

## ИЗСЛЕДВАНЕ СЪСТОЯНИЕТО НА ТОВАРОПОДЕМНИ ВЪЖЕТА ЧРЕЗ БЕЗРАЗРУШИТЕЛЕН КОНТРОЛ

Красимир Кръстанов

[kkrastanov@vtu.bg](mailto:kkrastanov@vtu.bg)

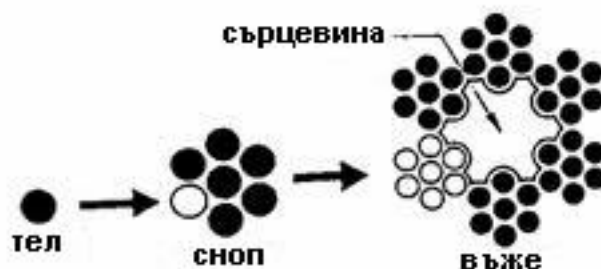
**ВТУ „Т.Каблешков“, ул. Гео Милев № 158  
БЪЛГАРИЯ**

**Ключови думи:** товароподемни въжета, безразрушителен контрол, изследване

**Резюме:** Стоманените въжета са сред най-натоварените елементи на подемните съоръжения. Работното усилие, разпределено между много телчета гарантира висока сигурност и надеждност на въжетата. Задачите за прогнозиране и оценка на ресурса на товароподемните въжета имат вероятостен характер. В статията е изследван остатъчният ресурс на стоманени въжета интензивно експлоатирани в минодобив при различни атмосферни условия, използвани за манипулиране на товари.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Товароподемните въжета са важен елемент от всеки подемен механизъм. Те са подложени на износвания по време на работа от действието на различни сили, различни атмосферни влияния и много често на корозия. Животът на тези въжета е ограничен и безопасността им при експлоатация трябва да се осигурява само чрез проверка за откриване на прекъсвания или вътрешни дефекти на въжето по дължина, загуба на напречно сечение, както и други износвания, така че да може да се замени въжето своевременно, преди да настъпи дадена опасна ситуация за съответния механизъм.



Фиг.1 Структура на товароподемните въжета

Механизмите трябва да бъдат проектирани така, че да улесняват проверката на въжетата [1].

Основната причина за преждевременната повреда на въжетата е механичното увреждане:

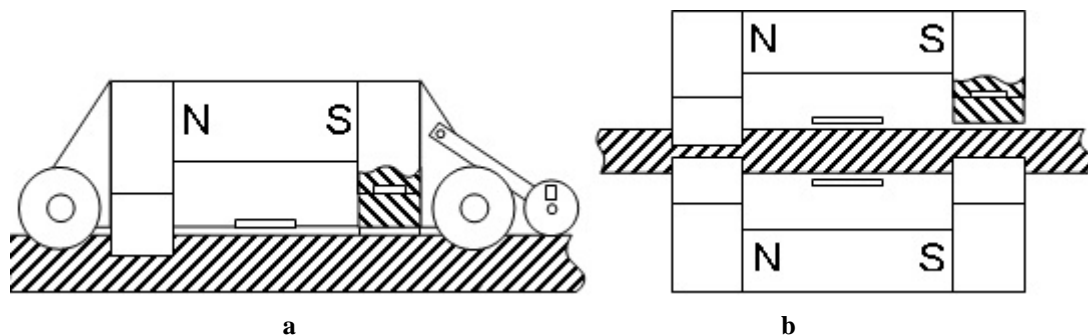
въжета от барабани (до 50% от случаите), въжета на ролковите блокове (до 25% от случаите), повреди, причинени от не вертикална позиция на въже (до 10%), претоварване на крана (до 10%). Проучванията показват, че експлоатационният живот на въжето се увеличава, ако въжето е системно смазано с 15 ... 40%, отколкото при несмазаните въжета.

Безразрушителните методи за контрол позволяват да се провери качеството на дадено товароподемно въже и наличието на дефекти в него без това да наруши неговата цялост и пригодност както от физико-механична така и от структурна гледна точка. Правилната диагностика на въжетата дава възможност да се спестят доста финансови средства от смяната им.

Най-ефективни са ултразвукови електромагнитни методи за мониторинг на състоянието на стоманените въжета.

### ОПИСАНИЕ НА ИЗПОЛЗВАНАТА АПАРАТУРА ЗА КОНТРОЛ

В зависимост от вида на изследваното товароподемно въже, което трябва да се контролира, и от механизма, в който се използва, конструкцията на уреда за безразрушителен контрол чрез използване на магнити може да бъде различна (фиг.2, а за товароподемни въжета с двойно въже, б за въжета използвани във въжени линии) [3].



Фиг.1 Варианти на дизайна на магнитния сензор на дефектоскоп

Най-често магнитните дефектоскопи предоставят възможност за откриване на повреди на стоманени въжета, като например загуба на метална секция (PMS) - причинена от износване или корозия, както и дефекти като локален дефект (LD) - скъсване на стоманени телчета.

За да се идентифицират дефекти от типа LD, се използва надлъжно магнитизиране на участъка от стоманеното въже, което води до увеличаване на интензивността на разсейващите потоци над местоположението на дефекта, дължащо се на преразпределението на магнетизиращия поток.

За да се контролират геометричните параметри на металните обекти, може да се използва и методът за контрол на вихрови токове. Предимството му е, че изследването може да се извърши при липса на контакт между сензора и въжето - безконтактно. Поради това може да се извърши тестване с вихрови токове, докато въжето се движи спрямо сензора, а скоростта на движение по време на производствения контрол може да бъде значителна, което гарантира висока ефективност на управлението. Получаването на основна информация под формата на електрически сигнали, липсата на контакт и висока производителност определят широките възможности на автоматизацията на наблюдението на вихрови токове.

За изследването в настоящата разработка е използван уред Huatec HRD-100 със следните параметри:

- Захранване: 220 V  $\pm$  10%
- Работна температура: -20 °C ~ 40 °C
- Температура на съхранение: -40 °C ~ 60 °C

- Относителна влажност:  $\leq 90\% \text{ RH}$
- Диаметър на изследваните въжета –  $\varnothing 1.0\text{-}300 \text{ mm}$
- Относителна скорост между сензора и теленото въже -  $0.3 \div 1.5 \text{ m/s}$



Фиг.3 Общ вид на уреда Nuatec HRD-100

### ОСТАТЪЧЕН РЕСУРС НА ТОВАРОПОДЕМНИ ВЪЖЕТА

Предсказването на текущия индивидуален въжен ресурс при определени условия изисква периодично наблюдение на неговото състояние и оценка на носещата способност според наличната диагностична информация.

Диагностичните индикатора (износване или корозия, както и скъсване на стоманени телчета) могат да се използват като входни параметри на модела на структурното механично въже. Механичното изчисляване на въже с такива дефекти позволява:

- да проследява промяната в якостта на въжето по време на работа;
- да се идентифицират зоните на опасно натрупване на дефекти с възможни огнища на разрушаване;
- да планира времето за проверка и да оцени оставащия живот на въжето въз основа на анализ на средната степен на натрупване на щети;
- да се определи общият индекс на отхвърляне под формата на минимален коефициент на безопасност (оцеляване) на въже с дефекти.

Най-често определянето на очаквания ресурс за експлоатация за дадено въже в месеци (или тонове преработен товар) може да стане по формулата:

$$(1) \quad T_{\text{расч.}} = T_{\text{ср.}} \cdot K_{\sigma} \cdot K_{\text{пв}} \cdot K_Q / K_{\text{вр}} \cdot K_t$$

където:

$T_{\text{ср.}}$  - средна номинална продължителност на експлоатация на въжето (живот на въжето);

$K_{\sigma}$  е коефициент, който взема предвид ефекта от ограничението на здравината на въжето от трайността му;

$K_{\text{пв}}$  е коефициент, който отчита влиянието върху живота на съответното въже от продължителността на работа на механизма за повдигане;

$K_Q$  е коефициент, който отчита въздействието върху издръжливостта от натоварване на въжето;

$K_{\text{вр}}$  е коефициент, който взема под внимание влиянието върху дълготрайността на експлоатация на въжето от продължителността на неговата експлоатация;

$K_t$  е коефициент, който отчита ефекта върху живота на въжето на отрицателните температури. Стойностите на коефициента  $K_t$  зависят от марката въже и температурата [2] :

Таблица 1

Марка на въжето	В	І	ІІ
Температура - 25...- 40 °С	1,1	1,3	1,5
Температура - 40...- 60 °С	1,5	2,0	2,5

Моделите за оценка на ресурса могат да се систематизират в две категории: обща дълготрайност и нарастване на пукнатини. При моделите от първата група се определя времето до настъпване на повреждане без да се разглежда начинът за неговото достигане. Тези модели са доста консервативни, което осигурява необходимата надеждност и безопасност.

За разлика от първата група модели, при моделите от втората група се допуска наличието на дефекти (пукнатини) в въжетата и целта е да се следи тяхното развитие. Тези модели са предназначени за конструкции на въжетата, проектирани за експлоатация с допустимо повреждане, при което елементите се снемат от експлоатация преди пукнатините да достигнат критичен размер. Извършва се локален еласто-пластичен анализ, на базата на моделиране нарастването на пукнатините, като се използва историята на напреженията (натоварванията), действащи в опасни точки от въжето (например, местата на зараждане на пукнатини или точките, в които действащите напрежения са максимални). Съвременните достижения и напредъкът при сензорните технологии позволяват да се осъществи определено ниво на мониторинг на зараждането и развитието на пукнатините [5]. Ефективността на този подход се ограничава от факта, че в повечето случаи не е възможно да се осъществят директни измервания, поради крайно неблагоприятните условия при експлоатация на въжетата.

След като се открие наличие на пукнатини, оценката на полезния остатъчен ресурс на въжето се извършва вече на базата на следене и прогнозиране развитието на износването. Тази функционалност на представения обобщен подход осигурява защита от разрушаване преди достигане на определения при проектирането им гарантиран ресурс и спомага за повишаване на надеждността и безопасността при работа на товароподемните въжета.

Стоманените въжета на повдигателните съоръжения съгласно по чл. 2, ал. 1, т. 5 от Наредба за безопасна експлоатация и технически надзор на повдигателни съоръжения се бракуват, ако броят на видимите скъсани телчета е повече от определения съгласно таблицата за която и да е дължина на проверявания участък [6].

Таблица 2

Дължина на участъка	3d	6d	30d
Брой на скъсаните телчета в участъка	4	6	8

където: d- диаметър на въжето

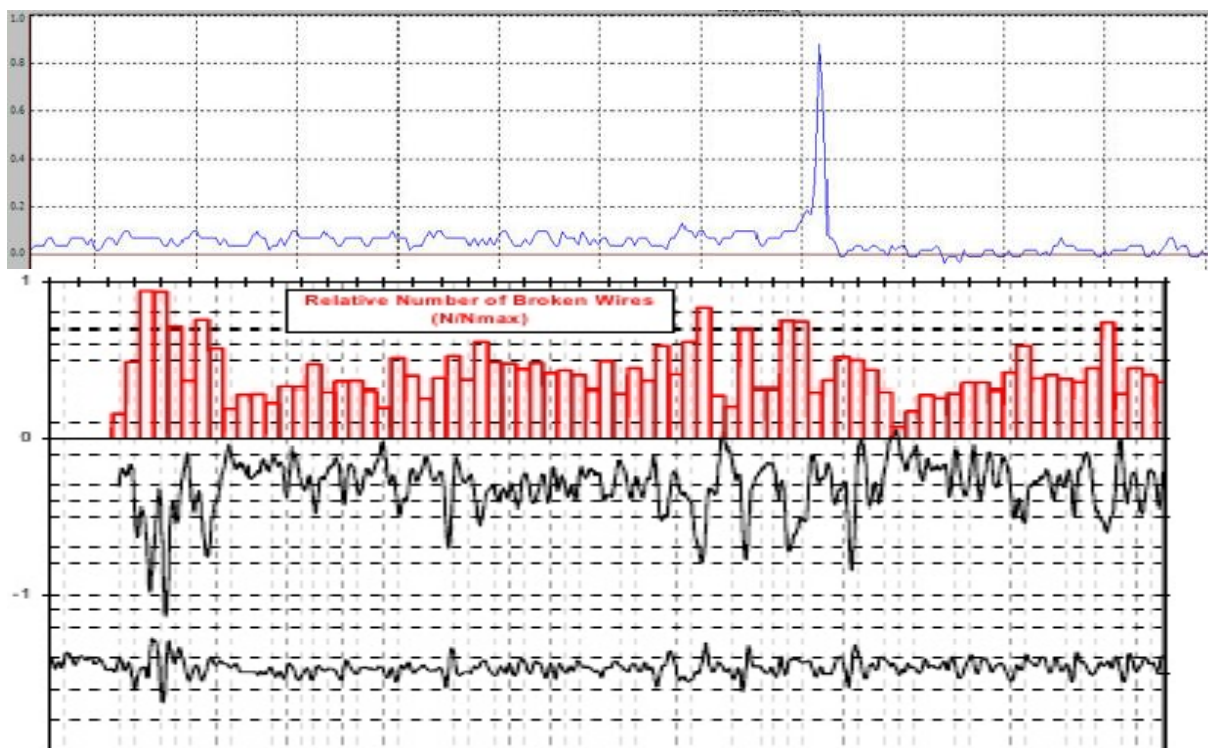
Предмет на изследване са въжета стоманени интензивно експлоатирани в минодобив при различни атмосферни условия, използвани за манипулиране на товари.

Въже 1 с максимално натоварване на което може да бъде подложено по време на работа от 2,8 t, с дължина -  $L=1,5$  m и диаметър на въжето -  $d_w = 18$  mm;

Въже 2 е с максимално натоварване на което може да бъде подложено по време на работа от 4,2 t, с дължина -  $L=1,5$  m и диаметър на въжето -  $d_w = 22$  mm;

Въже 3 е с максимално натоварване на което може да бъде подложено по време на работа от 2 t, с дължина -  $L=8$  m и диаметър на въжето -  $d_w = 14$  mm;

Въже 4 е с максимално натоварване на което може да бъде подложено по време на работа от 6 t, с дължина -  $L=2$  m и диаметър на въжето -  $d_w = 22$  mm.



Фиг.4 Резултати от изследването с уред за контрол

Получените резултати при извършване на контрола показват, че изследваните въжета не са в добро техническо състояние и не са годни за експлоатация. Те не отговаря на изискванията на Наредба за безопасната експлоатация и техническия надзор на повдигателни съоръжения /НБЕТНПС/ и след проведеното измерване с уред за безразрушителен контрол не може и не следва да бъдат експлоатирани. В голяма част от тях има наличие на над 66 % скъсани телчета и повреди в сърцевината на въжето, има и скъсани нишки и дълбоки износвания.

С цел безопасност при работа те не следва да се използват и се препоръчва въжетата да бъдат изведени от експлоатация и да бъдат бракувани и подменени с нови.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Feyrer, K.: Wire Ropes, Tension, Endurance, Reliability. Springer Berlin, Heidelberg, New York 2007. ISBN 3-540-33821-7
- [2] Д.Н. Теремов, Д.С.Гмызов, Д.В.Зорин , Канаты грузоподъемных устройств и подъемных сооружений, МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ИННОВАЦИОННАЯ НАУКА» №4/2016 ISSN 2410-6070
- [3] Павленко А.В., Короткий А.А., Пузин В.С., Хальфин М.Н., Медведев В.В., Щучкин Д.А.Устройства для неразрушающего контроля состояния стальных канатов, 2015
- [4] Ковалев О.Ф. Численно-экспериментальные методы моделирования магнитных и температурных полей в электромагнитных устройствах. Дисс. на соиск. уч. ст. д.т.н. – Новочеркасск, 2001. 425 с.
- [5] Воронцов А.Н., Д.А.Слесарев, В.Ю.Волоховский, Прогнозирование индивидуального ресурса стальных канатов, Безопасность труда в промышленности, N 12, 2009
- [6] Наредба за безопасна експлоатация и технически надзор на повдигателни съоръжения, ДВ. Бр.88 от 24 октомври 2014 г.

# STUDY OF THE CONDITION OF WIRE ROPES THROUGH NON-DESTRUCTIVE CONTROL

**Krasimir Krastanov**

[kkrastanov@vtu.bg](mailto:kkrastanov@vtu.bg)

*Todor Kableshkov University of Transport,  
158 Geo Milev Street, Sofia 1574,  
BULGARIA*

**Key words:** *lifting ropes, nondestructive control, research*

**Abstract:** *Steel ropes are among the most loaded lifting gear components. Non-destructive control methods make it possible to verify the quality of a rope and the presence of defects in it without disturbing its integrity and suitability both physico-mechanical and structural. Multi-stacked work effort ensures high security and reliability of the ropes. The resource assessment models can be grouped into two categories: total durability and crack growth. For models in the first group, the time is determined until damage occurs without considering how to reach it. These models are quite conservative, providing the necessary reliability and safety.*

*After the presence of cracks is detected, the evaluation of the useful residual resource of the rope is already carried out on the basis of monitoring and forecasting the development of the wear.*

*Predicting the current individual rope resource under certain conditions requires periodic monitoring of its condition and assessment of the carrying capacity according to the available diagnostic information.*

*Diagnostic indicators (wear or corrosion, as well as rupture of steel staples) can be used as input parameters of the structural mechanical rope model.*

*The mechanical calculation of a rope with such defects allows:*

- to track the change in rope strength during work;*
- Identify areas of hazardous accumulation of defects with possible breakdowns;*
- plan the verification time and estimate the remaining life of the rope based on an analysis of the average degree of damage accumulation;*
- to define the overall rejection index in the form of a minimum safety factor (survival) of a rope with defects.*

*Once cracks are detected, the evaluation of the useful residual resource of the rope is already performed on the basis of monitoring and predicting the development of wear. This functionality of the summarized approach provides protection against destruction prior to reaching the design-defined guaranteed resource and helps to increase the reliability and safety of the load-lifting ropes.*

*The task of forecasting and assessing the resource of the rope is of a probabilistic nature. The article explores the residual resource of steel ropes intensively exploited in mining under different atmospheric conditions used for cargo handling.*