

УДК (UDC) 621.778.1

## КОНТРОЛЬ КАНАТОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН С КАНАТНОЙ ТЯГОЙ

## CONTROL OF ROPES DURING THE OPERATION OF MACHINES WITH ROPE TRACTION

Панфилов А.В., Короткий А.А., Иванов Б.Ф., Юсупов А.Р.  
Panfilov A.V., Korotkiy A.A., Ivanov B.F., Yusupov A.R.Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Россия)  
Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

**Аннотация.** Рассмотрены методы проведения контроля канатов при эксплуатации подъемных сооружений, лифтов, грузовых и пассажирских канатных дорог, фуникулеров и других машин с канатной тягой. Указано, что главным показателем технического состояния канатов является появление, развитие и взаимодействие дефектов, которые снижают прочность канатов, способствуют их разрушению и, соответственно, аварийной ситуации. Выполнен анализ существующих методов контроля канатов, описаны конструкции дефектоскопов, с помощью которых можно проводить оценку технического состояния канатов в процессе эксплуатации. Установлено, что одним из перспективных методов контроля стальных канатов является оптический на основе технологий машинного зрения и искусственного интеллекта.

**Ключевые слова:** дефекты канатов, методы контроля, дефектоскоп.

**Дата принятия к публикации:** 15.11.2022  
**Дата публикации:** 10.03.2023

**Сведения об авторах:**

**Панфилов Алексей Викторович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация транспортных систем и логистика» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», e-mail: panfilov@ikcmysl.ru  
ORCID 0000-0001-7211-1824

**Короткий Анатолий Аркадьевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Эксплуатация транспортных систем и логистика» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», e-mail: korot@novoch.ru  
ORCID: 0000-0001-9446-4911

**Иванов Борис Фёдорович** – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Центра научных компетенций ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», e-mail: ivanov@ikc-mysl.ru  
ORCID: 0000-0001-9080-5520

**Юсупов Александр Рашидович** – старший преподаватель кафедры «Робототехника и мехатроника» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», e-mail: temple\_black@mail.ru  
ORCID: 0000-0003-2179-616X

**Abstract.** The methods of rope control during the operation of lifting structures, elevators, freight and passenger cable cars, funiculars and other machines with cable traction are considered. It is indicated that the main indicator of the technical condition of ropes is the appearance, development and interaction of defects that reduce the strength of ropes, contribute to their destruction and, accordingly, an emergency situation. The analysis of existing methods of rope control is carried out, the designs of flaw detectors are described, with the help of which the technical condition of ropes can be assessed during operation. It is established that one of the promising methods of control of steel ropes is optical based on machine vision and artificial intelligence technologies.

**Keywords:** rope defects, control methods, flaw detector.

**Date of acceptance for publication:** 15.11.2022  
**Date of publication:** 10.03.2023

**Authors' information:**

**Aleksey V. Panfilov** - Cand.Sci. (Eng.), associate professor, associate professor of the Operation of transport systems and logistics Department at Don State Technical University, e-mail: panfilov@ikcmysl.ru  
ORCID: 0000-0001-7211-1824

**Anatoly A. Korotkiy** - Dr. Sci., Professor, Head of Department "Operation of Transport Systems and Logistics" at Don State Technical University, e-mail: korot@novoch.ru  
ORCID: 0000-0001-9446-4911

**Boris F. Ivanov** - Cand.Sci. (Eng.), Leading Researcher at the Center for Scientific Communications at Don State Technical University, e-mail: ivanov@ikc-mysl.ru  
ORCID: 0000-0001-9080-5520

**Aleksandr R. Yusupov** - Senior Lecturer of the Department of Robotics and Mechatronics at the Don State Technical University, e-mail: temple\_black@mail.ru  
ORCID: 0000-0003-2179-616X

## 1. Введение

Стальные канаты являются наиболее важными и ответственными элементами современных подъемных сооружений, лифтов, пассажирских и грузовых канатных дорог, фуникулеров. Они широко используются на шахтных подъемных установках, буровых вышках, судовых кранах, морских трубоукладчиках и др. От технического состояния стальных канатов во многом зависит надежность эксплуатируемой техники, а, главное, безопасность пассажиров, обслуживающего персонала и третьих лиц. Количество машин с канатной тягой, находящихся в эксплуатации на территории России, составляет более одного миллиона единиц.

Долговечность каната определяется геометрическими параметрами, конструктивными особенностями, физико-механическими характеристиками, технологией изготовления, рациональным выбором конструкций в зависимости от условий работы, качеством исходных материалов, четким выполнением требований изготовителя, содержащихся в руководстве по эксплуатации машины, методами проводимого контроля их состояния в процессе эксплуатации.

Канат является неремонтируемым элементом машин с канатной тягой. Во время работы под действием технологических, конструктивных и эксплуатационных факторов на поверхности каната возникают и развиваются повреждения, которые можно классифицировать: по изменению геометрии каната (диаметра, шага свивки, длины каната), по наличию наружных (видимых) дефектов (износ, коррозия, обрывы проволок или пряди), по температурному воздействию (действие электрического тока или удар молнии), по деформационным признакам («волнистость», «выпучивание» проволок или прядей), а также дефекты проволок внутренних слоев каната - потеря металлической части поперечного сечения (потеря внутреннего сечения), вызванные обрывами, механическим износом, контактными смятием и коррозией.

Описание дефектов стальных канатов, вероятные причины их появления, способы

обнаружения, критерии и нормы их браковки имеются в нормативной, технической, справочной литературе [1-7] и других источниках информации.

Указанные дефекты при их развитии и взаимодействии способствуют снижению прочности, приводят к разрушению каната. В связи с этим возрастает значение своевременного контроля стальных канатов, проводимого в процессе технического обслуживания и других процедур, осуществляемых в процессе эксплуатации машин с канатной тягой.

## 2. Методы и приборное обеспечение для контроля стальных канатов

Для своевременного обнаружения дефектов и повреждений канатов, независимо от типа машин с канатной тягой, предусмотрено проведение контроля, входящего в техническое обслуживание машин, регламентированное руководством по эксплуатации машины, согласно которому канаты должны подвергаться ежедневным, периодическим и внеплановым осмотрам.

Ежедневный осмотр осуществляется обслуживающим персоналом до начала работы. Периодические осмотры выполняются специалистами эксплуатирующей организации, ответственными за исправное состояние машин, ежемесячно (или чаще), внеплановые осмотры проводятся в ходе проведения технических освидетельствований, после капитальных ремонтов машин, при их диагностике или экспертизе промышленной безопасности.

При осуществлении проверки и диагностики канатов используются следующие виды неразрушающего контроля: визуальный, инструментальный, визуальнометрический, дефектоскопический, деформационный и оптический [8].

Визуальный метод контроля [9] состоит из осмотра каната по его длине и в местах его заделки на предмет наличия дефектов, определяемых глазом человека. Этот метод, в сочетании с инструментальным, используется при проведении плановых и внеплановых производственных осмотров.

При инструментальном контроле выполняются замеры дефектных участков по всей длине каната мерительным инструментом или измерительными приборами.

Измерение диаметра и шага свивки каната связано с перераспределением внутренних напряжений между проволоками и прядями, даже незначительные отклонения от номинальных значений сигнализируют о возможности образования дефектов – износа наружных проволок, деформации каната, повреждений сердечника и др.

Визуально-измерительный контроль является наиболее распространенным способом обнаружения дефектов в стальных канатах. Его применяют повсеместно при техническом обслуживании, диагностике, в контрольной и надзорной деятельности. Визуально-измерительный контроль стальных канатов проводится при малых скоростях их движения (до 0,5 м/сек) с использованием зеркал для детального рассмотрения объекта со всех сторон [7]. Операции по оценке технического состояния канатов осуществляются на высоте, в стесненных условиях и ограниченной освещенности, иногда при использовании параллельно расположенных канатов (например, в лифтах). Наблюдение за движущимся канатом более 15 минут теряет способность оценивать информации о дефектах, характеризующиеся многочисленными браковочными показателями. Соответственно, существует риск пропуска дефекта, способного привести к необратимым последствиям. Недостатком визуально-измерительного контроля является невозможность обнаружения внутренних дефектов канатов. В настоящее время предлагаются многочисленные способы технических решений этой проблемы, но они не нашли практического применения из-за конструктивной сложности и высокой стоимости оборудования.

Дефектоскопический метод, в основном, предназначен для оценки внутреннего сечения канатов. К этому методу следует отнести электромагнитную дефектоскопию, ультразвуковую, акустический, рентгенографический, радиографический, вихревых токов, вибрационный и другие виды контроля.

Из перечисленных способов наибольшее распространение и совершенствование сегодня получила электромагнитная дефектоскопия, до начала осуществления которой проводят визуальный осмотр наружной поверхности каната, для выявления внешних дефектов, препятствующих прохождению каната в дефектоскопе, и удаляют их. В конструкциях этих дефектоскопов используются два режима возбуждения: метод переменного магнитного поля с использованием индуктивных катушек, применяемый для обнаружения и измерения потери внутреннего сечения, а также метод возбуждения постоянного магнитного поля с применением датчиков Холла, который предназначен для контроля внутреннего сечения каната и обнаружения локальных наружных дефектов [10].

Для обеспечения самостоятельного перемещения по несущему канату маятниковой пассажирской канатной дороги и повышения чувствительности выявления дефектов предложена конструкция электромагнитного дефектоскопа [11], основанная на принципе действия линейного двигателя, когда функции реактивной полосы выполняет неподвижный канат.

При установке дефектоскопа на канат на обмотки намагничивающей системы подается переменное напряжение. Движение магнитного потока способствует перемещению дефектоскопа. При обнаружении обрыва проволоки магниточувствительные элементы, расположенные в точке наибольшей напряженности магнитного поля, улавливают всплеск гармонических составляющих и направляют сигнал на регистрирующее устройство.

К недостаткам электромагнитной дефектоскопии следует отнести сложность расшифровки дефектограмм, невозможность контроля структурных дефектов, наружного износа и коррозии проволок, температурного воздействия, отсутствие возможности определения дефектов мест заделок концов канатов.

Ультразвуковой метод дефектоскопии является достаточно перспективным для контроля стальных канатов. Прибор состоит из компьютера, усилителя, передатчика,

приемника и ультразвуковой измерительной системы [12-14]. Волна, направляемая с передатчика вдоль продольной оси каната, отражается при прохождении через дефект. После сбора и анализа сигнала, поступающего на приемник, специалисты получают данные о наружных или внутренних дефектах контролируемого каната.

Способ контроля канатов с использованием акустической эмиссии относится к переходным волновым процессам. Датчики акустической эмиссии могут преобразовывать упругие волны в электрические сигналы на основе пьезоэлектрического эффекта, тогда на основе анализа электрических сигналов можно определить характер повреждений каната [15-17].

Наиболее качественно этот метод может использоваться для идентификации обрывов проволок канатов.

Нужно отметить, что такие способы как рентгенографический, радиографический, ультразвуковой, акустической эмиссии, вихревых токов, вибрационный, не нашли широкого практического применения при контроле стальных канатов. Их надежность требует дальнейших теоретических и экспериментальных исследований.

Деформационный метод контроля представляет собой оценку состояния каната по полученным в результате эксплуатации линейным или угловым деформациям в виде изменения диаметра, шага свивки каната, появления «волнистости», «выпучивание» проволок и др.

Примером деформационной диагностики канатов является дефектоскоп реализующий деформационный метод оценки прочности подъемных канатов глубоких шахт по величине относительной деформации кручения на шаге свивки каната [18].

В [19-24] представлены конструкции дефектоскопов, относящихся к деформационному методу контроля.

Информационный метод контроля представляет собой применение конструкций канатов, содержащих интегрированные в его структуру элементы-индикаторы, сигнализирующие об их разрушении и образовании соответствующего дефекта.

Один из способов реализации информационного метода описан в [25], где предложена конструкция каната с органическим сердечником, содержащим вплетенные в него электронные маркеры – RFID транспондеры с числом антенн не менее количества зазоров. Дефекты каната выявляются по потере сигнала от маркеров, что свидетельствует об изменении шага свивки каната. На рис. 1 показана конфигурация такого каната.

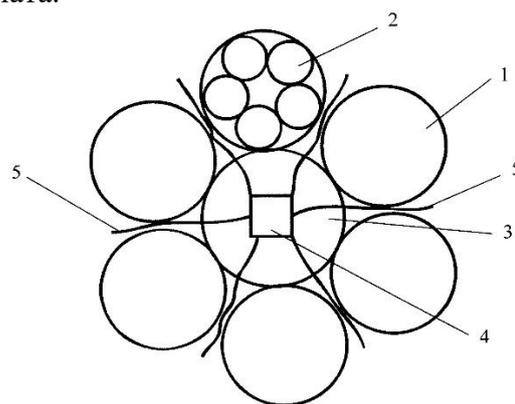


Рис. 1. Канат с электронными маркерами (1 – прядь; 2 – проволоки пряди; 3 – полимерный сердечник; 4 – маркер (RFID – транспондеры); 5 – антенны)

Еще одной конструкцией каната, контроль которого демонстрирует информационный метод, является канат закрытой конструкции [26], в наружный слой которого вплетены индикаторные проволоки, из стали, имеющей предел выносливости ниже, чем у основных проволок. Обрывам вначале подвергаются индикаторные проволоки, сигнализируя о начале процесса разрушения и необходимости принятия соответствующих мер.

На рис. 2 показана конструкция каната, работающего в условиях повышенной температуры [27] и способ его браковки, заключающийся во вплетении в структуру каната индикаторных проволок, которые при воздействии высоких температур (свыше 300°C) сигнализируют о возникновении дефектов появлением краски на поверхности каната.

Еще один пример реализации информационного контроля представлен на рис. 3 [28], который используется в процессе свив-

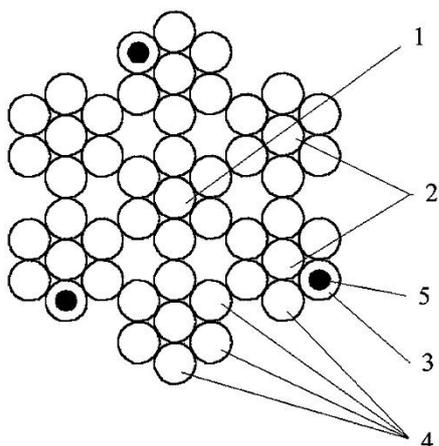


Рис. 2. Канат с индикаторными проволоками (1 – сердечник каната; 2 – сердечник пряди; 3 – индикаторная проволока; 4 – проволоки пряди; 5 – красящее вещество)

ки стального каната с металлическим сердечником, когда на определенном участке выполняется замер контрольного отрезка металлического сердечника до обжимной плашки и сравнение с контрольным отрезком готового каната. Различие в длинах отрезков сигнализирует о неравномерности натяжения и, соответственно, наличии дефекта «волнистость» в изготовленном канате.

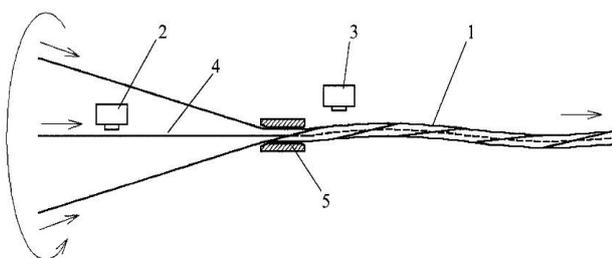


Рис. 3. Контроль параметров свивки каната при изготовлении (1 – канат; 2, 3 – датчики контроля длины; 4 – металлический сердечник; 5 обжимная плашка)

Необходимо отметить, что все перечисленные методы и устройства контроля стальных канатов практически не могут идентифицировать дефект в их заделке.

Одним из наиболее эффективных методов контроля стальных канатов является оптический метод. Он предназначен для получения изображения наружной поверхности каната и, соответственно, диагностики его состояния. Основой метода является

обнаружение дефектов и повреждений каната, а также распознавание полученных изображений на основе классификаторов машинного обучения.

В [29] предлагается способ и устройство, позволяющее автоматически идентифицировать основные дефекты по длине канатов и в заделке на основе компьютерного зрения.

Разрабатываемый комплекс в автоматическом режиме производит проверку состояния канатов по всей длине, в уравнивающих устройствах и местах заделки с помощью специальных оптических средств фото- видео- фиксации изображений дефектов с последующей обработкой полученной цифровой информации на базе методов машинного зрения, с последующей интегральной оценкой выявленных несоответствий методами искусственного интеллекта, с последующей визуализацией полученных результатов в удобном формате цветовой гаммы на мобильное приложение.

Основные функции, которые реализует предлагаемый комплекс:

- автоматическое обнаружение и классификация наружных дефектов по всей длине и в заделке канатов на основе глубокой сверточной искусственной нейронной сети;
- наличие обучающей выборки (детасетов) изображений дефектов каната;
- фиксация на базе массива камер объемного изображения каната и алгоритма развертки изображения с компенсацией искажений, по которому производятся фактические замеры метрических характеристик дефектов;
- осуществление непрерывной оценки состояния каната по совокупности обнаруженных дефектов на основе искусственного интеллекта;
- интерпретация в цветовую гамму состояния каната с последующей передачей на мобильные устройства пользователей.

### 3. Выводы

Анализ нормативной и справочной документации, литературных источников и патентов показал, что методы и приборы

для контроля технического состояния стальных канатов, эксплуатирующихся на машинах с канатной тягой, подразделяются на две группы: для контроля дефектов обнаруженных на наружной поверхности канатов и внутренних (невидимых визуально) несоответствий.

Результаты визуального и инструментального контроля канатов, проводимого персоналом эксплуатирующей организации, не всегда объективны с учетом физиологических способностей зрительного восприятия человека, длительности контроля на различных технических устройствах, продолжающегося от 10 мин до 3...4 ч непрерывно, необходимости осмотреть одновременно несколько канатов со всех сторон, при общей длине каната до 5 км, что может привести к аварийной ситуации.

### Список литературы

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения». Утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 26.11.2020 г. № 461.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности пассажирских канатных дорог и фуникулеров». Утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 13.11.2020 г. № 441.
3. ГОСТ Р 55964-2014 Лифты. Общие требования безопасности при эксплуатации. Москва, Стандартиформ, 2014.
4. ГОСТ Р 54999-2012 Лифты. Общие требования к инструкции по техническому обслуживанию лифтов. Москва, Стандартиформ, 2014.
5. Канаты стальные. Контроль и нормы браковки. РД РОСЭК 012-97 // Короткий А.А., Хальфин М.Н., Иванов Б.Ф., Котельников В.С. и др. 52 с.
6. Хальфин М.Н., Короткий А.А., Иванов Б.Ф., Папирняк В.П. Крановые канаты.

Возникает необходимость разработки новых методов контроля и устройств, реализующих эти методы. Такие современные методы и устройства контроля и диагностики канатов, как ультразвуковой, радиографической, рентгенографической, акустической эмиссии, деформационный, информационный, находятся в экспериментальной разработке.

Одним из перспективных направлений контроля является оптический метод на основе технологий машинного зрения и искусственного интеллекта, позволяющий при необходимости осуществить непрерывный мониторинг технического состояния канатов при эксплуатации с интерпретацией в цветовую гамму на мобильное приложение. Использование такого устройства позволит снизить риск возникновения аварий и предотвратить их последствия.

### References

1. Federalnye normy i pravila v oblasti promyshlennoj bezopasnosti «Pravila bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh obektov, na kotorykh ispolzuyutsya podemnye sooruzheniya». Utv. prikazom Federalnoy sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru ot 26.11.2020 g. № 461. (In Russian)
2. Federalnye normy i pravila v oblasti promyshlennoj bezopasnosti «Pravila bezopasnosti passazhirskikh kanatnykh dorog i funikuleroev». Utv. prikazom Federalnoy sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru ot 13.11.2020 g. № 441. (In Russian)
3. GOST R 55964-2014. Elevators. General safety requirements during operation. Moscow, Standartinform, 2014. (In Russian)
4. GOST R 54999-2012. Elevators. General requirements for elevator maintenance instructions. Moscow, Standartinform, 2012. (In Russian)
5. Korotkij A.A., Halfin M.N., Ivanov B.F., Kotelnikov V.S. Kanaty stalnye. Kontrol i normy brakovki. Moscow, RD ROSEK 012-97. 52 p. (In Russian)
6. Halfin M.N., Korotkij A.A., Ivanov B.F., Papirnyak V.P. *Kranovye kanaty* [Crane

Новочеркасск: Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, 2015. 127 с.

7. Панфилов А.В., Короткий А.А., Иванов Б.Ф., Панфилова Э.А. О критериях и нормах браковки канатов пассажирских канатных дорог // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2021. №1. С. 53-65.

8. Wu P., Hua H.Yu. Discussion of existing problems of non-destructive testing of steel ropes // *Nondestruct. Test.* 2017. Vol. 39. P. 65-68.

9. ГОСТ Р EN 13018-2014 «Контроль визуальный. Общие положения». Москва, Стандартинформ, 2015.

10. РД 03-348-00. Методические указания по магнитной дефектоскопии стальных канатов. Утв. постановлением Госгортехнадзора России от 30.03.2000 № 11.

11. Пат. 2313084 Рос. Федерация. Дефектоскоп для неподвижных канатов / Короткий А.А., Хальфин М.Н. Заявл. 22.02.2006; опубл. 20.12.2007.

12. Laguerre L., Treysede F. Non-destructive evaluation of seven-wire strands using ultrasonic directional waves // *Eur. J Environ. Civil Eng.* 2011, 487-500 [CrossRef].

13. Raisutis R., Kazis R., Mazeika L., Zhukauskas E., Samaitis V., Yankauskas A. Test method based on ultrasonic directional wave for control of multi-wire rope structures // *NDTEInt.* 2014. Vol. 62. P. 40-49.

14. Tse P.V., Rostami J. Advanced signal processing methods applied to controlled waves for detecting defects on ropes. In: *The Proceedings of the AIP Conference*; AIP Publishing House: College Park, Maryland, USA, 2016; Volume 1706, page 030006.

15. Casey N.F., Laura P.A.A. Review of acoustic emission monitoring of ropes // *Ocean Engineering.* 1997. Vol. 24. P. 935-947.

16. Drummond G., Watson J.F., Acarnley P.P. Acoustic emission from ropes during trial load and fatigue tests // *NDTEInt.* 2007. Vol. 40. P. 94-101.

17. Li S., Wu Yu., Shchi H. A new method of acoustic emission cross-section monitoring for accurate localization of defects and wire breakage of a parallel bundle of wires // *Structure. Health monitoring monitor.* 2019. Vol.

ropes]. Novocherkassk, YUzhno-Rossiyskiy gosudarstvennyy politekhnicheskii universitet (NPI) imeni M.I. Platova, 2015. 127 p. (In Russian)

7. Panfilov A.V., Korotkiy A.A., Ivanov B.F., Panfilova E.A. About the criteria and standards for the rejection of ropes of passenger cable cars. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2021, No. 1, pp. 53-65. (In Russian)

8. Wu P., Hua H.Yu. Discussion of existing problems of non-destructive testing of steel ropes. *Nondestruct. Test.*, 2017, Vol. 39, pp. 65-68.

9. GOST R EN 13018-2014. Visual control. General provisions. Moscow, Standartinform, 2015. (In Russian)

10. RD 03-348-00. Guidelines for magnetic flaw detection of steel ropes. Approved by Resolution No. 11 of the Gosgortekhnadzor of Russia dated 30.03.2000. (In Russian)

11. Patent RU 2313084. *Defektoskop dlya nepodvizhnykh kanatov* [Flaw detector for fixed ropes]. Korotkiy A.A., Halfin M.N. Declared 22.02.2006 Published 20.12.2007. (In Russian)

12. Laguerre L., Treysede F. Non-destructive evaluation of seven-wire strands using ultrasonic directional waves. *Eur. J Environ. Civil Eng.*, 2011, pp. 487-500.

13. Raisutis R., Kazis R., Mazeika L., Zhukauskas E., Samaitis V., Yankauskas A. Test method based on ultrasonic directional wave for control of multi-wire rope structures. *NDTEInt.*, 2014, Vol. 62, pp. 40-49.

14. Tse P.V., Rostami J. Advanced signal processing methods applied to controlled waves for detecting defects on ropes. In: *The Proceedings of the AIP Conference*, 2016, Vol. 1706, p. 030006.

15. Casey N.F., Laura P.A.A. Review of acoustic emission monitoring of ropes. *Ocean Eng.*, 1997, Vol. 24, pp. 935-947.

16. Drummond G., Watson J.F., Acarnley P.P. Acoustic emission from ropes during trial load and fatigue tests. *NDTEInt.*, 2007, Vol. 40, pp. 94-101.

17. Li S., Wu Yu., Shchi H. A new method of acoustic emission cross-section monitoring for accurate localization of defects and wire breakage of a parallel bundle of wires. *Struc-*

26. Р. e2334.

18. А.С. 1097553 МКИ В66В 17/08, СССР. Способ браковки рудничных канатов / Хальфин М.Н., Короткий А.А., Ксюнин Г.П. - 3589606/22-03; заявл. 28.04.83; опубл. 15.06.84.

19. Пат. 2167098 МПК В66В7/12, Рос. Федерация. Дефектоскоп для неподвижных канатов / Хальфин М.Н., Глебов Н.А., Сорокина Е.В., Иванов Б.Ф. Заявл. 18.04.2000; опубл. 20.05.2001.

20. А.С. 1306874 МКИ В66В7/12, СССР. Дефектоскоп для рудничных подъемных канатов / Хальфин М.Н., Гуревич А.Б., Ксюнин Г.П. Заявл. 30.04.85; опубл. 30.04.87.

21. А.С. 1299935 МКИ В66В7/12, СССР. Дефектоскоп для проверки прочности стальных канатов / Хальфин М.Н., Короткий А.А., Ксюнин Г.П., Гуревич А.Б. - 3878244/31; заявл. 02.04.85; опубл. 30.03.87.

22. А.С. 1204536 МКИ В66В7/12, СССР. Дефектоскоп для рудничных подъемных канатов / Хальфин М.Н., Короткий А.А., Гуревич А.Б. - 3781483/37-11; заявл. 15.06.84; опубл. 15.01.86.

23. Пат. 2135404 МПК В66В7/12, Рос. Федерация. Дефектоскоп для подъемных канатов / Хальфин М.Н., Маслов В.Б., Иванов Б.Ф., Козынка А.А. Заявл. 18.02.98; опубл. 27.08.99.

24. Пат. 2254282 МПК В66В7/12, Рос. Федерация. Устройство для контроля параметров волнистости стальных канатов / Павленко А.В., Хальфин М.Н., Пузин В.С. Заявл. 10.03.2005; опубл. 20.06.2006.

25. Пат. 2489542, Рос. Федерация. Канат и способ его дефектоскопии / Короткий А.А., Панфилов А.В. Заявл. 12.03.2012; опубл. 10.08.2013.

26 Пат. 2299940, Рос. Федерация. Конструкция стального каната закрытого типа / Короткий А.А., Хальфин М.Н. Заявл. 1.11.2005; опубл. 27.05.2007.

27. Пат. 2299939, Рос. Федерация. Стальной канат и способ его браковки / Короткий А.А., Хальфин М.Н. Заявл. 13.04.2005; опубл. 27.05.2007.

28. Пат. 2299170 D07B F16G, Рос. Федерация. Способ определения качества каната с металлическим сердечником / Ко-

ture. Health monitoring monitor, 2019, Vol. 26, pp. e2334.

18. A.S. 1097553 В66В 17/08, USSR. *Sposob brakovki rudnichnyh kanatov* [Method of rejection of mine ropes]. Khalfin M.N., Korotkiy A.A., Ksyunin G.P. Declared 28.04.83. Published 15.06.84 (In Russian)

19. Patent RU 2167098. *Defektoskop dlya nepodvizhnyh kanatov* [Flaw detector for fixed ropes]. Halfin M.N., Glebov N.A., Sorokina E.V., Ivanov B.F. Declared 18.04.2000. Published 20.05.2001 (In Russian)

20. A.S. 1306874 USSR. *Defektoskop dlya rudnichnyh podemnykh kanatov* [Flaw detector for mine lifting ropes]. Khalfin M.N., Gurevich A.B., Ksyunin G.P. Declared 30.04.85. Published 30.04.87 (In Russian)

21. A.S. 1299935 В66В 7/12, USSR. *Defektoskop dlya proverki prochnosti stalnykh kanatov* [Flaw detector for testing the strength of steel ropes]. Khalfin M.N., Korotkiy A.A., Ksyunin G.P., Gurevich A.B. Declared 02.04.85. Published 30.03.87 (In Russian)

22. A.S. 1204536 В66В 7/12, USSR. *Defektoskop dlya rudnichnykh podemnykh kanatov* [Flaw detector for mine lifting ropes]. Halfin M.N., Korotkiy A.A., Gurevich A.B. Declared 15.06.84. Published 15.01.86 (In Russian)

23. Patent RU 2135404, В66В 7/12. *Defektoskop dlya podemnykh kanatov* [Flaw detector for lifting ropes]. Halfin M.N., Maslov V.B., Ivanov B.F., Kozynko A.A. Declared 18.02.98. Published 27.08.99 (In Russian)

24. Patent RU 2254282. *Ustroystvo dlya kontrolya parametrov volnistosti stalnykh kanatov* [A device for monitoring the parameters of the undulation of steel ropes]. Pavlenko A.V., Halfin M.N., Puzin V.S. Declared 10.03.2005. Published 20.06.2006. (In Russian)

25. Patent RU 2489542. *Kanat i sposob ego defektoskopii* [Rope and method of its flaw detection] A.A. Korotkiy, A.V. Panfilov. Declared 12.03.2012 Published 10.08.2013. (In Russian)

26. Patent RU 2299940. *Konstruktsiya stalnogo kanata zakrytogo tipa* [Closed-type steel rope construction]. Korotkiy A.A., Halfin M.N. Declared 1.11.2005. Published 27.05.2007. (In Russian)

27. Patent RU 2299939. *Stalnoy kanat i*

