

# Роль дефектоскопии экскаваторных канатов и вантов для определения их остаточного ресурса и времени замены

С.В. Хоменко, вице-президент «Интрон Плюс»

Известно, что чертежи первой землеройной машины – прототипа современных экскаваторов, выполняющих выемочно-погрузочные операции при разработке месторождений полезных ископаемых, а также массовые земляные работы при строительстве были исполнены еще Леонардо да Винчи.

Также известно, что первое промышленное производство экскаваторов началось в Америке, когда интенсивное строительство железных дорог в 1830-х годах натолкнулось на острую нехватку рабочих рук, что стало побудительным мотивом к изобретению и выпуску первого одноковшового экскаватора американцем Э.Г. Отисом. И только позднее появились многоковшовые экскаваторы (роторные и многочерпаковые), имеющие значительно большие габариты и массу, чем одноковшовые.

В России, как и во всем мире, одноковшовые экскаваторы (мехлопаты и драглайны) и роторные экскаваторы нашли наибольшее применение в горнодобывающей промышленности. В конструкциях современных экскаваторов воплощен 130-летний опыт их проектирования, производства и эксплуатации.

Общезвестно, что работа экскаваторов как и других машин, находящихся в эксплуатации в тяжелых условиях, не обходится без аварий. И даже неукоснительное следование нормативам технического обслуживания и текущих ремонтов машин не обеспечивает на 100% гарантию исключения из практики случаев аварийной остановки.

Анализ показывает, что, как правило, каждая авария является следствием воздействия большого числа факторов, при этом наиболее тяжелые аварии происходят при неблагоприятном совместном их воздействии. Особенностью аварий является наличие двух этапов. Первый этап – собственно авария – характеризуется очевидными признаками предельного состояния (разрушившиеся металлоконструкции, порванные канаты). Второй – последствия аварии – выражается в последующих разрушениях других элементов конструкции. Эти разрушения могут произойти даже после достаточно длительного периода времени. Однако важно то, что одним из главных факторов здесь становится перегрузка элементов конструкции в результате действия первого этапа. При анализе и экспертизе аварий в этой ситуации возникают два вопроса. Во-первых, произошла бы авария, если бы не было первичной аварии, например, в форме обрыва каната и падения стрелы и связанных с ней перегрузок остальных элементов конструкции. Во-вторых, насколько позже, если бы все же произошла. Оба этих вопроса сводятся к серьезной научной проблеме индивидуального прогнозирования и оценки показателей рабочего ресурса машины. В настоящее время на основании логического анализа и рассмотрения ряда реальных аварий для некоторых типов сварных конструкций сформирован набор сценариев аварийных ситуаций, на основании чего определен перечень внешних воздействий, приводящих к существенным перегрузкам машин и, как следствие, скачкообразному уменьшению их ресурса (например, для прямых карьерных мехлопат – копание по невзорванной горной массе, удар мехлом о транспортное средство при разгрузке и др.) [1].

А как можно попытаться определить остаточный ресурс каната, существуют ли методы и приборы?

Мы разработали и реализуем на практике методику и приборы для решения таких задач.

На карьерных экскаваторах-мехлопатах подъемные и стреловые канаты и ванты являются элементами конструкции машин от технического состояния которых непосредственно зависит их техническая готовность к работе и безопасность эксплуатации.

Канаты подвержены износу под воздействием факторов окружающей среды (переменные влажность и температура, запыленность) и таких условий эксплуатации, как трение и разного рода переменные механические нагрузки. В результате происходит накопление усталости металла проволок, возникают абразивный износ и коррозионные поражения, уменьшающие рабочую (по металлу) площадь поперечного сечения каната. Это приводит к снижению запаса прочности каната и к ускоренному его разрушению при нагрузке.

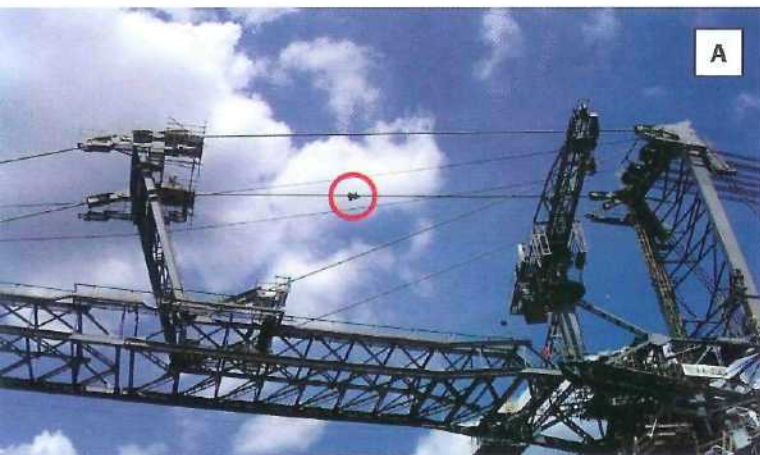
Нормативными документами Ростехнадзора устанавливаются критерии и предельные нормы браковки, при достижении которых канат подлежит замене. К ним относятся: деформация каната; обрыв пряди или сердечника; изменение диаметра каната; абразивный или коррозионный износ проволок; уменьшение площади поперечного сечения каната по металлу (потеря сечения); обрывы отдельных проволок.

Кроме того, обрывы канатов могут возникать вследствие нарушения технологии свивки каната. Обычно оборванные концы проволок при свивке канатных прядей соединяются сваркой. Как правило, сварной стык оказывается внутри каната, не выявляется визуально, но снижает прочность каната. В то же время сертификат изготовителя на поставляемый канат обычно не содержит данных о наличии и количестве сварных стыков проволок.

Например, при дефектоскопии совсем недавно навешенном каната российского производства на драглайне в одном из разрезов Экибастуза (Казахстан) было обнаружено значительное количество обрывов проволок. Очевидно, что большинство этих дефектов возникли в процессе производства каната.

Не имея объективных данных о техническом состоянии каната, владелец либо рискует безопасностью эксплуатации, если используемый канат слишком изношен, либо, преждевременно бракуя канат, несет неоправданно завышенные расходы. Учитывая то, что цена одной тонны канатов может составлять до сотни тысяч рублей, преждевременная их замена вле-





**Фото 1** Дефектоскопия вантовых канатов роторного экскаватора:

А – общий вид системы вантовых канатов роторного экскаватора; Б – контроль вантовых канатов дефектоскопом ИНТРОС

чет дополнительные и значительные затраты. В связи с этими обстоятельствами регулярный контроль канатов, кроме обеспечения должной безопасности эксплуатации экскаваторов, может дать существенный экономический эффект.

Оценить техническое состояние и, в результате, остаточный ресурс каната можно по ряду параметров, к которым относятся относительная потеря сечения (ПС) каната по металлу и количество локальных дефектов (ЛД). Под потерей сечения принято понимать уменьшение площади поперечного металлического сечения каната относительно номинального значения, вызванное истиранием, коррозией и другими причинами, и распределенное на значительной длине каната (не менее чем несколько диаметров каната). ПС выражается в процентах. Дефект каната, сосредоточенный на коротком участке, например, обрыв проволок или локальная коррозия, называется локальным.

Для обследования канатов используются визуальные и инструментальные методы. Визуальным – выявляются дефекты, расположенные только на поверхности каната. Так как канаты обычно смазаны и могут быть покрыты грязью, то визуальный контроль всей поверхности, особенно в движении, весьма затруднен, а его результаты – субъективны. Кроме того, такой метод трудоемок и не позволяет измерить ПС. Объективные данные о техническом состоянии каната можно получить с помощью инструментального метода контроля, при котором используются специальные дефектоскопы ИНТРОС [2–6].

Результаты контроля каната представляются эксперту в виде дефектограмм, полученным по каналам ПС и ЛД. Дефектограмма – это запись сигналов дефектоскопа в зависимости от текущей координаты каната относительно начальной точки.

Разнообразие типов выпускаемых магнитных головок (МГ), другими словами – датчиков, позволяет с помощью дефектоскопа ИНТРОС контролировать канаты практически любых конструкций и размеров. Важно и то, что с его помощью можно контролировать не только движущиеся (тяговые и подъемные) канаты, но и неподвижные (несущие).

В этом плане важен контроль стреловых и вантовых канатов экскаваторов. В данном случае к корпусу МГ крепятся стропы, и система приводится в движение с помощью, например, лебедки. Включенный электронный блок (ЭБ) дефектоскопа крепится к МГ и, двигаясь вместе с ней по канату, накапливает результаты контроля.

Дефектоскоп работает в широком диапазоне температуры окружающей среды и при различных скоростях перемещения по канату. За последние годы дефектоскопами ИНТРОС

были исследованы канаты самых разнообразных инженерных объектов: кранов, лифтов, шахтных подъемных комплексов, канатных дорог, мостов, нефтедобывающих платформ, судоподъемников [7]. Появилась возможность по результатам дефектоскопии определять остаточный ресурс каната и прогнозировать время его своевременной замены. Такую возможность оценили в компании DMT (Германия). В 2005 г. специалисты DMT провели дефектоскопом ИНТРОС контроль вантовых канатов диаметром 90–110 мм на роторном экскаваторе угольного карьера WeissWasser (Германия) (фото 1). Компания периодически обследует эти канаты, сравнивая текущие результаты с данными предшествующего дефектоскопического контроля и определяя таким образом динамику степени износа канатов и их остаточный ресурс.

Лаборатория неразрушающего контроля «Интрон Плюс» на основании соответствующих разрешительных документов тоже проводит обследования канатов как в России, так и за рубежом. В этом смысле интересен проведенный контроль стреловых (вантовых) канатов экскаваторов на разрезах Вахрушевский и Черниговский (Кузбасс). Опыт показал, что дефектоскопия каната возможна не только на открытых по всей длине участках, но и на участках, штатно находящихся на блоках (фото 2). В настоящее время из-за низкого качества вантовых канатов стреловой подвески экскаваторов их заменяют ежегодно из опасения аварийного обрыва (раньше меняли через 4–5 лет). Как было сказано выше, это приводит к неоправданным материальным потерям.



**Фото 2** Дефектоскопия стреловых канатов экскаватора ЭКГ-8И



Прогнозирование состояния каната, определение изменения запаса прочности и срока его службы не регламентированы действующими нормативными документами и обычно не выполняются, несмотря на очевидную важность данной задачи. В последнее время компания «Интрон Плюс» начала разработку методов расчета и оценки потери несущей способности канатов, основанных на данных дефектоскопии [8, 9]. Существует тесная корреляция между фиксируемой потерей площади сечения и прочностью (несущей способностью) поврежденного каната. В известной степени эту корреляционную связь можно найти, принимая измеренную величину потери сечения за входной параметр механической модели, предназначенной для прочностного расчета каната. Канаты содержат, как правило, один или два слоя прядей и металлический или органический сердечник. Каждая прядь состоит из нескольких групп проволок. Группы составляют проволоки, имеющие одинаковые геометрические параметры: диаметр, угол и радиус укладки. Чтобы оценить несущую способность каната, необходимо вычислять напряжения в проволоках каждой группы каждой поврежденной пряди. Разработана методика оценки остаточной несущей способности стальных канатов заданной структуры с применением статистического моделирования.

Основную работу по интерпретации результатов дефектоскопии сегодня выполняет эксперт, который и выдает заключение о состоянии каната и возможности его дальнейшего использования. Однако, учитывая значительный объем данных, подлежащих анализу и интерпретации, весьма актуальна проблема автоматизации операций по их расшифровке. Специалисты нашей компании прилагают серьезные усилия в этом направлении. Создаваемая в «Интрон Плюс» про-

грамма будет автоматически выявлять дефекты каната, определять их вид, местоположение и степень опасности. Полученные результаты обработки данных будут передаваться в качестве исходных для программы определения запаса прочности и остаточного ресурса каната с учетом его реального технического состояния и условий эксплуатации.

Применение дефектоскопов ИНТРОС для определения технического состояния канатов различных потенциально опасных объектов в России и за рубежом стало гарантом в обеспечении безопасной эксплуатации этих объектов и позволяет предотвратить аварии, связанные с обрывами канатов.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. С.В. Доронин. Ресурс крупногабаритных конструкций в условиях аварийных ситуаций // Тез. докл. V науч. конф. «Современные методы математического моделирования природных и техногенных катастроф». — Красноярск, 1999. — С. 117–119.
2. В.С. Котельников, В.В. Сухоруков. Дефектоскопия канатов грузоподъемных машин // Безопасность труда в промышленности. -1998. - №5. - с. 34–38.
3. В.С. Котельников, В.Г. Жуков, А.А. Худошин и др. Значение дефектоскопии канатов для повышения безопасности эксплуатации грузоподъемных кранов // Безопасность труда в промышленности. - 2002. - №9. - с. 15–19.
4. Сухоруков В.В., Белицкий С.В. Способ неразрушающего контроля площади поперечного сечения и обнаружения локальных дефектов протяженных ферромагнитных объектов и устройство для его осуществления // Патент РФ № 2204129 от 17.12.1999 г., Патент США № 6.492.808
5. Ильин А.М., Анпилов В.И., Богданов М.И., Голубчиков В.М., Вейде О.Ю. Дефектоскопия стальных канатов шахтных подъемов // Безопасность труда в промышленности. - 2000. - №2 - с. 37–40.
6. В.Г. Жуков, Е.А. Богданов и др. Определение износа вантовых канатов порталных и башенных кранов в местах их заделки в муфты // Безопасность труда в промышленности; 2002, №5; с. 33–36.
7. Контроль канатов // В мире неразрушающего контроля. - 2006. - №2. с. 5–31
8. А.Н. Воронцов, В.Ю. Волоховский, А.Я. Казан, В.В. Сухоруков. Вероятностный подход к оценке прочности стальных канатов на основе данных магнитной дефектоскопии. Стальные канаты // Сборник научных трудов. - Одесса, «Астропринт»; 2003. - с. 200–210.
9. В.Ю. Волоховский, К.Я. Казан, А.Н. Воронцов. Прогнозирование долговечности стальных канатов на основе диагностики их состояния в процессе эксплуатации. Стальные канаты // Сборник научных трудов. - Одесса, «Астропринт»; 2003. - с. 210–220.