

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПРИБОРОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ КАНАТОВ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМОВ И КОНВЕЙЕРНЫХ РЕЗИНОТРОСОВЫХ ЛЕНТ НА ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

**Анисимов А.В., Хоменко С. В.**

Общество с ограниченной ответственностью «ИНТРОН ПЛЮС». Россия, 111524,  
Москва, ул. Электродная, д. 11, стр. 1. [www.intron.ru](http://www.intron.ru).

В данной статье рассматриваются приборы неразрушающего контроля (НК), используемые для диагностики канатов шахтных подъемов и конвейерных резинотросовых лент на горнодобывающих предприятиях. Статья основана на более чем тридцатилетнем опыте разработки и производства оборудования для НК.

Авторы особое внимание уделили мониторингу технического состояния канатов. Показаны различные подходы к мониторингу стальных канатов и приведены конкретные результаты внедрения мониторинга стальных канатов на горнодобывающих предприятиях.

**Ключевые слова:** Канат. Конвейер. Конвейерная лента. Шахтная подъемная установка. Мониторинг. Критерий браковки. Потеря сечения каната. Локальный дефект каната. Дефектоскоп стальных канатов.

ООО «ИНТРОН ПЛЮС» основано в 1988 году сотрудниками Московского энергетического института и стало одним из первых негосударственных предприятий в СССР в области неразрушающего контроля. ООО «ИНТРОН ПЛЮС» является членом Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД), Американского общества по неразрушающему контролю (ASNT), международных организаций по надежности стальных канатов OIPЕЕС и МАИСК. В компании действует система управления качеством, сертифицированная по ISO 9001-2015.

Продукцию компании используют покупатели из более чем 40 стран, в том числе России, Казахстана, Украины, Литвы, Туркменистана, Азербайджана, Беларуси, США, Германии, Англии, Италии, Канады, Франции, Китая, Японии, Бразилии, Голландии, Индии, Сингапура, Малайзии, Индонезии, Румынии и других.

Основными направлениями деятельности компании «ИНТРОН ПЛЮС» являются производство и поставка дефектоскопов резинотросовых конвейерных лент (РТЛ) ИНТРОКОН (рис. 1), стальных канатов ИНТРОС (рис. 2), автоматизированного дефектоскопа для мониторинга стальных канатов ИНТРОС-АВТО (рис. 3), дефектоскопа стальных листов ИНТРОКОР М-150 (рис. 4), измерителя толщины металлизации в отверстиях печатных плат ИНТРОМЕТ (рис. 5). Компания также оказывает услуги по дефектоскопии: стальных канатов, резинотросовых лент, стальных листов, предварительно напряженной арматуры балок мостов. По индивидуальным заказам разрабатывается оборудование для НК и технической диагностики (ТД).



*Рис. - 1*



*Рис. - 2*



*Рис. - 3*



*Рис. - 4*



*Рис. - 5*

Для определения дефектов - обрывов металлотросов РТЛ в дефектоскопе ИНТРОКОН применяют бесконтактный вихретоковый вид НК. Дефектоскоп состоит из электронного блока и Сканера. Благодаря секционной конструкции Сканера дефектоскопа, информацию независимо анализируют по каждому датчику. Например, Сканер для контроля РТЛ шириной 1200 мм состоит из шести независимых датчиков.

ИНТРОКОН позволяет с достаточной чувствительностью обнаружить обрыв одного металлотроса, определить местоположение дефекта по длине и ширине РТЛ, качественно и количественно оценить степень коррозионного поражения металлотросов. Отсутствие непосредственного контакта с объектом контроля позволяет обследовать РТЛ с неудалёнными «хлыстами» - торчащими концами оборванных металлотросов значительной длины на рабочей скорости движения РТЛ до 7 м/с. При механическом ударе такого «хлыста» Сканер, благодаря специальной подвеске, отклоняется по направлению движения РТЛ, а затем возвращается в исходное положение после прохождения «хлыста».

Сканер ИНТРОКОН на время контроля крепят к специальной раме, установленной на высоте от 310 до 380 мм над рабочей или нерабочей обкладкой РТЛ (рис. 6).

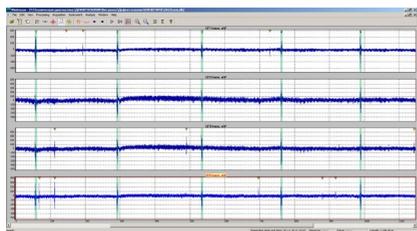


*Рис. – 6*

Важным достоинством дефектоскопа ИНТРОКОН является возможность в процессе контроля записи результатов в энергонезависимую память и просмотра их в онлайн режиме на персональном компьютере, так как в процессе контроля из-за большой скорости движения РТЛ оценить характер дефектов по оперативной индикации Электронного блока ИНТРОКОН не представляется возможным. Записанную в ходе контроля информацию анализируют на компьютере с помощью специального ПО Wintrocon (рис. 7, рис. 8), входящего в комплект поставки дефектоскопа ИНТРОКОН. ПО Wintrocon позволяет не только оперативно определить количество обрывов металлостросов, качество стыковых соединений (в том числе, и в автоматическом режиме), выводить Отчёт о техническом состоянии РТЛ, но и путём сравнения с результатами предыдущих инспекций определить динамику деградации металлостросов и давать рекомендации по своевременному ремонту РТЛ. При периодическом контроле одной и той же РТЛ эта возможность становится особенно важна. Сравнивая результаты инспекций, оператор может оперативно оценить прирост дефектов (скорость деградации) РТЛ за период между инспекциями.

Преимущество ИНТРОКОН перед альтернативными магнитными дефектоскопами РТЛ – малый вес, не производит намагничивание металлостросов, более универсален и удобен в установке на разных объектах контроля.

ИНТРОКОН применяют на шахтах, открытых разработках угля и других полезных ископаемых, на предприятиях по обогащению полезных ископаемых, черной и цветной металлургии, электростанциях, в морских и речных портах и на других объектах, где применяются конвейеры с РТЛ.



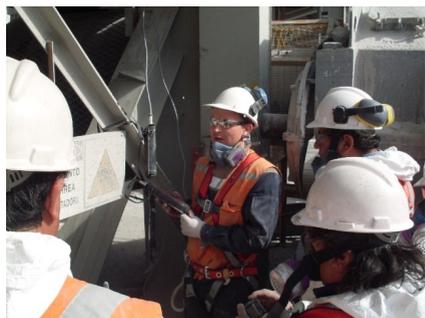
*Рис. 7 - Автоматическое определение  
определение дефектов металлотросов*



*Рис. 8 - Автоматическое  
стыков РТЛ*

Покупатели во многих странах мира оценили преимущества дефектоскопа ИНТРОКОН. Данный дефектоскоп применяют в России, Казахстане, Мексике, Перу, Чили, Китае, Италии, Эстонии, Бразилии, Индии.

ООО «ИНТРОН ПЛЮС» не только производит дефектоскоп ИНТРОКОН, а также проводит инспекции РТЛ на объектах и осуществляет подготовку специалистов по работе с дефектоскопом ИНТРОКОН (рис. 9, рис. 10).



*Рис. 9 - Подготовка специалистов в  
Чили*



*Рис. 10 - Подготовка  
специалистов в Китае*

Важная особенность применение ИНТРОКОН позволяет обеспечить безопасность эксплуатации конвейеров с РТЛ и экономию средств предприятия за счет получения достоверной информации о фактическом техническом состоянии РТЛ исключив преждевременную её замену.

Надежность дефектоскопа ИНТРОКОН подтверждается успешной многолетней эксплуатацией на горнодобывающих предприятиях России и всего мира, и отражена в многочисленных положительных отзывах потребителей

Дефектоскоп ИНТРОКОН соответствует требованиям ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах» и сертифицирован как средство измерения в России и Казахстане.

Дефектоскоп стальных канатов ИНТРОС, сертифицированный государственными органами стандартизации и метрологии в России, Украине, Казахстане, Азербайджане, Беларуси, Литве, соответствует требованиям Технического регламента Таможенного союза «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах» (ТР ТС 012/2011) и «Электромагнитная совместимость технических средств» (ТР ТС 020/2011), имеет сертификат российского морского Регистра судоходства. ИНТРОС также сертифицирован аккредитованной лабораторией EMV Services (Германия) на соответствие международным требованиям электромагнитной совместимости. Дефектоскоп используется крупнейшими мировыми компаниями, такими как АК «АЛРОСА», ПАО «Уралкалий», ОАО «Беларуськалий», АО «СУЭК», ПАО «ГМК «Норильский Никель», АО ТНК «Казхром», АО «ССГПО», АО «Арселор Миттал Темиртау», Корпорация «Каззахмыс», ТОО «Казцинк», Mercedes, Toyota, Petrobras, Bridon-Bekaert, De Beers.

Первоначально дефектоскоп стальных канатов ИНТРОС был разработан по заданию горнодобывающих предприятий с учетом требований правил безопасности для получения объективной информации о состоянии каната. В дефектоскопе реализован магнитный метод НК. ИНТРОС одновременно измеряет относительную потерю сечения (ПС) и обнаруживает локальные дефекты (ЛД) в виде обрывов проволок. Результаты измерения можно наблюдать в процессе контроля в виде дефектограмм, а также записать в память дефектоскопа для последующего анализа на компьютере. ИНТРОС состоит из электронного блока (ЭБ) и подключаемых к нему магнитных головок (МГ) различной конструкции и типоразмеров (Рис. 11). ЭБ питается от аккумуляторов, имеет встроенную память и компьютерный интерфейс. В настоящее время ИНТРОС обеспечивает контроль канатов диаметром от 6 до 300 мм.



ЭБ МГ 6-24F МГ 20-40 МГ 40-64, МГ 24-64 МГ 60-85 МГ 80-120 МГ 120-300

*Рис. – 11*

Программное обеспечение Wintros, поставляемое вместе с дефектоскопом, позволяет повысить информативность результатов дефектоскопии и представить их в наглядной форме в виде дефектограмм потери сечения и локальных дефектов. Wintros предоставляет оператору широкие возможности для анализа дефектограмм, автоматического поиска дефектов и генерирует отчет о контроле.

Указанное выше оборудование с успехом используется и в наши дни. Для удовлетворения растущих запросов потребителей и в связи с развитием элементной базы была разработана новая линейка дефектоскопов ИНТРОС. На рис. 12 представлен электронный блок нового поколения (ЭБ-М) и магнитные головки.



*Рис. - 12*

В основе нового поколения приборов лежит современная элементная база ведущих мировых производителей электронных компонентов. Приборы разработаны с учетом накопившегося за более чем 30 лет опыта работы компании в области дефектоскопии канатов. Изменения коснулись практически всех компонентов дефектоскопа. Эффективные системы намагничивания, разработанные с применением методов численного моделирования, позволяют максимально раскрыть потенциал магнитного метода неразрушающего контроля. Измерительные системы переработаны с целью увеличения чувствительности к мелким дефектам. В качестве чувствительных элементов применяются как преобразователи Холла, так и индуктивные датчики, выполненные в виде специальных обмоток. В некоторых моделях реализован двойной принцип измерения потери сечения каната - чувствительные элементы расположены как в зоне магнитных потоков рассеяния от дефектов, так и в основном поле намагничивания. Такой подход позволяет дополнительно повысить достоверность результатов контроля.

ЭБ-М обладает цветным дисплеем, на котором отображаются показания измерительных каналов в виде бегущих дефектограмм в реальном времени в процессе контроля. Устройство обладает достаточным объемом памяти для записи и хранения до нескольких десятков километров проконтролированных канатов. Максимальная скорость контроля увеличена вдвое по сравнению с предыдущим поколением приборов. Как и прежде данные могут быть переданы на персональный компьютер для более детальной обработки в программе Wintros, которая также постоянно развивается.

Критерии определения текущего технического состояния (ТС) стальных канатов основаны на количественной оценке основных дефектов таких, как внутренние и наружные обрывы проволок, локализованные группы оборванных проволок, разрушение прядей, потеря металлического сечения каната, внутренний и наружный износ, внутренняя и наружная коррозия, деформация. Наружный и внутренний износ и коррозия могут быть количественно достаточно точно определены магнитным дефектоскопом по каналу ПС. Наружные и внутренние обрывы проволок каната могут быть обнаружены магнитным дефектоскопом по каналу ЛД в зависимости от их размера, а также помех, вызванных износом и коррозией каната. Локализованные группы (скопления) оборванных проволок также могут быть обнаружены магнитным методом, однако количественная оценка их может быть затруднена. В таких случаях объективность заключения о ТС стального каната, в значительной степени, зависит от опыта и квалификации специалиста, а также тщательности визуального контроля. В зависимости от условий эксплуатации канаты могут довольно быстро деградировать, поэтому для решения данной и других задач определения, текущего ТС каната применяют системы мониторинга.

Поскольку ТС каната может изменяться со временем в процессе эксплуатации, то для определения, текущего ТС требуется обновление данных с некоторой частотой, при этом достоверность определения возрастает с увеличением частоты. В случае традиционного НК это приводит к возрастанию экономических затрат (из-за потерь от прерывания технологического процесса, затрат на контроль и др.) порой до недопустимого уровня. Кроме того, увеличение объёма данных НК приводит к росту трудозатрат на их обработку и расшифровку. Частота обновления данных о ТС должна возрастать с увеличением наработки каната, т. е. с приближением к его предельному состоянию скорость деградации резко увеличивается. Решить возникающие проблемы можно применением средств автоматизированного мониторинга ТС канатов. В этом случае получение данных о ТС каната, их обработка и представление результатов диагностирования выполняются с минимальным участием персонала.

В технической диагностике под мониторингом понимают непрерывный процесс сбора и анализа информации о значении диагностических параметров состояния объекта. Непрерывность этого процесса предполагает, что значения параметров, получаемых на неразрывно примыкающих друг к другу интервалах времени, существенно не изменяются. Эти интервалы могут быть весьма различны и определяются для каждого объекта индивидуально.

Мониторинг ТС канатов — это новое направление в дефектоскопии стальных канатов. Мониторинг ТС канатов позволяет повысить безопасность канатных систем, что особенно важно для опасных производственных объектов (ОПО). К таким системам мониторинга предъявляются следующие требования:

Во-первых, система мониторинга должна быть износоустойчива и иметь возможность работать в тяжелых условиях (высокие и низкие температуры, высокая влажность, пыль, вибрация, взрывоопасная среда) и, в то же время, требовать минимального обслуживания.

Во-вторых, система мониторинга должна быть автоматизирована и предоставлять возможность легко интерпретировать персоналом полученные результаты диагностирования.

В-третьих, система мониторинга должна учитывать различные параметры каната, чтобы обеспечить объективную и достоверную оценку его ТС.

Во многих случаях желательно, чтобы информация из системы мониторинга могла быть передана беспроводным способом на компьютер специалиста и храниться для возможного детального анализа.

Существует два подхода к решению задач мониторинга канатов:

- магнитная головка (МГ) может быть закреплена стационарно на канате;
- МГ может подвигаться к канату периодически, только на время его диагностирования.

Также применяются два вида мониторинга ТС канатов: непрерывный или периодический.

Среди задач, стоящих перед горнодобывающей промышленностью РФ, важное место занимает проблема дальнейшего совершенствования диагностирования канатных систем ШПУ. В последнее время достигнут значительный прогресс в оснащении горнодобывающих предприятий РФ оборудованием для НК и ТД (технической диагностики) стальных канатов.

В 2013 г. специалистами компании ООО «ИНТРОН ПЛЮС» был разработан автоматизированный дефектоскоп ИНТРОС-АВТО, основанный на методе регистрации магнитных полей рассеяния вблизи дефектов стальных канатов, в котором был реализован магнитный вид НК по ГОСТ Р 56542-15. Преимущество такого дефектоскопа в том, что программно-аппаратный комплекс в автоматизированном режиме, осуществляет интерпретацию диагностических данных, на основе которых делает оценку критичности выявленных дефектов (повреждений), определяет динамику роста количества дефектов (обрывов проволок), категорию технического состояния каната и

позволяет оператору принять решение о дальнейшей эксплуатации каната на основе световой и звуковой сигнализации.

ИНТРОС-АВТО предназначен для мониторинга технического состояния стальных канатов диаметром от 6 до 150 мм, применяемых на буровых установках, грузоподъемных механизмах, шахтных подъемных установках и канатных системах различных объектов.

На рис. 13 представлен основной комплект автоматизированного дефектоскопа ИНТРОСАВТО, состоящий, в данном случае, из МГ на диапазон контролируемых канатов диаметром от 35 мм до 42 мм, блока управления и индикации (БУИ), аналогового модуля (АМ) и соединительных кабелей.



*Рис. – 13*

Процедура диагностирования каната ИНТРОС-АВТО автоматизирована и в конце контроля БУИ выдает оператору информацию о координатах и степени опасности обнаруженных дефектов. На передней панели БУИ расположены три цветowych индикатора. Загорание зеленого индикатора информирует об исправном, работоспособном состоянии каната. Загорание желтого индикатора предупреждает об обнаружении дефектов, сигналы от которых не достигли уровня браковки каната, а техническое состояние соответствует исправному, ограниченно-работоспособному состоянию каната. Загорание красного индикатора сигнализирует об обнаружении дефектов, сигналы от которых достигли или превысили уровень браковки каната, а техническое состояние соответствует неисправному, неработоспособному состоянию каната.

При обработке полученных данных наиболее сложной операцией является идентификация обнаруженных дефектов каната, поэтому для повышения её достоверности в системе мониторинга применены два разных датчика, имеющих различную чувствительность к дефектам на поверхности и во внутренних слоях каната.

Данные двух измерительных каналов синхронизируются с помощью специального алгоритма, который предотвращает двойной учет одного и того же дефекта и повышает вероятность обнаружения отдельно расположенных дефектов.

БУИ может подключаться к внешнему персональному компьютеру (монитору) или серверу при помощи кабеля интерфейса RS 485 или беспроводному интерфейсу Wi-Fi для передачи данных как в реальном времени, так и для выгрузки результатов диагностирования после проведения инспекций.

Начиная с 2014 г., мониторинг технического состояния талевых канатов буровых установок с применением ИНТРОС-АВТО был апробирован и одобрен к применению персоналом буровых компаний ООО «Газпром Бурение» (филиал «Уренгой Бурение»), ООО «Байкитская нефтегазоразведочная экспедиция», ООО «НСХ Азия Дриллинг», ООО «Таргин бурение», ООО «Интегра-Бурение» и другими компаниями, которые были наиболее заинтересованы во внедрении инновационных разработок, обеспечивающих повышение производительности и безопасности труда при полном выполнении требований федеральных норм и правил в области промышленной безопасности. Но применение ИНТРОС-АВТО на ШПУ имеет ряд существенных особенностей.

Основная особенность применения автоматизированных дефектоскопов на ШПУ состоит в том, что эти установки часто бывают многоканатными. Поэтому с целью сокращения времени контроля всех канатов применяют установку магнитных головок на каждый канат (рис. 14), а соединённые с ними кабеля БУИ размещают в кабине оператора подъёма.

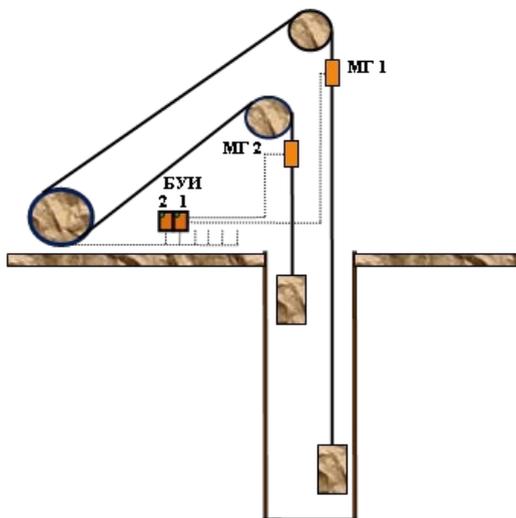


Рис. – 14

Для скипового подъема шахты «10-летия независимости Казахстана» Донского горнообогатительного комбината-филиала ТНК «Казхром» специалистами компании «ИНТРОН ПЛЮС» была разработана модификация дефектоскопа ИНТРОС-АВТО с устройством навески магнитной головки на канат. Установка МГ возможна на одной из подшкивных площадок ШПУ, что достаточно далеко от шкива, и потому канат в этих местах имеет существенное биение в горизонтальной плоскости.

Устройство навески МГ представлено на рис. 15. Оператор подводит устройство навески к канату с открытой МГ и закрывает её на канате. Затем проводится диагностирование каната. После проведения контроля каната устройство навески и МГ возвращаются в положение их хранения на подшкивной площадке. Такой подход к процессу мониторинга позволяет избежать рисков разрушения

МГ при нештатных ситуациях (аварийное торможение, неконтролируемое биение и т.д.). Такие конструктивные решения навески и крепления МГ позволят данной конструкции обрабатывать допустимые отклонения каната в горизонтальной плоскости.



*Рис. - 15*



*Рис. - 16*

Другой подход применили при мониторинге ТС каната главного подъема заливочного крана конвертерного цеха в ПАО «Северсталь» (рис. 16). В этом случае МГ стационарно установили на канат на подшкивной площадке в непосредственной близости к шкиву. Таким образом удалось исключить значительные биения каната внутри МГ в горизонтальной плоскости в процессе мониторинга.

Необходимо отметить, что два описанных выше подхода к решению задач мониторинга ТС канатов имеют право на жизнь, т.к. принятая реализация, во многом, зависит от конкретного объекта и поставленных задач.

В настоящее время автоматизированный дефектоскоп ИНТРОС-АВТО с успехом используется крупнейшими буровыми компаниями. Также бурными темпами развивается направление использования ИНТРОС-АВТО на шахтных подъемах. Данное оборудование уже успешно используется на Яковлевском и Донском ГОКах. Получены заказы на разработку и поставку системы мониторинга для «Еврохим-Волгакалий», «Еврохим-УКК», «Уралкалий».

Согласно 523 пункту ФНП в области промышленной безопасности "Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых" от 8 декабря 2020 г. можно отменить ежесуточный осмотр канатов: «Периодичность проверки канатов подъемных установок, оборудованных системами непрерывного контроля параметров подъемной установки и приборами инструментального неразрушающего контроля на обнаружение оборванных проволок и потерю сечения металла, должны проводиться не реже 1 раза в неделю. Результаты непрерывного контроля должны анализироваться ежесуточно».

Накопленный опыт эксплуатации ИНТРОС-АВТО даёт возможность сделать вывод, что системы мониторинга ТС стальных канатов, применяемые как в добывающей промышленности, так и в других отраслях, соответствуют перспективному направлению развития систем НК и ТД, позволяют сократить трудоёмкость и время проведения инспекций канатов, повысить производительность труда, уменьшить влияние человеческого фактора на результаты диагностирования и, как следствие, повысить безопасность и безаварийность эксплуатации данных объектов, обеспечив при этом более высокую экономическую эффективность работы предприятий добывающей промышленности.

Дефектоскопы ИНТРОС и ИНТРОС-АВТО соответствуют требованиям ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах», ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств». ИНТРОС также сертифицирован аккредитованной лабораторией EMV Services (Германия) на соответствие международным требованиям электромагнитной совместимости.

#### **Список литературы**

1. ISO 4309:2017.8. Cranes-Wire Ropes-Care, Maintenance, Installation, Examination and Discard. — Berlin: Beuth Verlag, 2017.
2. РД 03-348-00. Методические указания по магнитной дефектоскопии стальных канатов. Основные положения. Сер. 10. Вып.7. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2017, с. 14–35.
3. EN 12927-8-2005. Safety requirements for cableway installations designed to carry persons – Ropes. Part 8: Magnetic rope testing (MRT).

4. Слесарев Д. А., Потехин О. П., Шпаков И. И. и др. Мониторинг технического состояния талевых канатов буровых установок эксплуатационного и разведочного бурения нефтяных и газовых скважин: технология, эффективность, перспективы. — Безопасность труда в промышленности. 2018. № 6. С.12–22.

5. Потехин О. П., Шпаков И. И. Мониторинг технического состояния талевых канатов с применением магнитных дефектоскопов как средство безопасности эксплуатации буровых установок. — Бурение и нефть. 2016. № 1. С. 52–58.

6. Анисимов А. В., Шпаков И. И. Мониторинг технического состояния канатов шахтных подъемных установок. — Горный журнал Казахстана. 2015. № 9. С. 40–43.

7. Anisimov A., Shpakov I., Slesarev D. Prospects for Condition Monitoring for Ropes of Mine Hoists. — In: Proc. of the 25th World Mining Congress. — Astana, Kazakhstan, 2018.

8. Сухоруков В. В. Журнал "В мире НК", № 3, Т. 22, 2019, стр. 4-8

9. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых". ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ. ПРИКАЗ от 8 декабря 2020 года N 505.

10.РД-15-16-2008. Методические рекомендации о порядке проведения экспертизы промышленной безопасности резиноленточных конвейерных лент, применяемых на опасных производственных объектах. Сер. 26. Вып.11. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2009, с. 11–39.