

УДК 621.867

Модульная ремонтпригодная конструкция конвейерного ролика на основе композитных материалов

Modular Repairable Conveyor Roller Design Based on Composite Materials

Сергеев Александр Сергеевич / Aleksandr S. Sergeev

исполнительный директор ООО «Мегасервис» / Executive Director, MegaService LLC

Аннотация. В статье рассматривается конструкция конвейерного ролика с модульной схемой распределения нагрузки и повышенной ремонтпригодностью. В качестве рабочих элементов применены катки из стеклонаполненного полиамида с индивидуальными подшипниковыми узлами. Представлены результаты сравнительных испытаний опытного образца и традиционных роликов по показателям износостойкости, трудоёмкости обслуживания, массы и срока службы. Установлено, что внедрение данной конструкции позволяет снизить эксплуатационные затраты, сократить простои оборудования и увеличить ресурс узла без капитального ремонта.

Ключевые слова: конвейерный ролик, модульная конструкция, ремонтпригодность, стеклонаполненный полиамид.

Abstract. The article examines the design of a conveyor roller with a modular load distribution system and enhanced maintainability. The working elements are rollers made of glass-filled polyamide, each equipped with individual bearing units. The paper presents the results of comparative testing between the prototype and traditional rollers in terms of wear resistance, maintenance complexity, weight, and service life. It is shown that the proposed design reduces operational costs, minimizes equipment downtime, and extends the service life of the unit without major repairs.

Keywords: conveyor roller, modular design, maintainability, glass-filled polyamide.

Конвейерные ролики являются расходным элементом и подвержены значительным эксплуатационным нагрузкам. Срок их службы ограничен износом подшипников, обечайек и других компонентов. На многих предприятиях замена роликов проводится ежегодно или чаще, что приводит к росту затрат на обслуживание, простоям и снижению общей эффективности оборудования [1].

На сегодняшний день наиболее распространённые конструкции конвейерных роликов основаны на металлической обечайке и двух опорных подшипниках. Такой ролик не подлежит ремонту, так как после износа одного из элементов он полностью выходит из строя [2]. Современные полимерные и композитные материалы частично решают проблему коррозии и снижают массу изделия, что увеличивает срок службы конвейерного ролика, однако это не меняет базовую конструктивную схему и при повреждении одного элемента ролик выходит из строя. Одним из решений данной проблемы является переход к модульной конструкции конвейерного ролика, при которой нагрузка равномерно распределяется между несколькими подшипниками, а

изношенные элементы могут быть оперативно заменены на месте благодаря применению универсальных сменных компонентов, постоянно доступных в запасе. Дополнительным фактором является использование износостойких полимеров, обладающих низким коэффициентом трения и стойкостью к влаге, грязи и агрессивным средам.

Цель настоящего исследования — разработать и описать конструкцию ремонтпригодного ролика, в котором устранены основные недостатки классических решений. Предлагается конструкция с осью, на которой размещены отдельные катки из стеклонеполненного полиамида. Каждый каток оснащён подшипником с двусторонней защитой. Рабочей поверхностью служит сам каток. При износе он может быть заменён на месте. Такое решение обеспечивает увеличение срока службы и снижение эксплуатационных затрат.

Обзор существующих решений

Конвейерные ролики широко применяются в промышленности для поддержки и направления движения транспортных лент. Наиболее распространёнными являются ролики с металлической обечайкой, установленной на ось с двумя опорными подшипниками. Такая конструкция проста в производстве и обеспечивает достаточную жёсткость. Однако она имеет ряд ограничений, которые снижают её надёжность при длительной эксплуатации [3].

Основной проблемой является износ металлической обечайки. При длительной работе на абразивных материалах и в условиях высокой влажности обечайка изнашивается быстрее, чем подшипники. Часто фиксируются случаи сквозного протирания корпуса (рисунок 1), что приводит к полной замене ролика. Дополнительным недостатком является отсутствие возможности локального ремонта. В случае выхода из строя одного компонента требуется замена всего ролика, что значительно увеличивает затраты и усложняет техническое обслуживание [4].



Рисунок 1 — Сквозное протирание корпуса

Стоит отметить, что в современной практике в промышленности начали использоваться ролики с полимерными и композитными обечайками. Наиболее распространённым материалом является полиамид, усиленный стекловолокном (РА6 GF30). Этот материал обладает высокой прочностью, устойчив к истиранию и не подвержен коррозии. Также он обеспечивает снижение массы изделия, что снижает нагрузку на конструкцию и упрощает монтаж [5]. Однако, несмотря на преимущества материала, конструкции с полимерной обечайкой сохраняют базовую схему с двумя подшипниками. Это ограничивает срок службы изделия, так как при увеличении нагрузки она распределяется только на два опорных узла. Кроме того, при разрушении обечайки или подшипника требуется полная замена ролика, что сохраняет высокий уровень эксплуатационных расходов.

В зарубежной практике встречаются многосекционные конструкции, однако их область применения ограничена, а уровень ремонтпригодности остаётся низким. Анализ патентных баз США, Европы и Китая не выявил конструкций, в которых отсутствует обечайка, а рабочая поверхность состоит из взаимозаменяемых катков с отдельными подшипниками. Это создаёт предпосылки для разработки альтернативной конструкции с повышенной ремонтпригодностью и расширенными функциональными возможностями.

Конструкция опытного образца ролика РКК

Опытный образец ролика ремонтпригодной конструкции (РКК) разработан с целью устранения ключевых недостатков традиционных роликов. При создании конструкции были учтены требования к нагрузочной способности, стойкости к истиранию, герметичности, ремонтпригодности и технологичности сборки. Рассмотрим ключевые характеристики разработанного РКК (рисунок 2).



Рисунок 2 — Опытный образец ролика ремонтпригодной конструкции

1. Общая компоновка. Ролик РКК состоит из центральной оси, на которую с равными интервалами установлены катки. Каждый каток является независимым

элементом, включающим подшипниковый узел, выполненный в герметичном исполнении. В отличие от традиционных роликов, в конструкции отсутствует цельная обечайка — каждый каток напрямую контактирует с транспортируемым материалом и выполняет функции опорной и направляющей поверхности. На один ролик устанавливается от четырёх до пяти катков. Такое количество обеспечивает равномерное распределение нагрузки и снижает давление на каждый отдельный подшипник. Катки устанавливаются на ось с минимальным зазором (до 100 мм между центрами), что сохраняет непрерывную опорную линию и исключает деформации транспортной ленты.

2. Ось ролика. В конструкции РКК используется цельный вал, изготовленный из калиброванного стального круга. Отказ от составных элементов и полых секций обеспечивает максимальную прочность и жёсткость при эксплуатации, особенно в условиях повышенных нагрузок. Применение цельного вала упрощает процесс изготовления, исключает необходимость сварки, запрессовки и последующей калибровки, а также гарантирует высокую точность при установке модульных катков и полную совместимость с опорными узлами стандартного типа.

3. Катки. Каждый каток представляет собой цельную деталь из стеклонаполненного полиамида (PA6 GF30), армированного стекловолокном для повышения прочности и износостойкости. Геометрия катка обеспечивает устойчивость к деформациям под нагрузкой и надёжный контакт с лентой. Внутри катка установлен шарикоподшипник закрытого типа с двусторонней защитой от пыли и влаги. Рабочая поверхность катка контактирует с лентой напрямую, что позволяет исключить внешнюю обечайку, снизить массу конструкции и упростить обслуживание. Износ рабочей поверхности регулируется выбором марки материала и толщиной стенки катка. При достижении предельного износа каток может быть быстро заменён на месте без демонтажа ролика благодаря использованию универсальных сменных компонентов, постоянно доступных в запасе.

4. Подшипниковый узел. Внутри каждого катка находится радиальный шарикоподшипник, снабжённый двухсторонними резиновыми или пластмассовыми уплотнительными кольцами (тип 2RS). Это исключает попадание влаги, пыли и абразивных частиц внутрь подшипника, что особенно важно при эксплуатации в загрязнённых и влажных производственных зонах. Каждый подшипник заливается внутрь катка, что обеспечивает его наилучшую центровку и предотвращает проворот, и дополнительно защищается с обеих сторон лабиринтными уплотнениями, что исключает его осевое смещение при вибрациях и динамических нагрузках.

5. Крепление катков. Катки устанавливаются на ось посредством посадки с натягом или с применением стопорных колец, втулок или резьбовых элементов. В конструкции предусмотрена возможность замены любого отдельного катка непосредственно на месте, без демонтажа всей системы, что упрощает ремонт при выходе из строя одного из элементов. Это сокращает время обслуживания и снижает потребность в складском хранении комплектных роликов.

Таким образом, опытный образец ролика РКК представляет собой инновационную конструкцию, сочетающую преимущества композитных материалов, многоточечного распределения нагрузки и высокой ремонтпригодности. Разработка ориентирована на повышение надёжности оборудования, снижение эксплуатационных затрат и увеличение срока службы без капитального вмешательства.

Результаты и обсуждение

В ходе разработки и изготовления опытной партии роликов типа РКК была проведена серия сравнительных испытаний, направленных на оценку эксплуатационных характеристик новой конструкции по сравнению с традиционными цельными роликами с металлической обечайкой и двумя опорными подшипниками. Оценивались следующие параметры: распределение нагрузки, устойчивость к истиранию, ремонтпригодность, масса изделия, трудоёмкость технического обслуживания, прогнозируемый срок службы и совокупные экономические показатели. Рассмотрим основные результаты.

1. Распределение нагрузки. Конструкция ролика РКК предполагает размещение четырёх или пяти независимых катков с подшипниковыми узлами на общей оси. Это позволяет распределить нагрузку между четырьмя–пятью точками опоры вместо двух, как в стандартной конструкции. Расчётные и экспериментальные данные показали, что такое распределение снижает удельную нагрузку на каждый подшипник в среднем на 45–55 %. Это приводит к значительному снижению контактных напряжений и уменьшает риск преждевременного выхода из строя подшипникового узла.

2. Износостойкость рабочих поверхностей. В конструкции РКК отсутствует цельная обечайка. Рабочей поверхностью являются катки из стеклонаполненного полиамида (РА6 GF30). Материал выбран с учётом его стойкости к истиранию, низкого коэффициента трения и устойчивости к воздействию влаги и агрессивных частиц. По результатам стендовых испытаний, износ рабочей поверхности полиамидных катков за 300 часов работы при абразивной нагрузке оказался в 2,3 раза ниже, чем у стандартной стальной обечайки при тех же условиях.

3. Ремонтпригодность. Одним из ключевых преимуществ конструкции является возможность замены отдельных катков. В ходе практических испытаний был произведён демонтаж и замена одного из катков опытного образца без использования специального инструмента. Суммарное время замены составило менее 10 минут. Для сравнения, замена цельного ролика в аналогичных условиях требует от 20 до 40 минут и остановки всей линии. Таким образом, применение ремонтпригодной конструкции позволяет существенно сократить время технического обслуживания и минимизировать простой оборудования.

4. Масса изделия. Применение полый трубной секции в составе вала и отказ от металлической обечайки позволили снизить массу ролика. В зависимости от длины и числа катков, масса опытного образца оказалась на 18–27 % ниже, чем у стального ролика аналогичной несущей способности. Это снижает нагрузку на опоры и способствует снижению энергозатрат.

5. Влияние конструкции на надёжность и срок службы. Суммарное увеличение ресурса за счёт равномерного распределения нагрузки, применения износостойкого материала и возможности быстрой замены изношенных элементов оценивается как 1,7–2,3 раза по сравнению с традиционным роликом. При этом конструкция остаётся технологичной, не требует сложных операций при сборке или ремонте и может быть адаптирована к существующим транспортным системам.

6. Экономическая эффективность. Проведённый анализ показал, что внедрение роликов РКК способствует существенному снижению совокупных эксплуатационных затрат по сравнению с традиционными изделиями. Основными факторами экономии являются:

- Снижение затрат на замену, так как при повреждении или износе требуется замена только отдельного катка, а не всего ролика. Стоимость одного катка составляет менее 20 % от стоимости цельного ролика.
- Сокращение простоев оборудования за счёт возможности быстрой замены. Это снижает время простоя производственной линии, что особенно важно на объектах с круглосуточной загрузкой.
- Уменьшение потребности в складских запасах. Наличие ремонтных комплектов с отдельными катками позволяет сократить объём хранения и упростить логистику.
- Продление срока службы РКК. За счёт распределения нагрузки между несколькими подшипниками и применения износостойких материалов ролик РКК служит дольше, чем стандартные изделия. Это снижает частоту замен, уменьшает объём ремонтных работ и снижает трудозатраты. Более длительный срок службы также позволяет сократить затраты на изготовление запасных роликов и упростить обслуживание.

По оценке на основе пилотной эксплуатации, годовая экономия на обслуживании и замене при переходе на ролики РКК может составлять от 25 до 40 % от совокупных затрат, характерных для стандартных роликов.

Проведённое исследование подтвердило целесообразность и эффективность применения ремонтнопригодной конструкции ролика в транспортных системах промышленного назначения. В отличие от традиционных решений с цельной металлической обечайкой и двумя опорными подшипниками, ролик РКК обладает рядом технических и эксплуатационных преимуществ.

РКК обеспечивает равномерное распределение нагрузки между четырьмя–пятью подшипниковыми узлами, что снижает контактные напряжения и увеличивает срок службы подшипников. Использование катков из стеклонеполненного полиамида позволяет отказаться от металлической обечайки, снизить массу изделия и повысить его устойчивость к износу и агрессивным средам. Возможность быстрой замены отдельных катков обеспечивает высокую ремонтнопригодность и существенно сокращает время технического обслуживания.

Результаты сравнительных испытаний показали, что ролик РКК превосходит стандартные изделия по показателям износостойкости, ремонтнопригодности,

массогабаритных характеристик и ресурса. Расчётные данные и пилотная эксплуатация подтвердили, что применение роликов РКК позволяет снизить совокупные эксплуатационные затраты на 25–40 % за счёт уменьшения простоев оборудования, сокращения объёмов ремонта и снижения потребности в складских запасах.

Список использованных источников

1. Тарасов Ю. Д. Совершенствование оборудования // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) — 2005.
2. Ушаков Е. Н., Ещеркин А. В., Кострыкин А. П., Шайдулин К. В., Мерзляков П. Е. Ролики ленточных конвейеров. Технические требования и методы испытаний // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности — 2011.
3. Malakhov V. A., Tropakov A. V., Dyachenko V. P. Rolling resistance coefficient of belt conveyor // Eurasian Mining — 2022.
4. Kuanyshbayev A., Rozhkov A., Gorshkova N., Nogayev K. Experimental studying the belt conveyor roller wear dependence on the intensity of technological dust accumulation in open-pit mining // Communications — Scientific Letters of the University of Zilina — 2023.
5. PA6 GF30 reinforced polyamide datasheet // Italautocar s.r.l. — URL: https://www.italautocar.com/images/informazioni_tecniche/pdf/en/materials/plastic_materials/PA6GF30_en.pdf (дата обращения: 13.07.2025).