



# Мониторинг состояния технических устройств опасных производственных объектов в добывающей промышленности автоматизированными средствами неразрушающего контроля

Описана система мониторинга технического состояния стальных канатов, а также применение этой системы на буровых установках в нефтегазовой области, на заливочных кранах в металлургии и шахтных подъемах. Особое внимание уделяется автоматизированным средствам магнитного неразрушающего контроля и их применению.

Submitted 28.06.19  
Accepted \*\*07.19

I. I. Shpakov<sup>1</sup>, D. A. Slesarev<sup>1</sup>, O. P. Potekhin<sup>1</sup>

## Condition Monitoring of Hazardous Production Facilities in Mining Industry by Automated Means of Nondestructive Inspection

Automatic condition monitoring plays the important part of safety ensuring at hazardous operations industrial facilities. Steel wire ropes are a part of many types of such industrial facilities. Magnetic rope testing has proved itself as an effective method of rope diagnostics. Intros-Auto is automatic system of magnetic rope monitoring. It provides assessment of rope condition according to three different criteria: maximal LMA value, density of local faults and increasing rate of this two with a time. Easy and clearly evident results indication enables standard operative personal to apply this system. The system was successfully applied at drilling rigs of different oil and gas companies, in steel-making industry, is planned to be applied in mining industry.

*Keywords: technical diagnostics, condition monitoring, hazardous production facilities, magnetic rope testing*

Большинство технических устройств и оборудование добывающей промышленности применяются на опасных производственных объектах (ОПО) и поэтому обеспечение их безопасной эксплуатации является первоочередной задачей. Одним из основных путей, позволяющих минимизировать риски техногенных аварий, является применение неразрушающего контроля (НК) на этих объектах. Поэтому НК технических устройств ОПО служит важнейшим способом получения информации об их техническом состоянии [1, 2].

Главной особенностью применения ручных инструментальных средств НК является существенная зависимость результатов диагностирования состояния технических устройств от квалификации принимающих решение специалистов НК, технических характеристик инструментальных средств НК и качества методических нормативных документов. В связи с этим в настоящее время получило развитие новое направление НК и технической диагностики (ТД) — мониторинг технического состояния объектов и устройств автоматизиро-

ванными средствами НК [3] (см. статью В. В. Сухорукова в настоящем номере).

Среди задач, стоящих перед нефтегазовой и горнодобывающей промышленностью, важное место занимает проблема дальнейшего совершенствования диагностирования канатных систем буровых установок и шахтных подъемных комплексов. В последнее время достигнут значительный прогресс в оснащении нефтегазовых и горнодобывающих предприятий оборудованием для НК и ТД стальных канатов.

В 2013 г. специалистами компании ООО «ИНТРОН ПЛЮС» для выполнения этой задачи 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 автоматическом режиме, без непосредственного участия человека осуществляет интерпретацию диагностических данных, на основе которых делает оценку критичности выявленных

Сотрудники ООО «ИНТРОН ПЛЮС»,  
Москва

**ШПАКОВ**  
Иван Ильич

Ведущий специалист



**СЛЕСАРЕВ**  
Дмитрий  
Александрович

Заместитель генерального  
директора по научной  
работе, д. т. н.



**ПОТЕХИН**  
Олег Павлович

Заместитель  
коммерческого  
директора



<sup>1</sup> INTRON PLUS Ltd., Moscow, Russia; [ishpakov@intron.ru](mailto:ishpakov@intron.ru); [dslesarev@intron.ru](mailto:dslesarev@intron.ru); [opotekhin@intron.ru](mailto:opotekhin@intron.ru)



Рис. 1. Комплект автоматизированного дефектоскопа ИНТРОС-АВТО

дефектов (повреждений), определяет динамику роста количества дефектов (обрывов проволок), категорию технического состояния каната и позволяет оператору принять решение о дальнейшей эксплуатации каната.

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.

Процедура диагностирования каната дефектоскопом автоматизирована и в конце контроля БУИ выдает оператору информацию в виде сигналов световой индикации («светофор») и текстовых сообщений о техническом состоянии каната. Настройка проводится при пусконаладке. Проверка средств измерений проводится один раз в год.

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 учёт 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 одо-



Рис. 2. Процесс контроля талевого каната

брен 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 российских разработок, обеспечивающих повышение производительности и безопасности труда при полном выполнении требований федеральных норм и правил в области промышленной безопасности (ФНП) [4, 5].

На рис. 2 показан контроль талевого каната диаметром 32 мм буровой установки эксплуатационного бурения нефтяной скважины ООО «НСХ Азия Дриллинг» с использованием МГ 28–35. В процессе диагностирования МГ навешивают на талевый канат в лебедочном отсеке (вблизи УТК лебёдки), а БУИ стационарно устанавливают у пульта буровика буровой установки. По окончании диагностирования данные о техническом состоянии талевого каната представляются в информации бегущей строки дисплея БУИ и показаниях световых индикаторов.

ИНТРОС-АВТО осуществляет браковку стального каната по двум основным критериям: по количеству оборванных проволок (локальных дефектов — ЛД) на заданной длине каната и по потере металлического сечения (ПС) *из-за корро-*

*зии и/или фрикционного износа*, а также по дополнительному критерию — динамике роста количества оборванных проволок на заданной длине каната по сравнению с предыдущей инспекцией.

На рис. 3 приведён пример дефектограммы по каналу ПС и ЛД талевого каната, техническое состояние которого дефектоскоп ИНТРОС-АВТО определил как неработоспособное [6]. В данном случае причина срабатывания красного светового индикатора БУИ — это превышение установленного порога, соответствующего критерию браковки по количеству ЛД на шаге свивки каната (полоса красного цвета — координата дефектного участка 233–245 м на дефектограмме каната, где загорелся красный индикатор БУИ в процессе диагностирования).

На рис. 4 приведена дефектограмма дефектного участка этого талевого каната. Здесь периодический характер износа талевого каната обусловлен спецификой его работы на шкивах талевого блока буровой установки. Последующее расплетение данного участка талевого каната подтвердило, что при проведении мониторинга ИНТРОС-АВТО правильно определил техническое состояние талевого каната, признав его состояние как неработоспособное — количество обрывов проволок на шаге свивки каната превысило критерии его браковки.

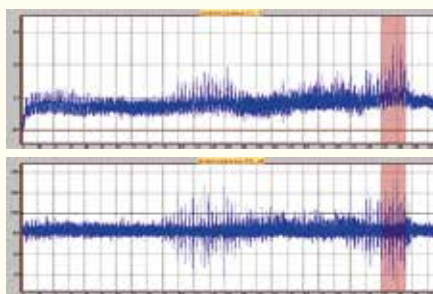


Рис. 3. Пример дефектограммы талевого каната

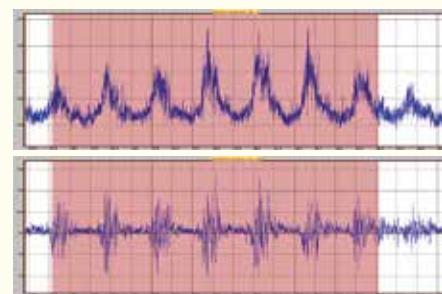


Рис. 4. Дефектограмма дефектного участка талевого каната

Как показывает практика, организация процесса мониторинга технического состояния талевых канатов буровых установок с применением автоматизированного дефектоскопа ИНТРОС-АВТО позволяет предотвратить возможные аварии, связанные с обрывом талевого каната, и поднять уровень безопасности при строительстве эксплуатационных и поисково-разведочных скважин. При этом систематическое применение дефектоскопов штатным персоналом буровых бригад позволяет отслеживать степень износа канатов и своевременно выполнять перетяжку изношенных участков по их фактическому техническому состоянию. Внедрение в производственный процесс современных технологий НК даёт возможность буровым компаниям оптимизировать затраты, связанные с эксплуатацией талевых канатов, а также снизить финансовые и репутационные риски. Для решения этих задач буровыми компаниями ООО «Газпром бурение», ООО «Байкитская нефтегазоразведочная экспедиция» и ООО «НСХ Азия Дрилинг» в настоящее время уже применяются более десяти автоматизированных дефектоскопов ИНТРОС-АВТО, при этом интерес к этим дефектоскопам растёт.

Мониторинг технического состояния стальных канатов очень важен на ОПО горнодобывающей промышленности. Требования промышленной безопасности эксплуатации таких объектов отражены в ФНП [7, 8].

Для контроля технического состояния стальных канатов шахтных подъёмных установок (ШПУ) применяется подход, основанный на периодических инструментальных обследованиях. Периодичность таких обследований зависит от многих факторов и обычно регламентируется ФНП. Однако в связи с тем, что периодический инструментальный контроль канатов в большинстве случаев проводится с применением ручных средств НК, он занимает значительное время, особенно на многоканатных ШПУ. Отсюда возникла необходимость сокращения временных затрат на проведение НК канатов и разработки систем, осуществляющих одновременный контроль или мониторинг (непрерывный или периодический) состояния всех шахтных канатов с применением автоматизированных дефектоскопов. Кроме этого, в соответствии с ФНП на ШПУ, оборудованных системами непрерывного контроля параметров подъёмной установки и приборами инструментального НК,

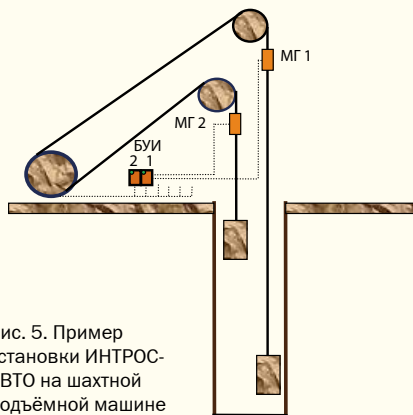


Рис. 5. Пример установки ИНТРОС-АВТО на шахтной подъёмной машине

контроль канатов должны проводить не реже, чем один раз в неделю, вместо ежесуточного осмотра, что позволяет увеличить добычу [8].

В большинстве случаев МГ автоматизированных дефектоскопов канатов устанавливаются на подвижной площадке шахтного ствола, а БУИ в кабине машиниста ШПУ. На рис. 5 схематично приведён пример установки МГ и БУИ на двухбарабанной подъёмной машине шахтного ствола. При таком подходе проводят одновременный мониторинг двух или четырёх канатов ШПУ ствола.

Применение ИНТРОС-АВТО на ШПУ позволяет осуществить более широкий подход к обеспечению безопасности ОПО, на котором используются канаты. При помощи программного комплекса автоматизированного дефектоскопа есть полная возможность обеспечить интеграцию результатов мониторинга ТС канатов в общую систему мониторинга параметров ШПУ и в систему безопасности ОПО в целом.

На рис. 6 приведён пример несъёмной стационарно установленной МГ дефектоскопа ИНТРОС-АВТО на канат диаметром 42 мм на подвижной площадке подъёмного механизма предприятия, мониторинг технического состояния которого проводят с периодичностью согласно Регламенту предприятия и ФНП.



Рис. 6. Пример стационарной установки магнитной головки на канат

Важно отметить, что при эксплуатации системы мониторинга технического состояния канатов ШПУ не требуется привлечение высококвалифицированного персонала НК, так как его выполняет непосредственно машинист ШПУ, что существенно сокращает расходы предприятия на инструментальный НК.

### Заключение

Накопленный опыт использования ИНТРОС-АВТО даёт возможность сделать вывод, что системы мониторинга технического состояния стальных канатов, применяемых на ОПО, как в добывающей промышленности, так и в других отраслях, соответствуют перспективному направлению развития систем НК и ТД и 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 ОПО, обеспечив при этом более высокую экономическую эффективность работы предприятий.

### Литература

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Основные требования к проведению неразрушающего контроля технических устройств, зданий и сооружений на опасных производственных объектах». Сер. 28. Вып. 14. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2017. — 16 с.
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. ГОСТ Р 53564–2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Требования к системам мониторинга. — М.: Стандартинформ, 2010. — 15 с.
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности». Сер. 08. Вып. 19. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2015. — 288 с.
5. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения». Сер. 10. Вып. 81. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2015. — 150 с.
6. 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.
7. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». Сер. 05. Вып. 40. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2019. — 198 с.
8. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых». Сер. 03. Вып. 78. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2015. — 276 с.

Статья получена 28 июня 2019 г., в окончательной редакции — июля