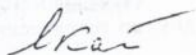


Министерство образования Украины  
Восточноукраинский государственный университет

На правах рукописи

Капуста Леонид Владимирович



Диагностика резинотросовых лент  
конвейерных установок промышленно-  
го транспорта методом магнитной де-  
фектоскопии

Специальность 05.22.12 - Промышленный тран-  
спорт

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени канди-  
дата технических наук

№. 35-865

Диссертационная работа является рукописью.

Работа выполнена в Восточноукраинском государственном университете.

Научный руководитель:

доктор технических наук Смирный М.Ф.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Киричевский В.В.,

кандидат технических наук, доцент Гальченко В.Я.

Ведущая организация - Государственный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по автоматизации угольной промышленности (НИПИУглеавтоматизация, Луганск).

Защита диссертации состоится "27" 11 1996 г. в 14 час. на заседании специализированного ученого совета Д18.02.02 при Восточноукраинском государственном университете по адресу: 348034, г. Луганск, кв. Молодежный, 20а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

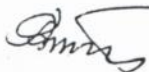
Автореферат разослан "18" 10 1996 г.

Отзывы на автореферат просим присылать по адресу университета

Ученый секретарь

специализированного ученого совета

доктор технических наук, профессор



Ульшин В.А.

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00760111 (G)

АВ - 55.000

## ИЗЛОЖЕНИЕ ОБЩЕЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ, АКТУАЛЬНОСТИ И СТЕПЕНИ ИССЛЕДОВАННОСТИ ТЕМАТИКИ ДИССЕРТАЦИИ

Эффективность работы конвейерных установок промышленного транспорта в существенной мере определяется надежностью и эксплуатационной долговечностью лент. В зависимости от назначения и мощности конвейеров применяются различные типы конвейерных лент.

Резинотросовые ленты (РТЛ) применяются на мощных наклонных или большой длины горизонтальных конвейерах карьеров, разрезов, при сооружении насыпных дамб и т.д. для транспортировки различных руд, глины, известняка, песчано-гравийной массы, угля и многочисленных видов продуктов переработки этих материалов. Несмотря на некоторые эксплуатационные недостатки, они имеют большие преимущества по сравнению с тканевыми лентами.

Однако РТЛ еще не полностью удовлетворяют требованиям эксплуатации, чем и обусловлено непрерывное изменение их параметров, конструкции, технологии изготовления и применение периодического контроля их состояния в процессе эксплуатации.

Предприятия терпят большие убытки из-за простоев оборудования, вызванного преждевременным износом или повреждением конвейерных лент.

В большинстве случаев РТЛ работают с запасами прочности, значительно превышающими нормативный. Однако, данные, собранные ИГТМ АН, ДонНИГРИ, УкрНИИПроектом и др. организациями, показали, что зависимость срока службы от запаса прочности практически не обнаруживается, т.е. существующее значительное завышение запаса прочности РТЛ не оправдано. Отсюда вытекают значительные резервы снижения расхода лент путем применения лент меньшей прочности, а,

следовательно, и менее дорогих. Однако, для обеспечения надежной и безопасной эксплуатации конвейеров, необходимо знать фактическое прочностное состояние РТЛ и прогнозировать его изменение в процессе эксплуатации.

Агрегатная прочность РТЛ определяется агрегатной прочностью тросов, отсюда возникает задача определять в процессе эксплуатации РТЛ количество оборванных тросов в поперечном сечении и место их расположения. Кроме того, на изменение прочностного состояния РТЛ влияет концентрация напряжения, возникающая в тросах, смежных с оборванными, что приводит к неравномерному перераспределению действующей нагрузки между оставшимися тросами в поперечном сечении.

Таким образом, разработка средств диагностики по обнаружению оборванных тросов, определению их места и влияния на прочностное состояние РТЛ с учетом концентрации напряжения и прогнозирование его изменения позволяет решить актуальную задачу по сокращению капитальных затрат и эксплуатационных расходов на РТЛ путем повышения эффективности их эксплуатации, связанной с увеличением срока службы и предупреждением обрыва.

Степень исследованности тематики диссертации заключается в следующем. Известные аналитические методы определения долговечности РТЛ, основанные на статистической обработке информации, касающейся факторов, влияющих на их износ, позволяют определить сроки службы РТЛ для отдельного предприятия или группы предприятий, которые не всегда совпадают с фактическими. Существующие приборы неразрушающего контроля РТЛ не позволяют определить влияние деффектов на прочностное состояние РТЛ с учетом концентрации напряжений, а также прогнозировать его изменение в течение срока службы с учетом усталостной нагрузки.

## КОНКРЕТНАЯ ФОРМУЛИРОВКА ЦЕЛИ И ОСНОВНЫХ ЗАДАЧ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью работы является повышение эксплуатационной долговечности резиновых лент путем определения фактического прочностного состояния с учетом концентрации напряжения, возникающей при обрыве тросов и прогнозирование его изменения в процессе эксплуатации.

Поставленная цель определила следующие задачи исследования:

- разработка и исследование обобщенной математической модели прочностного состояния РТЛ с учетом концентрации напряжения, возникающей при обрыве тросов;
- разработка алгоритма прогнозирования изменения прочностного состояния с учетом обрывов тросов и усталостной нагрузки;
- выбор и обоснование метода диагностики РТЛ;
- разработка и исследование средств диагностики РТЛ;
- обобщение метода диагностики на изделия, аналогичные РТЛ.

Идея работы заключается в получении достоверной информации о количестве и месте повреждения стальных тросов по длине и ширине РТЛ методом магнитно-феррозондовой дефектоскопии.

## ОБОСНОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРАКТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЕГО НАУЧНОЙ

### НОВИЗНЫ

Впервые показано, что применение метода диагностики РТЛ и способа определения прочности с учетом концентрации напряжения,

возникающей в смежных тросах, обеспечивает повышение достоверности контроля и точности определения прочностного состояния РТЛ, прогнозирование изменения которого с учетом влияния обрывов тросов и усталостной нагрузки позволяет, планируя сроки проведения ремонтов, повысить эксплуатационную долговечность РТЛ и эффективность использования конвейеров.

Практическая полезность работы заключается:

- в разработке устройства обнаружения дефектов тросов, скрытых под слоем резины;
- в разработке методики расчета поля дефекта в зависимости от параметров тросов;
- в разработке алгоритма поиска оборванного троса и определения расстояния до места обрыва;
- в разработке классификации типовых дефектов для учета и выдачи рекомендаций по увеличению срока службы и надежной эксплуатации РТЛ;
- в разработке рекомендаций по построению средств диагностики изделий с аналогичными свойствами.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ РЕАЛИЗАЦИИ И ВНЕДРЕНИЯ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК

Обобщенная математическая модель процесса определения прочностного состояния РТЛ с учетом концентрации напряжения, возникающей при обрыве тросов, метод диагностики, методики расчета параметров феррозондового датчика и поля дефекта использованы в техническом задании на разработку средств диагностики типа УКЦТ-1, УКПЛ-1 и ДРТК-1, изготовленных Днепропетровским заводом шахтной автоматики, специализированным производственно-техническим пред-

приятием "Рудоавтоматика", опытно-экспериментальным производством Восточноукраинского госуниверситета и внедренных на предприятиях Донбасса, Кривого Рога, комбинатах Норильска, Нижнего Тагила, Учалы (Россия) и Рудного (Казахстан).

Научные положения диссертации, в том числе способ автоматического определения прочности, методика расчета параметров феррозондового датчика были использованы Государственным научно-исследовательским и проектно-конструкторским институтом по автоматизации угольной промышленности НИИИУглеавтоматизация при разработке средства диагностики РТЛ типов УКЦТ-1 и УКПЛ-1.

Методика расчета поля дефектов используется в курсе "Информационно-измерительные устройства систем управления", дипломном проектировании и НИРС в Восточноукраинском государственном университете.

Годовой экономический эффект от внедрения результатов исследований составляет 3,5 млн. грн. в ценах 1992 г.

## **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АПРОБАЦИИ И ПУБЛИКАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, СТРУКТУРЕ И ОБЪЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

Результаты исследований доложены, обсуждены и получили одобрение на научно-технических конференциях Восточноукраинского госуниверситета (1973-1996 гг.), на конференции "Современные методы и способы неразрушающего контроля" (г. Москва, 1991 г.), на научно-техническом семинаре "Современные методы неразрушающего контроля качества металлопродукции" (г. Днепропетровск, 1989 г.), на УП научно-технической конференции "Проблемы магнитных измерений и магнитоизмерительной аппаратуры" (г. Ленинград, 1989 г.), на I и IV межвузовских конференциях "Электромагнитные методы контроля качества

материалов и изделий" (г. Москва, 1972 г., г. Омск, 1983 г.), на техническом совещании при главном инженере ВПО "Союзруда" (г. Москва, 1983 г.), на секции "Механизация и автоматизация горнопроходческих работ" Ученого Совета ВНИИОМШС (г. Харьков, 1974 г.), на научном семинаре лаборатории рудничного транспорта ИГД им. А.А. Скочинского (г. Москва, 1979 г.), на научном семинаре по промышленному транспорту Восточнoукраинского госуниверситета (1996 г.).

По теме диссертации опубликовано 40 научных работ, в том числе 15 авторских свидетельств.

Диссертация состоит из введения, пяти разделов и заключения, изложенных на 150 страницах машинописного текста, иллюстрированного 54 рисунками. Работа содержит 15 таблиц, список литературы из 84 наименований и приложений.

## ДЕКЛАРАЦИЯ КОНКРЕТНОГО ЛИЧНОГО ВКЛАДА ДИССЕРТАНТА В РАЗРАБОТКУ НАУЧНЫХ РЕЗУЛЬТА- ТОВ, КОТОРЫЕ ВЫНОСЯТСЯ НА ЗАЩИТУ

- Разработаны методы синтеза алгоритмов автоматического способа определения прочности с учетом влияния концентрации напряжения и прогнозирования его изменения в процессе эксплуатации.

- Разработан алгоритм расчета параметров феррозондового датчика.

- Проведены экспериментальные исследования средств диагностики РТЛ.

- Разработана классификация типовых дефектов РТЛ.

## ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОЛОГИИ, МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕДМЕТА И ОБЪЕКТА

Решение поставленных задач выполнено на основе теоретических и экспериментальных исследований с использованием численных методов, методов математической статистики, физического моделирования и планирования многофакторного эксперимента с использованием греко-латинского квадрата, теории подобия и теории ошибок.

Расхождение теоретических и экспериментальных значений напряженности магнитного поля дефекта в пределах 8-11%.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается адекватностью разработанной модели, проверенной экспериментальными исследованиями, обоснованностью принятых допущений, результатами расчетов различными методами, корректностью использования математического аппарата и численных методов, а также результатами испытаний экспериментального образца и внедрения опытной партии дефектоскопов.

## ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИСЕРТАЦИИ И ФОРМУЛИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ВЫВОДОВ, ВЫТЕКАЮЩИХ ИЗ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Наиболее важным показателем РТЛ является агрегатная прочность резинометаллического сердечника, которая определяется агрегатной прочностью тросов и их количеством.

Исследованию физико-механических свойств конвейерных лент, в том числе вопросу их прочности, уделено внимание в работах А.О. Спиваковского, П.Я. Биличенко, В.С. Вологатовского, Р.Л. Зенкова, В.А. Пономаренко, Е.М. Высочина, Е.Х. Завгороднего, Л.В. Колосова, Б.Ф.

Фадеева, И.Г. Штокмана, Л.И. Эппеля, В.А. Дьякова, Л.Г. Шахмейстера, М.А. Котова, Р.И. Чернова и др.

Такие методы измерения напряжений в элементах как оптический, электро-тензометрический, муаровых сеток, магнитоупругий, с помощью кольцевых электродинамометров или отжимных роликов применяются на специальных стендах или при кратковременных исследованиях на действующих конвейерных установках.

Измерение напряжений в каждом тросе при числе их от 48 до 300 в условиях эксплуатации РТЛ представляет собой достаточно сложную задачу. При изготовлении РТЛ приложенная нагрузка распределяется между тросами почти равномерно ( $K_n = 0.85$ ), а обрыв тросов в процессе эксплуатации вызывает неравномерное распределение ее между целыми тросами за счет упругой связи между ними, осуществляемой резиной. Установлено, что наибольшую нагрузку испытывают тросы, расположенные рядом с оборванными. Возникает момент, когда напряжение в целых тросах, расположенных рядом с оборванными, превышает предел прочности и происходит обрыв, хотя общая нагрузка, приложенная к РТЛ, не превышает допустимых пределов. Обрыв перегруженных тросов вызывает распространение перегрузки на другие тросы в сечении, что в конечном результате приводит к обрыву РТЛ.

Для тросов используется проволока из среднеуглеродистых сталей марок 60, 70 с содержанием углерода соответственно 0,57- 0,65% и 0,67- 0,75% и пределами прочности от 1000 до 2400 МПа/м<sup>2</sup> с микроструктурой сорбита или тростита, которые по своим свойствам являются магнитными с остаточной индукцией 0,8-1,1 Тл и коэрцитивной силой 1900-2400 А/м, что позволяет использовать метод магнитной дефектоскопии по остаточной намагниченности тросов с регистрацией внешних полей рассеяния с помощью феррозондовых преобразователей.

В создание общей теории, разработку и проектирование феррозондов значительный вклад внесли В.К. Аркадьев, Ю.В. Афанасьев, Р.Я. Беркман, В.И. Дрожжина, Н.И. Зацепин, А.П. Лысенко, Ю.Ф. Понома-

рев, М.А. Розенблат, М.Ф. Смирный, Ю.И. Спектор, В.Е. Щербинин, Ф. Ферстер, В.В. Яковенко, Р.И. Янус и другие.

Алгоритм выявления дефектов типа нарушения целостности стальных тросов РТЛ можно представить в следующем виде

Формула 1

$(B \times H)_M \rightarrow F_{M0} \rightarrow H_M \rightarrow J_{MTP} \rightarrow J_s \rightarrow F_s \rightarrow \Phi_M \rightarrow E_M \rightarrow m \rightarrow \Delta P$  где соответственно слева направо м.д.с. намагничивающего устройства; м.д.с. в рабочем зазоре; напряженность магнитного поля; намагниченность стальных тросов; остаточная намагниченность в месте дефекта; м.д.с. в рабочем зазоре; магнитный поток в преобразователе; э.д.с. преобразователя; число поврежденных тросов в поперечном сечении РТЛ; уменьшение прочности.

Недостатком существующих устройств является недостаточная помехозащищенность, связанная с технологией изготовления, конструкцией и условиями эксплуатации РТЛ. При магнитной дефектоскопии помехи обусловлены неравномерностью намагничивания отдельных участков изделия, основными причинами которой являются поперечные колебания, волнистость на плоскости РТЛ, прессовые переходы, кратковременные остановки в процессе намагничивания.

Для повышения достоверности контроля разработано несколько помехоустойчивых устройств, селекция сигналов в которых осуществляется по трем параметрам: амплитуде, фазе и длине дефекта.

Одной из основных задач метода магнитной дефектоскопии является знание топографии поля дефекта. Исследования в основном проводились для дефектов металлургического, усталостного или коррозионного происхождения. При совпадении направления поля  $H_0$  с одной из осей поляризации изделия направление вектора  $J$  совпадает с направлением поля  $H_0$  и противоположно ему. В случае несовпадения направления поля  $H_0$  с направлением какой-либо из главных осей изделия имеет место изменение направления вектора в сторону большей оси сечения, а

следовательно и поля дефекта. С учетом конструкции тросов каждая прядь последовательно представлялась в виде отрезка прямой, синусоиды и винтовой линии, для которых были определены зависимости составляющих напряженности поля дефекта пряди вдоль осей X, Y и Z, направление которых отклонялось от продольной оси троса на угол:

Формула 2

$$\alpha = \alpha' \cdot \left| \right. \quad \text{ГДС } \alpha = \arccos \frac{C}{\sqrt{a^2 + c^2}} \quad - \quad \text{угол свивки пряди}$$

где:  $\alpha = \arccos \frac{C \cdot (1 - \chi \cdot N_{Tn})}{\sqrt{a^2 \cdot (1 + \chi \cdot N_{Tn})^2 + c^2 \cdot (1 + \chi \cdot N_{Tn})^2}}$  - угол отклонения вектора напряженности от касательной к пряди троса.

Определены величины составляющих напряженности поля дефекта от порыва нескольких прядей, координаты которых равны:

Формула 3

$$\begin{aligned} x_{i,j}^{(k)} &= x_M \pm b \cdot \cos(k \cdot \gamma); \\ y_{i,j}^{(k)} &= y_M + d \cdot (1 - \cos(k \cdot \gamma)) \mp b \cdot \cos(k \cdot \gamma); \\ z_{i,j}^{(k)} &= z_M \pm d \cdot \sin(k \cdot \gamma) \mp b \cdot \cos(k \cdot \gamma). \end{aligned}$$

Максимумы составляющих  $H_Y$  и  $H_Z$  меньше максимума  $H_X$ , в связи с чем максимум  $H_X$  целесообразно использовать в качестве информационного признака дефекта троса.

При использовании РТЛ в качестве уравновешивающих канатов на подъемных установках возникла задача обнаружения оборванных тросов в зоне прицепных устройств. В качестве информационного признака обрыва троса рекомендовано использовать величину проводимости, измеренной на постоянном токе между двумя тросами в режиме холостого хода, зависимость которой установлена путем моделирования на физической модели с использованием греколатинского квадрата и метода средних потенциалов:

Формула 4

$$G = 2 \cdot \pi \cdot \gamma \cdot L \cdot \left( \ln \frac{l}{r_0} - 4 \cdot k_c + 4 \cdot k_b \cdot \ln \frac{2 \cdot l}{b} \right)^{-1}$$

Разработан алгоритм обнаружения оборванного троса, основанный на последовательном измерении проводимости между тросами.

Определены погрешности измерения поля дефекта с учетом параметров тросов, размера и места дефекта, для уменьшения влияния которых использован метод коррекции.

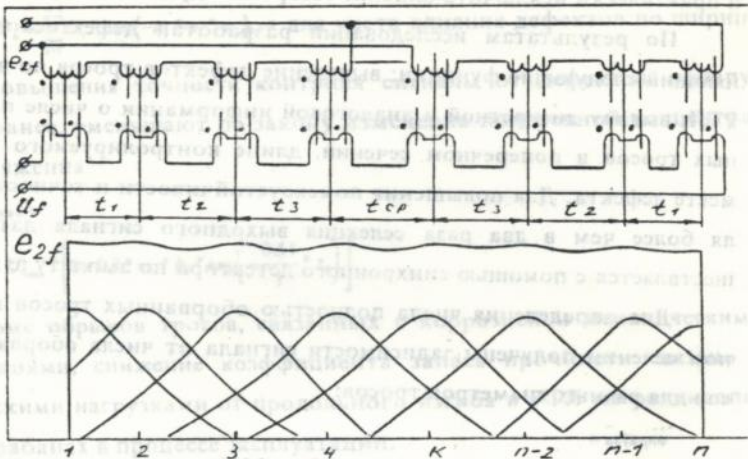


Рисунок 1. Многоэлементный преобразователь.

Для интегральной оценки дефектов в поперечном сечении разнотрансформаторный преобразователь, состоящий из набора параллельно расположенных в одной плоскости феррозондов с шагом, обеспечивающим постоянную чувствительность вдоль его длины (см. рис. 1) и получены зависимости коэффициентов для определения шага между ними от их количества:

Формула 5

$$k_1 = 0.011 \cdot n^2 - 0.376 \cdot n + 2.695;$$

$$k_2 = 0.032 \cdot n^2 + 0.556 \cdot n - 1.024; \text{ где } n - \text{ количество феррозондов.}$$

$$k_3 = -0.012 \cdot n^2 + 0.258 \cdot n - 0.116;$$

Данная методика позволяет проектировать многоэлементные преобразователи для контроля РТЛ шириной от 300 до 2400 мм с неравномерностью суммарной характеристики не более 5%.

Для получения максимального сигнала от дефекта определена величина поля намагничивания (до 10 кА/м) и разработана конструкция устройства, представляющая собой набор магнитов, расположенных с двух сторон контролируемой РТЛ одноименными полюсами навстречу друг другу, что позволяет получить необходимое поле намагничивания и практически исключить влияние зазора между РТЛ и магнитами.

По результатам исследований разработан дефектоскоп, выполняющий следующие функции: выявление дефектов тросов по всей длине РТЛ; выдачу дискретной и аналоговой информации о числе поврежденных тросов в поперечном сечении, длине контролируемого изделия и месте дефекта. Для повышения помехоустойчивости и точности контроля более чем в два раза селекция выходного сигнала датчика осуществляется с помощью синхронного детектора по амплитуде и фазе.

Для определения числа полностью оборванных тросов в поперечном сечении получены зависимости сигнала от числа оборванных тросов для разных диаметров тросов:

Формула 6

$$d = 5,1 \text{ мм}, U = 0,415 \cdot m - 0,056; D = 0,047; \sigma = 0,216;$$

$$d = 6,0 \text{ мм}, U = 0,412 \cdot m + 0,262; D = 0,048; \sigma = 0,219; \text{ исходя из которых мож-}$$

$$d = 8,25 \text{ мм}, U = 0,531 \cdot m + 0,411; D = 0,028; \sigma = 0,166,$$

но определить число оборванных тросов в поперечном сечении

Формула 7

$$d = 5,1 \text{ мм}, m = 2,1 \cdot U + 0,18,$$

$$d = 6,0 \text{ мм}, m = 2,4 \cdot U - 0,6,$$

$$d = 8,25 \text{ мм}, m = 1,9 \cdot U - 0,7.$$

Обрыв троса приводит не только к уменьшению поперечного сечения и, соответственно, агрегатной прочности, но и к возникновению концентрации напряжения в смежных тросах.

По результатам исследований предложен способ контроля прочности путем суммирования сигналов, пропорциональных повреждениям в предыдущих сечениях РТЛ, предварительно уменьшенных по законам изменения концентрации напряжения.

Величина напряжения в целых тросах, расположенных рядом с оборванными, будет пропорциональна сигналу, определяемому по следующему алгоритму

Формула 8

$$U = U_{\max} + \sum_{i=1}^{n-1} U_i \cdot \exp(-a_i \cdot x_i \cdot m_i),$$

а для учета влияния дефектов по ширине РТЛ и повышения точности контроля сигналы от дефектов, обнаруженных ранее, уменьшают по закону изменения поперечной концентрации напряжения

Формула 9

$$U_i = U_{\max} \cdot \left[ 1 + 0,3 \cdot m_i \cdot k_i \cdot \exp\left(-\frac{0,54}{l} \cdot z_i\right) \right]$$

Кроме обрывов тросов, связанных с коррозией и механическими воздействиями, снижение коэффициента запаса прочности связано с циклическими нагрузками от продольного изгиба в РТЛ на роликоопорах и барабанах в процессе эксплуатации.

Экспериментальные исследования усталостной долговечности РТЛ показали, что в нормальных условиях эксплуатации срок службы РТЛ может быть гарантирован не менее 5 лет, причем изменение коэффициента запаса прочности происходит по следующей зависимости

Формула 10

$$N = N_0 \cdot \exp\left(-\frac{0,223 \cdot t}{T}\right)$$

С целью повышения долговечности и обеспечения безаварийной эксплуатации путем максимального использования ресурса и планирования ремонтов по результатам контроля и с учетом усталостной нагрузки разработан алгоритм прогнозирования изменения фактического коэффициента запаса прочности. С учетом (см Формула 8), (см Формула 9), (см

мала 10), параметров РТЛ и конвейерной установки получена зависимость фактического запаса прочности от срока службы при разном числе оборванных тросов.

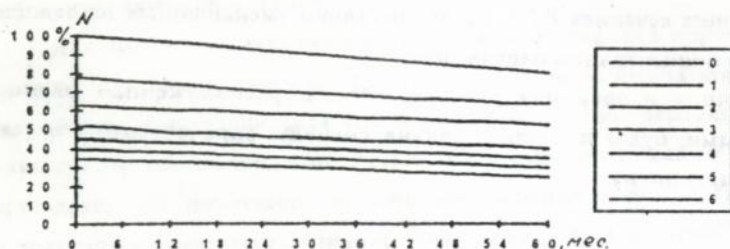


Рисунок 2. Зависимость коэффициента запаса прочности от срока службы и числа оборванных тросов.

Анализ зависимостей показал (см. Рисунок 2), что при числе оборванных тросов в поперечном сечении от 0 до 6 коэффициент запаса прочности к концу установленного срока службы снижается соответственно 20 и 71% от начального значения. Исходя из времени эксплуатации, фактического прочностного состояния, условий эксплуатации, рекомендована периодичность проведения контроля РТЛ:

Источниками экономической эффективности применения средств диагностики является:

- увеличение срока службы РТЛ;
- предупреждение внезапных поперечных обрывов.

С целью выдачи рекомендаций, направленных на устранение дефектов РТЛ и для их статистического учета, разработана классификация типовых дефектов.

Теоретические и прикладные результаты исследований легли в основу при разработке средств диагностики РТЛ, резинотросовых и стальных канатов, прутков, труб, стальных бортовых колец автомобильных, тракторных, самолетных и других шин.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена научно-техническая задача диагностики резиновых лент методом магнитной дефектоскопии, имеющая важное народно-хозяйственное значение.

Научное значение работы заключается в разработке методики определения фактического запаса прочности с учетом влияния концентрации напряжения, возникающей в целых тросах, смежных с поврежденными, и прогнозирование его изменения с учетом усталостной нагрузки.

Основные научные выводы и результаты работы заключаются в следующем:

1. Показано, что эффективность работы конвейерного промышленного транспорта в существенной мере зависит от надежности РТЛ, которая определяется прочностным состоянием. Многообразие параметров и условий эксплуатации конвейерных установок потребовало принятия нового подхода при определении прочностного состояния РТЛ.
2. Исследованиями установлено, что уменьшение прочности РТЛ, а, следовательно, и срока их службы, происходит за счет обрыва тросов, концентрации напряжения и усталостной нагрузки.
3. В качестве информационных признаков дефекта тросов целесообразно использовать максимум  $H_x$  магнитного поля дефекта и проводимость между тросами. Для повышения помехозащищенности и точности контроля селекция выходного сигнала осуществляется по амплитуде и фазе.
4. Для интегральной оценки дефектов в поперечном сечении разработан многоферрозондовый преобразователь с шагом расположения феррозондов, обеспечивающим постоянную чувствительность вдоль его длины.
5. По результатам исследований предложен способ контроля прочности путем суммирования сигналов, пропорциональных

повреждениям в предыдущих сечениях РТЛ, предварительно уменьшенных по законам изменения концентрации напряжения.

6. Для повышения долговечности РТЛ на 20 % и обеспечения безаварийной работы конвейеров разработан алгоритм прогнозирования изменения фактического запаса прочности РТЛ в зависимости от срока их службы и числа оборванных тросов.
7. С целью выдачи рекомендаций, направленных на устранение дефектов РТЛ и для их статистического учета, разработана классификация типовых дефектов.
8. Основные теоретические и прикладные результаты диссертационной работы использованы при разработке средств диагностики РТЛ и канатов и внедрены на промышленных предприятиях и в учебном процессе Восточноукраинского государственного университета.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Евтухов Ю.Г., Капуста Л.В., Усачева Р.Г. Контроль целостности металлической основы резинотросовой ленты при помощи магнитомодуляционного датчика // Новые средства автоматизации для угольной промышленности.- К.: Техніка, 1964. - с.99-103.
2. Компаниец Л.И., Евтухов Ю.Г., Капуста Л.В. Устройство контроля целостности тросов конвейерных лент типа УКЦГ-1 // Горные машины и автоматика -М.,1966;вып. 3/72/с.34-37.
3. Евтухов Ю.Г., Компаниец Л.И., Капуста Л.В. и др. Автоматический контроль состояния металлокорда лент мощных конвейеров //Новые средства автоматизации для угольной промышленности.- К.,1967.- с.56-61.
4. Евтухов Ю.Г., Капуста Л.В., Плескачевский А.И. и др. Автоматический контроль состояний тросовой основы конвейерных лент //Автоматизация и механизация в промышленности. 1968, N2.

5. Котов М.А., Евтухов Ю.Г., Капуста Л.В. и др. Промышленные испытания устройства УКЦТ-1 // Горные машины и автоматика. 1969, N1
6. Евтухов Ю.Г., Капуста Л.В., Яковенко В.В. Феррозондовый контроль прочности армированных стальными тросами лент // Электромагнитные методы контроля качества материалов и изделий. Тез. докл. I Всесоюзн. межвуз. конф. М., 1972- с.121-123.
7. Евтухов Ю.Г., Капуста Л.В., Котов М.А. и др. Автоматизация контроля прочности плоских армированных изделий // Дефектоскопия, 1975, N3.-с.95-100.
8. Евтухов Ю.Г., Капуста Л.В., Евтеева Л.П. Прогнозирование прочностного состояния резиновых лент // Достижение и перспективы развития технической кибернетики. Тез. докл. 3 Всесоюзн. межвуз. конф. Киев, 1975.- с.71-74.
9. Евтухов Ю.Г., Евтеева Л.П., Капуста Л.В. Интегральная оценка влияния дефекта на прочность плоских изделий при магнитной дефектоскопии // Неразрушающие физические методы и средства контроля. Тез. докл. УШ Всесоюзн. конф. Кишинев, 1977.
10. Евтухов Ю.Г., Капуста Л.В., Ульшин В.А. и др. Контроль прочности резиновых лент и канатов с оперативной обработкой информации на ЭВМ. // Сборник трудов института ГУА, 1977.
11. Губин П.Ф., Капуста Л.В. Опыт эксплуатации и контроля резиновых лент // Информационный листок N 163-76, МЦТ НТИИП Свердловск, 1975.
12. Губин П.Ф., Капуста Л.В. Повышение эффективности эксплуатации резиновых уравновешивающих канатов шахтных подъемных установок // Бюл. научно-техн. информации ЦНИИ и ТЭИИ МЧМ СССР. Выпуск 1, 1980. - с.21-23.

13. Капуста Л.В., Трегубов В.А. К определению оптимального числа и расположения единичных феррозондовых преобразователей // Дефектоскопия, 1982, №8. - с. 44-47.
14. Авт. свид 281874 /СССР/. Способ контроля прочности армированного металлическими тросами изделия // Евтухов Ю.Г., Компаниец Л.И., Капуста Л.В. и др. Оpubл. в Б.И. №29, 1970.
15. Авт. свид. 402796 /СССР/. Устройство для контроля прочности армированного металлическими тросами изделия // Евтухов Ю.Г., Довженко В.П., Капуста Л.В. и др. Оpubл. в Б.И. №42, 1973.
16. Авт. свид. 371475 /СССР/. Прибор для измерения твердости // Евтухов Ю.Г., Яковенко В.В., Капуста Л.В. и др. Оpubл. в Б.И. №12, 1973.
17. Авт. свид. 413943 /СССР/. Дефектоскоп для контроля оборванных проволок в стальных канатах // Евтухов Ю.Г., Капуста Л.В., Довженко В.П. и др. Оpubл. в Б.И. №22, 1975.
18. Авт. свид. 557312 /СССР/. Устройство для контроля изделий, армированных металлическими тросами // Капуста Л.В., Евтухов Ю.Г., Смирный М.Ф. и др. Оpubл. в Б.И. №17, 1977.
19. Авт. свид. 584239 /СССР/. Способ контроля прочности изделия, армированного металлическими тросами // Капуста Л.В., Евтухов Ю.Г., Котов М.А. и др. Оpubл. в Б.И. №46, 1977.
20. Авт. свид. 1177137 /СССР/. Многоэлементный преобразователь к магнитному дефектоскопу // Капуста Л.В., Синельников А.В. Оpubл. в Б.И. №33, 1985.
21. Авт. свид. 1295317 /СССР/. Способ контроля протяженных ферромагнитных изделий // Капуста Л.В., Марченко С.Ю., Рогачева Н.И. Оpubл. в Б.И. №9, 1987.

22. Авт. свид. 932390 /СССР/. Электромагнитный дефектоскоп // Капуста Л.В., Голдованский В.В., Сушков Л.Н. и др. Опубл. в Б.И. N20, 1982.
23. Авт. свид. 1112937 /СССР/. Цифровой коэрцитиметр // Капуста Л.В., Смирный М.Ф., Коржавин Г.А. и др. Опубл. в Б.И. N6, 1992.
24. Капуста Л.В., Топоровский Л.П., Петров И.А. Многопараметровый метод неразрушающего контроля плоских резинотросовых канатов // Электромагнитные методы контроля качества материалов и изделий. Тез. докл. IV Всесоюзн. межвуз. конф. Омск, 1983.
25. Капуста Л.В. Дефектоскоп плоских резинотросовых канатов ДРТК-1. Техн. условия ТУ14-18-068-88. Луганск, 1988. - с. 43.
26. Капуста Л.В., Кононов Г.С. Дефектоскоп плоских резинотросовых канатов ДРТК-1// Информ. листок И16-94/Р.ЦНТИ. Луганск, 1993.
27. Додгих В.К., Евтухов Ю.Г., Капуста Л.В. и др. Магнитный контроль прочности резинотросовых конвейерных лент // Методы контроля качества материалов и изделий без разрушения. Тез. докл. V Всесоюзн. конф. Свердловск, 1967. - с.91-92.
28. Крицкий А.Г., Смирный М.Ф., Капуста Л.В. Высокопроизводительный цифровой феррозондовый коэрцитиметр ФК-1// Дефектоскопия, 1992, N12. -с. 53-57.
29. Авт. свид. 498643 /СССР/. Способ магнитного контроля глубины отбела литейных проб // Евтухов Ю.Г., Голдованский В.В., Капуста Л.В. и др. Опубл. в Б.И. N1, 1974.
30. Капуста Л.В. Применение многопараметрового метода для контроля канатов в процессе эксплуатации // Современные методы и средства неразрушающего контроля. Тез. докл. всесоюзн. конф. Москва, 1991.

## АННОТАЦИЯ

Капуста Л.В. Диагностики резиновых лент конвейерных установок промышленного транспорта методом магнитной дефектоскопии.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.12 - промышленный транспорт. Восточно-украинский государственный университет, Луганск, 1996.

Защищается 25 научных работ и 15 авторских свидетельств на изобретения, которые содержат теоретические и экспериментальные исследования диагностики резиновых лент методом магнитной дефектоскопии. Установлено, что уменьшение прочности лент связано с числом оборванных тросов, концентрацией напряжения и усталостной нагрузкой.

Осуществлено промышленное внедрение разработанных средств диагностики, приводятся данные об их эффективности в процессе эксплуатации.

## ANNOTATION

Kapusta L.V. The diagnostics of the rubber-rope band sets in the material-handling equipment by means of the magnetic-field testing.

The tesis for a candidate of engineering degree on speciality 05.22.12 - material-handling equipment. East-Ukrainian State University, Lugansk, 1996.

25 scientific works and 15 author's certificates on the inventions are maintained. They are contain theoretical and experimental researches on the diagnostics of the rubber-rope band sets in the material-handling equipment by means of the magnetic-field testing.

It is determined that the decreasing of the rope strength connected with the number of broken ropes, concentration of voltage and resistive load. The industrial introduction of the invented devices, diagnostics is made, the summarised data of the efficiency in production is given in the paper.

Ключові слова: промисловий транспорт, конвейер, гумотросова стрічка, діагностика, магнітна дефектоскопія, міцність, концентрація напруги, прогнозування.

AB 22 802

Подписано к печати 8.10.1996. Формат 60x84, I п.л.  
Тираж 100 экз. Заказ 579

.....  
Ротапринт ЗТУ. 348034, г.Луганск, кв.Молодежный, 20а

441534

AB 35.865

AB. 35.865

ANNOTATION

ANNOTATION