**Keywords:** belt conveyor, roller support, conveyor roller, durability, service life, manufacturing technology, metal consumption.

#### 1. Введение

Для промышленных предприятий транспорт играет весьма важную роль, обеспечивая непрерывное перемещение предметов и средств труда между производителями и потребителями, создавая условия для постоянного и ритмичного функционирования промышленного производства. Наиболее распространенным видом непрерывного вида транспорта являются ленточные конвейеры [1].

Одним из основных элементов ленточного конвейера, в значительной мере определяющим его работоспособность, являются роликостроения (рис.1), состоящие из горизонтальных и наклонных роликов. Как правило, горизонтальные ролики устанавливаются посередине роликостроения, а наклонные – по ее бокам. На долю роликостроения приходится до 30% первоначальной стоимости от всей конвейерной установки. Ежегодно машиностроительными заводами изготавливается примерно 10 млн. роликов и, тем не менее, потребность в роликах удовлетворяется на 65-70%. По оценкам экспертов, в настоящее время в эксплуатации на горных предприятиях находится примерно 40 млн. роликов [2].

#### 2. Анализ публикаций по теме работы

Совершенствованию конструкции роликов ленточных конвейеров посвящен ряд работ. В статьях [3...5] выполнен анализ факторов, определяющих силу сопротивления вращению роликов, исследованы силы сопротивления движению конвейерной ленты, проведено моделирование напряженно-деформированного состояния резинотканевой ленты при ее изгибе. В работе [6] приведена математическая модель сопротивления движению ленты с грузом по роликостроениям ленточных конвейеров, которая учитывает изгиб ленты. Исследования [7...8] направлены на разработку роликов шахтных ленточ-

© Гутаревич В. О., Скляр В. Н.; 2021.

ных конвейеров повышенной долговечности и ремонтпригодности. Результаты экспериментальных исследований ленточных конвейеров в производственных условиях приведены в работе [9]. Анализ их функциональных параметров роlikоопор ленточных конвейеров выполнен в работах [10...12].

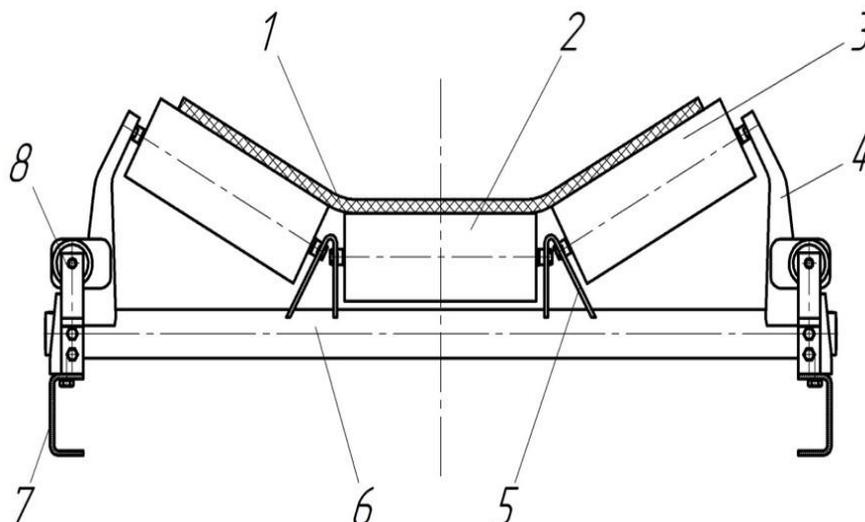


Рисунок 1. Общий вид роlikоопоры ленточного конвейера с устройством для замеров силы сопротивления движению конвейерной ленты [1]: 1 – лента; 2, 3 – средний и боковые ролики; 4, 5 – наружный и внутренний кронштейны; 6 – опорная поворотная балка; 7 – став конвейера; 8 – упор

Сравнительные испытания различных конструкций роликов, проведенные ЦНИИТМАШем и Гипроуглемашем показали, что средний срок службы роликов с шарикоподшипниками не превышает 200 часов. Были отмечены случаи выхода из строя роликов (заштыбовки) уже после 30 и даже 20 часов работы из-за попадания пыли через несовершенные лабиринтные уплотнения. На практике прекратившие вращение ролики заменяют новыми, что в итоге приносит огромный экономический ущерб предприятию. Кроме того, к недостаткам следует отнести: наличие сквозной оси и массивных стаканов увеличивает вес ролика примерно на 30%; ролик сложен в изготовлении из-за литейных и токарных операций, имеет высокую трудоемкость изготовления, сборки, а также разборки.

Настоящая статья является продолжением совершенствования конструкции и технологии изготовления роликов шахтных ленточных конвейеров.

**Цель (задачи) исследования** заключается в разработке конструкции ролика ленточного конвейера нового технического уровня с применением рациональных технологий изготовления.

Указанная цель решается выполнением следующих задач:

-анализ причин низкой долговечности роликов шахтных ленточных конвейеров с подшипниками качения;

-разработка конструкции ролика ленточного конвейера с разрезной осью уменьшенной металлоемкости с двухрядными шарикоподшипниками закрытого типа и запасом смазки на весь срок службы ролика;

- исследование деформаций и напряжений в обечайке ролика с разрезной осью с использованием 3D-модели ролика;
- разработка выводов и рекомендаций.

### 3. Основное содержание и результаты работы

Опыт практической эксплуатации показывает, что во время работы конвейера ролик нагревается и внутри его полости увеличивается давление воздуха. Во время остановки, когда ролик остывает – давление внутри его полости снижается и в подшипниковые узлы через уплотнения засасывается пыль, приводящая к заклиниванию подшипников, вызывающая прекращение вращения. Конвейерная лента, скользящая по неподвижному ролику, получает значительные повреждения обкладок и в результате чего существенно снижается ее срок службы.

Для реализации поставленной цели разработан комплект конструкторской документации на ролик с разрезной осью (рис. 2). В состав его входит моноблочная обечайка, имеющая герметичную внутреннюю полость и две внешние полости для размещения подшипниковых узлов с полуосью.

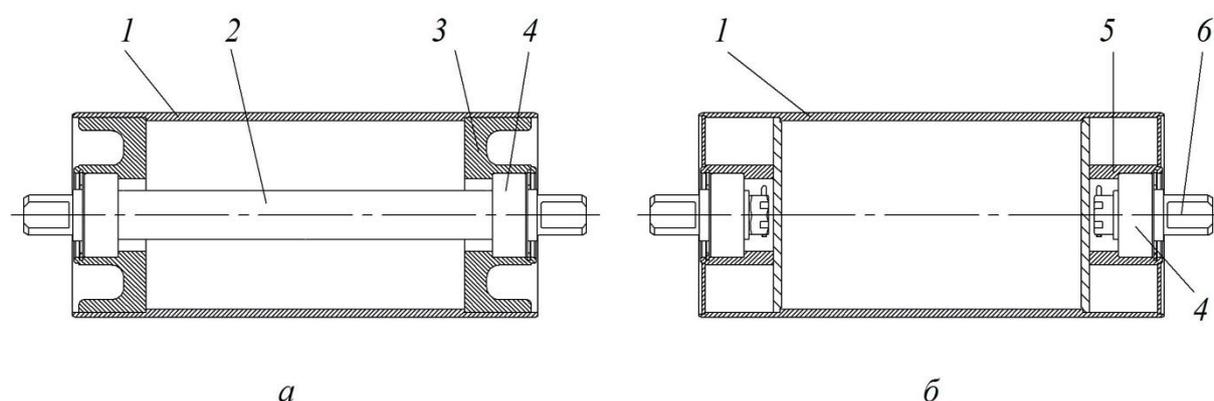


Рисунок 2. Общий вид роликов ленточного конвейера: *a* – со сплошной осью; *б* – с разрезной осью (1 – обечайка; 2 – ось; 3 – стакан; 4 – подшипник; 5 – втулка; 6 – полуось)

Полуоси подшипникового узла, установленные во внешние полости обечайки ролика, образуют разрезную ось. В каждом подшипниковом узле используется двухрядный подшипник с закрытым исполнением и со смазкой на весь период эксплуатации. Этот узел практически не имеет пустот, что предотвращает попадание пыли при засасывании воздуха из-за нагрева и остывания ролика. При этом один торец подшипников закрывается глухой крышкой, а на противоположном торце уплотнение закрывает только пространство между наружными и внутренними кольцами. Такая конструкция обеспечивает работу подшипника без смены или добавления смазки в течение всего срока службы подшипникового узла.

Для изготовления ролика выбрана обычная углеродистая сталь. Разработанный ролик, в сравнении с выпускаемым ранее, имеет все одинаковые присоединительные габаритные размеры, что обеспечивает взаимозаменяемость разных типов роликов без дополнительных изменений в конструкции роликоспор ленточного конвейера. При этом длина двух полуосей значительно меньше длины сплошной оси, массивный стакан подшипникового узла заменен на втулку с двумя дисками, что позволяет в зависимости от ширины ленты конвейера снизить общую массу ролика на 20...30%. Такое

снижение позволяет получить годовую экономию металла свыше 50 тыс. т на перспективную программу выпуска роликов 8,3 млн. штук.

Анализ конструкции ролика с разрезной осью показывает, что трудоемкость изготовления роликов уменьшается практически в 3 раза. Это является результатом сокращения механической обработки и уменьшения отходов металла в стружку, снижения количества деталей, ликвидации целого ряда операций – отливки и обработки стоек, предусмотренных в традиционной конструкции роликов, изготовления осей, лабиринтных уплотнений, запрессовки втулок и вальцовки торцов обечайки ролика.

Результаты моделирования напряжений в ролике с разрезной осью, проведенные в среде SolidWorks Simulation, показаны на рис. 3. Для проведения моделирования ось ролика с одной стороны закреплялась жестко, а с другой – с возможностью продольного смещения в опоре. На обечайке выделялась зона контакта ролика с конвейерной лентой. В этой зоне прикладывалась распределенная нагрузка, направленная радиально. Ее значение рассчитывалось аналитически и равнялось реакции от усилия, действующего на ролик при взаимодействии с грузовой лентой конвейера. Кроме того, к торцу одной опоры ролика прикладывалась нагрузка, направленная вдоль его оси, значение которой не превышало 30% от радиальной. Это позволяло учитывать дополнительные усилия, формирующиеся при наклонной установке ролика и боковом сходе ленты со става конвейера, возникающем во время его эксплуатации.

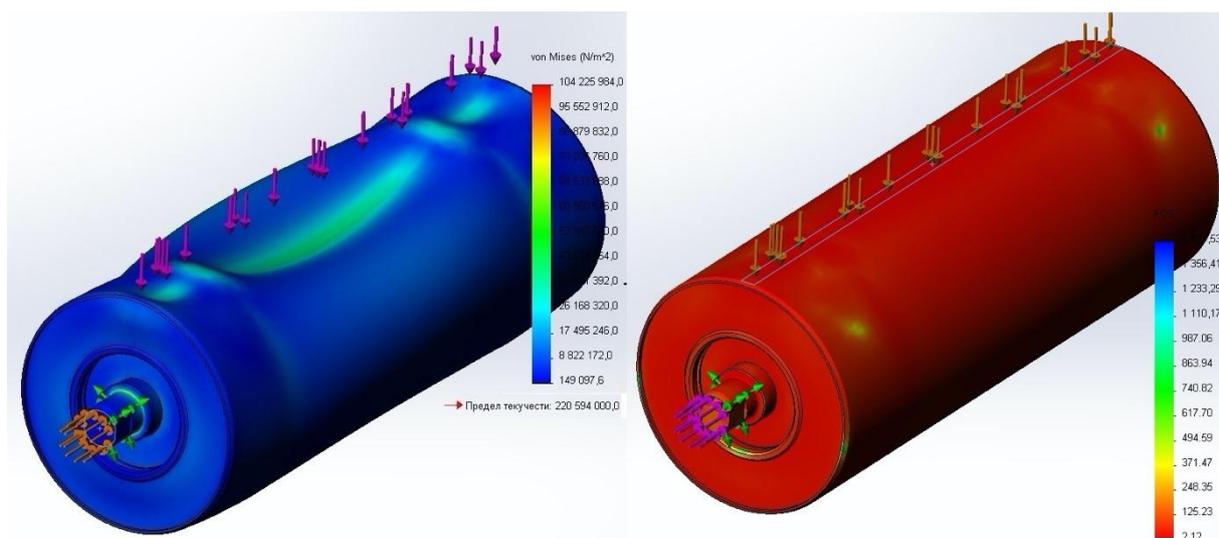


Рисунок 3. Результаты моделирования напряжений в ролике с разрезной осью:  
*a* – со сплошной осью; *б* – коэффициент запаса прочности

Из эпюры напряжений (рис. 3, *a*) видно, что во всех узлах расчетные значения напряжений не превышает допустимые, а минимальный запас прочности (рис. 3, *б*) составляет более 2,1. В общем случае прочность обечайки ролика обеспечивается и узлы ролика не требуют дополнительного упрочнения.

Изготовленный опытный образец ролика ленточного конвейера с разрезной осью прошел обкатку на токарно-револьверном станке при скорости вращения шпинделя 375 об/мин, что соответствовало окружной скорости обечайки, равной 2,5 м/с. При этом с помощью пневмоаккумулятора к обечайке прикладывалась периодическая пульсирующая нагрузка 0,85 кН, что примерно соответствовало нагрузке 1 м<sup>3</sup> угольной массы на грузовой ветви ленточного конвейера.

В итоге установлено, что за счет значительного упрощения технологии изготовления, ликвидации малонадежных соединений «труба-стакан», «стакан-подшипник», а также замены пластмассовых деталей уплотнений стальными штампованными возможно увеличить долговечность конвейерного роликов. Применение специальных подшипников, отличающихся от обычных радиальных шариковых наличием двух зон уплотнений, позволяет повысить срок службы конвейерных роликов в 1,5-2,0 раза.

#### 4. Заключение

Таким образом, выполненные исследования позволили установить.

1. В конвейерных роликах с разрезной осью за счет ликвидации сквозных осей, исключения из конструкции массивных металлических стаканов и уменьшения толщины стенок корпусов (не требуется расточка обечайки под стаканы) металлоемкость ролика снижается более чем на 30%, что позволяет получить годовую экономию металла свыше 50 тыс. т на перспективную программу выпуска роликов 8,3 млн. штук.

2. Уменьшается в 3 раза трудоемкость изготовления роликов в результате сокращения механической обработки и отходов металла в стружку, уменьшения количества деталей, ликвидации целого ряда операций – отливки и обработки стаканов, предусмотренных в традиционной конструкции роликов, изготовления осей и лабиринтных уплотнений, запрессовки втулок и вальцовки торцов обечайки ролика.

3. Долговечность роликов повышается в результате значительного упрощения технологии изготовления и обеспечения соответствия ее условиям массового производства, ликвидации малонадежных соединений «труба-стакан», «стакан-подшипник», замены пластмассовых деталей уплотнений стальными штампованными, применения высококачественных смазок длительного срока действия и существенного сокращения количества ответственных сопряжений.

4. Срок службы конвейерного ролика возможно увеличить в 1,5-2,0 раза за счет применения специальных подшипников, отличающихся от обычных радиальных шариковых наличием двух зон уплотнений. Один торец подшипников закрывается глухой крышкой, а на противоположном торце уплотнение закрывает только пространство между наружными и внутренними кольцами. Такая конструкция обеспечивает работу подшипника без смены или добавления смазки в течение всего срока службы подшипникового узла.

Применение специальных двухрядных шарикоподшипников в сочетании с рациональной технологией их установки позволяет значительно снизить трудоемкость и металлоемкость роликов, повысить их долговечность и сэкономить дополнительные производственные площади.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Расчеты и проектирование транспортных средств непрерывного действия / В. А. Будишевский, В. О. Гутаревич, В. Н. Скляр и др. под общ. ред. В. П. Кондрахина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Донецк: ГОУВПО «ДонНТУ», 2017. – 689 с.

2. Сидоров, Ю. П. Ролики ленточных конвейеров: Обзор / Ю. П. Сидоров. – М.: ЦНИИТЭИмаш, 1990. – 37 с.

3. Корнеев, С. В. Анализ факторов, определяющих силу сопротивления вращению роликов ленточных конвейеров / С. В. Корнеев, В. П. Долгих // Сборник трудов ДонГТУ. – 2013. – Вып.41. – С. 33-36.

4. Корнеев, С. В. Сопротивление движению конвейерной ленты, возникающее при прохождении роlikоопоры / С. В. Корнеев, В. П. Долгих // Горное оборудование и электромеханика. – 2015. – №94. – С. 20-25.
5. Корнеев, С. В. Моделирование с применением ANSYS Workbench напряженно-деформированного состояния резинотканевой конвейерной ленты с механическим стыком при изгибе на обводных барабанах / С. В. Корнеев, В. Ю. Доброногова, В. П. Долгих, О. В. Захаров // Сборник трудов ДонГТУ. – 2020. – Вып.61. – С. 101-109.
6. Кирия, Р. В. Определение коэффициента сопротивления движению ленты по роlikоопорам конвейера, обусловленного изгибом ленты / Р. В. Кирия, В. Ю. Максютенко, Т. Ф. Мищенко // Геотехническая механика: Межведомственный сборник научных трудов. – Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2012. – Вып. 106. – С. 140-146.
7. Скляр, В. Н. Разработка ролика шахтных ленточных конвейеров повышенной долговечности и ремонтпригодности / В. Н. Скляр // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2018. – №2. – С. 194-200.
8. Скляр, В. Н. Исследование деформаций конвейерных ролик с разрезной осью / В. Н. Скляр // Вестник Донецкого национального технического университета. – 2019. – № 1(15). – С. 47-50.
9. Суглобов, В. В. Экспериментальные исследования ленточных конвейеров в производственных условиях / В. В. Суглобов, П. А. Гринько // Наука и производство. – 2017. – Вып. 17. – С. 77-81.
10. 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.
11. 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.
12. 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.

Поступила в редколлегию 24.01.2021 г.