

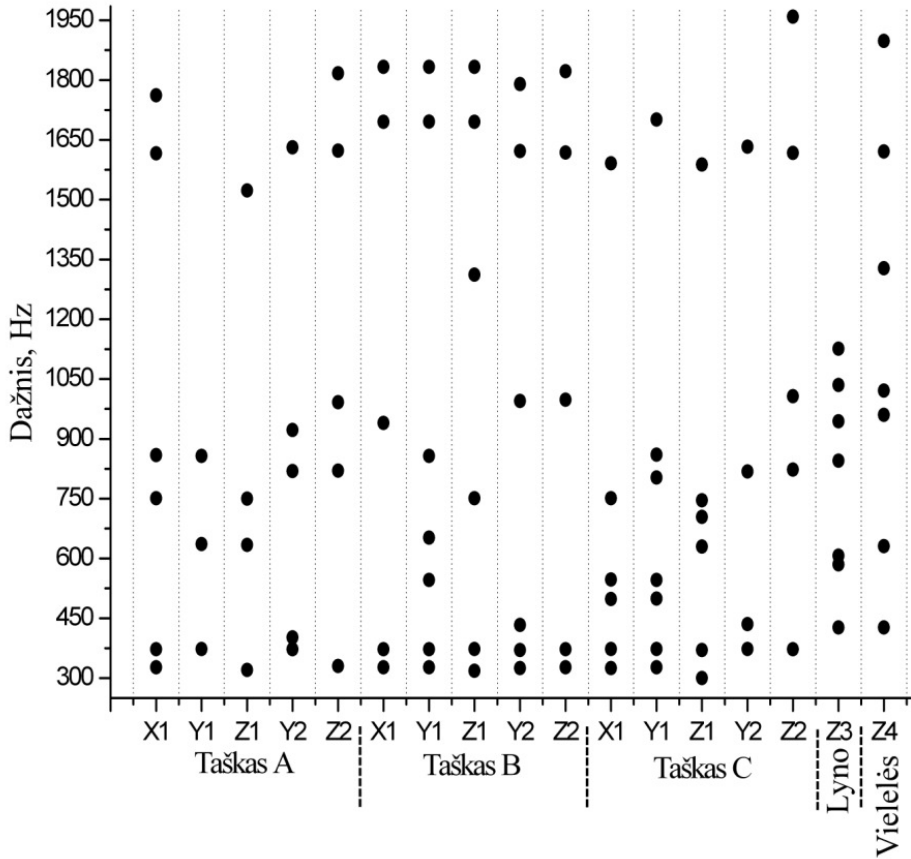
---

# Priedai

## A priedas. Eksperimentinių tyrimų rezultatai

Šiame priede pateikta papildomi matavimų rezultatai, kurie aptariami 3 darbo dalyje.

Stendo lyno laikiklių, lyno ir nutrūkusios vielos dominuojančių dažnių reikšmės, sužadinus stovą smūginiu žadinimu taškuose A, B, C ir išmatavus lyno laikiklių amplitudes  $x$ ,  $y$ ,  $z$  kryptimis, taip pat sužadinus įtemptą lyną smūginiu žadinimu  $y$  kryptimi ir išmatavus įtempto lyno ir nutrūkusios vielos amplitudes  $z$  kryptimi, pateiktos 1A paveiksle (Taškas A – stovas žadinimas  $x$  ašimi; Taškas B – stovas žadinamas  $y$  ašimi; Taškas C – stovas žadinamas  $z$  ašimi; X1, Y1, Z1 – koordinačių ašimis kairiojo lyno laikiklio dominuojantys dažniai; Y2, Z2 – koordinačių ašimis dešiniojo lyno laikiklio dominuojantys dažniai; Z3, Z4 – atitinkamai  $z$  koordinačių ašimi lyno ir nutrūkusios vielos dominuojantys dažniai; taškai reiškia atitinkama kryptimi išmatuotų dominuojančių dažnių reikšmės).



**1 A. pav.** Stendo, lyno ir 10 mm ilgio vielos dominuojantys dažniai  
**Fig. 1 A.** Dominant frequency of test rig body, wire rope and 10 mm long broken wire

## B priedas. Statinės lyno laikiklių virpesių amplitudžių skaitinės reikšmės

Šiame priede pateikta statinės išmatuotų stendo lyno laikiklių virpesių amplitudžių skaitinės reikšmės, sužadinus stovą smūginiu žadinimu taškuose A, B, C ir išmatavus lyno laikiklių amplitudes  $x$ ,  $y$ ,  $z$  kryptimis.

Statinės išmatuotų lyno laikiklių virpesių amplitudžių skaitinės reikšmės, gautos sužadinus stovą taške A dinaminio plaktuku išilgine ( $x$  ašimi) stovo kryptimi, pateiktos 1B lentelėje

**1B lentelė.** Statinės lyno laikiklių virpesių amplitudžių skaitinės reikšmės  
**Table 1B.** Statistical characteristics of the rope support vibrations

Matavimo kryptis	Statistiniai parametrai					
	Aritmetinis vidurkis $\bar{x}$ , mm	Standartinis nuokrypis $S_x$ , mm	Standartinis vidurkio nuokrypis $S_{\bar{x}}$ , mm	Mažiausia reikšmė $x_{min}$ , mm	Didžiausia reikšmė $x_{max}$ , mm	Sklaida, mm
Lyno kairiojo laikiklio (žadinamas $A_x$ stovas)						
Skersinė	- 5,95 E-5	0,18	1,38 E-3	- 2,50 E-3	2,58 E-3	5,07 E-3
Išilginė	8,18 E-5	0,08	6,60 E-4	- 2,60 E-3	2,29 E-3	4,88 E-3
Vertikali	1,09 E-4	0,19	1,47 E-3	- 5,03 E-3	4,53 E-3	9,56 E-3

1B lentelės pabaiga

Matavimo kryptis	Statistiniai parametrai					
	Aritmetinis vidurkis $\bar{x}$ , mm	Standartinis nuokrypis $S_x$ , mm	Standartinis vidurkio nuokrypis $S_{x_y}$ , mm	Mžiausia reikšmė $x_{min}$ , mm	Didžiausia reikšmė $x_{max}$ , mm	Skilaida, mm
Lyno dešiniojo laikiklio (žadinamas $A_x$ stovas)						
Skersinė	-2,15 E-3	0,14	1,11 E-3	-4,36603	3,28 E-3	7,64 E-3
Vertikali	2,72 E-3	0,84	6,53 E-3	-228,9E-3	17,94 E-3	40,83 E-3

Statistinės išmatuotų lyno laikiklių virpesių amplitudžių skaitinės reikšmės, gautos sužadinus stovą taške  $B$  dinaminiu plaktuku skersine ( $y$  ašimi) stovo kryptimi, pateiktos 2B lentelėje.

**2B lentelė.** Statistinės lyno laikiklių virpesių amplitudžių skaitinės reikšmės  
**Table 2B.** Statistical characteristics of the rope support vibrations

Matavimo kryptis	Statistiniai parametrai					
	Aritmetinis vidurkis $\bar{x}$ , mm	Standartinis nuokrypis $S_x$ , mm	Standartinis vidurkio nuokrypis $S_{x_y}$ , mm	Mžiausia reikšmė $x_{min}$ , mm	Didžiausia reikšmė $x_{max}$ , mm	Skilaida, mm
Lyno kairiojo laikiklio (žadinamas $B_y$ stovas)						
Skersinė	9,48 E-5	0,11	8,33 E-4	-2,24 E-3	2,65 E-3	4,89 E-3

2B lentelės pabaiga

Matavimo kryptis	Statistiniai parametrai					
	Aritmetinis vidurkis $\bar{x}$ , mm	Standartinis nuokrypis $S_x$ , mm	Standartinis vidurkio nuokrypis $S_{x_3}$ , mm	Mažiausia reikšmė $x_{min}$ , mm	Didžiausia reikšmė $x_{max}$ , mm	Skilaida, mm
Lyno kairiojo laikiklio (žadinamas $B_y$ stovas)						
Išilginė	2,42 E-4	0,11	8,85 E-4	-2,95 E-3	2,66 E-3	5,61 E-3
Vertikali	-1,08 E-4	0,14	1,05 E-3	-2,83 E-3	3,23 E-3	6,06 E-3
Lyno kairiojo laikiklio (žadinamas $B_y$ stovas)						
Skersinė	5,63 E-3	0,09	7,18 E-4	-1,66 E-3	2,66 E-3	4,32 E-3
Vertikali	-1,30 E-3	0,42	3,28 E-3	-9,33 E-3	9,57 E-3	18,90 E-3

Statistinės išmatuotų lyno laikiklių virpesių amplitudžių skaitinės reikšmės, gautos sužadinus stovą taške  $C$  dinaminiu plaktuku vertikalia ( $z$  ašimi) stovo kryptimi, pateiktos 3B lentelėje.

**3B lentelė.** Statistinės lyno laikiklių virpesių amplitudžių skaitinės reikšmės  
**Table 3B.** Statistical characteristics of the rope support vibrations

Matavimo kryptis	Statistiniai parametrai					
	Aritmetinis vidurkis $\bar{x}$ , mm	Standartinis nuokrypis $S_x$ , mm	Standartinis vidurkio nuokrypis $S_{\bar{x}}$ , mm	Mažiausia reikšmė $x_{min}$ , mm	Didžiausia reikšmė $x_{max}$ , mm	Sklaida, mm
Lyno kairiojo laikiklio (žadinamas $C_z$ stovas)						
Skersinė	-5,47 E-3	91,15 E-3	7,12 E-4	-1,66 E-3	2,05 E-3	3,71 E-3
Išilginė	-6,03 E-4	55,85 E-3	4,36 E-4	-1,46 E-3	1,45 E-3	2,91 E-3
Vertikali	6,25 E-3	77,58 E-3	6,06 E-4	-2,01 E-3	1,79 E-3	3,79 E-3
Lyno dešiniojo laikiklio (žadinamas $C_z$ stovas)						
Skersinė	1,10 E-3	0,059	4,61 E-4	-1,20 E-3	1,21 E-3	2,40 E-3
Vertikali	-1,20 E-3	0,23	0,0018	-4,92 E-3	4,52 E-3	9,44 E-3

## C priedas. Patentai „Plieninio lyno kokybės diagnostikos būdas ir įranga“



### DOCUMENT MADE AVAILABLE UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

International application number:	PCT/LT2012/000001
International filing date:	16 March 2012 (16.03.2012)
Document type:	Certified copy of priority document
Document details:	Country/Office: LT
	Number: 2011 092
	Filing date: 13 October 2011 (13.10.2011)
Date of receipt at the International Bureau:	18 April 2012 (18.04.2012)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a),(b) or (b-bis)



LIETUVOS RESPUBLIKOS VALSTYBINIS PATENTŲ BIURAS  
STATE PATENT BUREAU OF THE REPUBLIC OF LITHUANIA

## PATENTAS Patent

Nr. 5962

Šis dokumentas patvirtina, kad vadovaujantis Lietuvos Respublikos patentų įstatymu išradimas, nurodytas pridedamame patento aprašyme, yra įrašytas į Lietuvos Respublikos patentų registrą.

It is hereby certified that following the Patent Law of the Republic of Lithuania the invention as outlined in the attached Patent Specification has been entered into the Register of Patents of the Republic of Lithuania.

Išdavimo data 2013 09 25, Vilnius  
Date of issue



Direktorius  
Director

A handwritten signature in black ink, appearing to read "R. Naujokas".

Rimvydas Naujokas



(10) **LT 5962 B**(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

- (11) Patento numeris: **5962** (51) Int. Cl. (2013.01): **G01N 27/00**
- (21) Paraiškos numeris: **2011 092**
- (22) Paraiškos padavimo data: **2011 10 13**
- (41) Paraiškos paskelbimo data: **2013 04 25**
- (45) Patento paskelbimo data: **2013 09 25**
- (62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —
- (85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —
- (30) Prioritetas: —
- (72) Išradėjas:  
**Vytautas Kazimieras AUGUSTAITIS, LT**  
**Vytautas BUČINSKAS, LT**  
**Ernestas ŠUTINYS, LT**
- (73) Patento savininkas:  
**Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, LT**
- (74) Patentinis patikėtinis/atstovas:  
**Vytautas EINORIS, Gerbutavičiaus g. 1/42-155, LT-04318 Vilnius, LT**

(54) Pavadinimas:

**Plieninio lyno kokybės diagnostikos būdas ir įranga**

(57) Referatas:

Išradimas skirtas įvairių kėlimo įrenginių lynų patikimumui diagnozuoti. Išradimo tikslas - sukurti naują ir palyginti nesudėtingą neardomosios plieninių lynų kokybės kontrolės būdą bei numatyti jo panaudojimui reikalingą nestandartinę įrangą. Pasiūlytas būdas yra paremtas vienu galu atitrūkusiu nuo šio lyno paviršiaus vielų galų nustatymu. Dėl to lyną įtempia pastovia išilgine apkrova, vibratoriumi sužadina taip įtempto lyno atkarpos skersinius virpesius, kurie pereina į lyno skersinius - sukamuosius virpesius. Atitrūkusių vielų galų virpesius matuoja jutikliu ir apdorojant jo signalus nustato tokių vielų galų buvimą ir padėtį lyne. Lyno virpesius sukeliantį vibratorių ir virpesių jutiklį montuoja specialiam įtvarė, kuris nejudamai tvirtinamas prie lyno ir atskiria lyno atkarpą, kurioje sukeliami virpesiai, o jutiklis sienka išilgai tiriamo lyno atkarpos, arba atvirkščiai, lynas pratraukiamas išilgai jutiklio kitu atveju. Tą patį kartojta kitose lyno atkarpose.

**LT 5962 B****1. Technikos sritis, kuriai skiriamas išradimas**

Išradimas skirtas kėlimo įrenginių, pavyzdžiui, funikulierių, slidinėjimo trasų keltuvų, liftų ir panašių įrenginių lynų patikimumui diagnozuoti.

Išradimo tikslas – sukurti naują neardomosios plieninių lynų kontrolės metodą, skirtą jų patikimumui nustatyti minėtų įrenginių eksploatacijos metu, ar jų patikrai išmontavus lyną, be to, šio metodo panaudojimui numatyti reikalingą papildomą (be standartinės) įrangą.

**2. Technikos lygis**

Lynų kokybės diagnostikoje paplitę žinomi būdai:

- bendro lyno suplonėjimo eksploatacijos metu nustatymas;
- nutrūkusių vielių, iš kurių suvytas lynas, ieškojimas.

Pirmuoju (iš paminėtų) būdų nustatytas suplonėjimas yra nepakankamas diagnostikos rezultatas, nes juo nenustatoma, ar lyne nėra nutrūkusių vielių. Nutrūkusios ir esančios lyno paviršiuje vienos vielos galas tampa laisvas ir atsiskiria nuo lyno, o kitas lieka su juo susijęs, bet mažina jo keliamąją galią. Neišmontavus lyno ir jo neapžiūrėjus, sunku spręsti apie jo keliamosios galios sumažėjimą.

Dėl to lyno eksploatacijos metu jis gali pavojingai susilpnėti.

Žinomi ir plačiai aprašyti lynų kokybės kontrolės metodai, pagrįsti magnetinių srautų matavimais, pvz. JAV patentas 5804964, ar magnetinio įsotinimo matavimais, pvz. JAV patentas 4827215. Šie metodai teoriškai apibendrinti ir plačiai aprašyti, pvz. William Lord. *Electromagnetic Methods of Nondestructive Testing*. Gordon and Breach Science Publishers, 1985, o praktiškai yra reglamentuojami standartais (JAV: IS 2266, IS 1855, IS 1856 ir ypatingai IS 2365, Europoje – EN 12385-5, ISO 4344, DIN 15020).

Dar naudojami paviršiaus įkaitinimo dėl trinties matavimai, aprašyti pvz. JAV patente 391686, tačiau jie naudojami daugiau dėl eksploatacijos teisingo režimo pasirinkimo.

Artimiausias – šiuo išradimu pateikiamam plieninio lyno kokybės diagnostikos būdui ir jam realizuoti reikalingai įrangai yra aprašytas ir optinės lyno paviršiaus kontrolės būdu, žr. Warren J. McGonagle. *International Advances in Non-destructive Testing*: Taylor & Francis, 1990, reglamentuoti standartu ISBN 288124459, 9782881244452, 394p.

**3. Išradimo esmė ir naujumas**

**LT 5962 B**

Pateikiama suvyto iš plieninių vielų lyno kokybės diagnostikos būdas ir jam realizuoti reikalinga įranga, paremti šio lyno paviršiuje esančių nutrūkusių vielų galų automatizuotu suradimu. Siūlomas būdas leidžia paprastai, nenaudojant brangios ir sudėtingos įrangos, kontroliuoti vieną iš svarbiausių lyno patikimumo rodiklių (nutrūkusių vielų nebuvimą lyno paviršiuje) kaip lyną išmontavus iš atitinkamo įrenginio, taip ir jam esant šiame įrenginyje, pavyzdžiui, su pakabintu ant jo liftu.

Siūlomasis būdas skiriasi tuo, kad atitrūkusių vielų galai lyno paviršiuje ieškomi ir surandami statine jėga ištemptą lyną sąlyginiai padalinus į kontroliuojamąsias atkarpas ir atliekant kontrolę paeiliui kiekvienoje iš jų. Pradžioje vienoje iš atkarpų vibratoriumi sužadunami lyno skersiniai – sukamieji rezonansiniai virpesiai. Tuo tikslu dvi lyno vietos, nedaug nutolusios už abiejų kontroliuojamosios atkarpos galų, specialiame įrenginyje nejudamai sujungiamos su vibratoriaus korpusu. Tada vibratoriaus sukeliama lyno virpesiai vyksta tik tarp sujungimų esančioje jo dalyje, kurios didžiąją dalį sudaro kontroliuojamoji atkarpa. Rezonansiniai minėtosios lyno dalies virpesiai sukelia lyno paviršiuje esančių atitrūkusių vielų galų skersinius virpesius. Šie virpesiai registruojami originaliu jutiklių bloku, kurių matuojamasis jautrusis paviršius yra žiedo vidinio paviršiaus pavidalo. Šis paviršius su nedideliu radialiniu tarpeliu apjuosia kontroliuojamąjį lyno paviršių. Perstumiant jutiklių bloką išilgai ištemptos lyno kontroliuojamosios atkarpos simetrijos ašies pro minėtąjį radialinį tarpelį praeinantys nutrūkusių vielų galai sužadina signalus jutiklių bloke. Atsiradus minėtiems signalams konstatuojama, kad kontroliuojamojoje lyno paviršiaus vietoje yra atitrūkusių nuo jo vielų. Atlikus lyno kontrolę vienoje iš jo išskirtų kontrolinių atkarpų, pereinama prie analogiškos kitos atramos kontrolės.

**4. Brėžinių aprašymas**

Plieninio lyno kokybės diagnostikos būdas ir jam realizuoti naudojama įranga iliustruojama 1, 2 ir 3 figūromis.

Figūroje 1 pavaizduota pasiūlytoji diagnostikos realizavimo varianto schema, kai kontroliuojamoji lyno atkarpa yra vertikaloje padėtyje, o figūroje 2 – horizontalioje padėtyje.

Figūroje 3 pavaizduota lyno nutrūkusių vielų galų registravimui skirtas jutiklių bloko schema.

Figūroje 1 parodytos dalys:

1 – kontroliuojamasis lynas; 2 – lyno 1 pradžios tvirtinimo atrama; 3 – lyno 1

## LT 5962 B

išilginiam ištempimui skirtas svoris; 4 – standus rėmas; 5 – prie rėmo 4 prijungti du lyno įspraudinio arba kitokio tipo užspaudimo įtaisai 1, nejudamai rėmo 4 atžvilgiu užspaudžiantys ilgio  $H_1$  lyno 1 atkarpos galus; 6 – nejudamai su rėmu 4 sujungtas tiesiaiegių harmoninių virpesių vibratoriaus korpusas; 7 – besiremiantis į lyną 1 vibratoriaus antgalis; 8 – rėme 4 esančios kreipiančiosios;  $L_1$  – kreipiančiųjų 8 ilgis ir lyno 1 kontroliuojamosios atkarpos ilgis; 9 – lyno 1 nutrūkusių vielų galų buvimo registracijos jutiklių blokas; 10 – jutiklių bloko 9 žiedo pavidalo jautrusis paviršius;  $\Delta$  – žiedo pavidalo tarpelis tarp bloko 9 jautriojo paviršiaus 10 ir lyno 1 paviršiaus; 11 – lyno 1 atkarpos  $H_1$  simetrijos ašis; 12 – jutiklių bloko 9 mazgas, jungiantis jį su rėmu 4 ir leidžiantis jam atstumu  $L_1$  slankioti kreipiančiosiomis 8 tiesiaiegiu judesiu lyno simetrijos ašies 11 atžvilgiu; 13 – atitrūkusi nuo lyno 1 viela, kurios galas neliečia jutiklių bloko 9 vidinio jautraus žiedinio paviršiaus 10; 14 – atitrūkusi nuo lyno 1 viela, kurios galas liečia jutiklio bloko 9 vidinį jautrų žiedinį paviršų 10; 15 – jutiklio bloko 9 maitinimo ir jų signalų apdorojimo blokas; 16 – nutrūkusių vielų galų buvimo fiksavimo blokas;  $K_1$  – vibratoriaus antgalio 7 atstumas nuo lyno 1 užspaudimo įtaiso 5.

Figūros 2 parodytosios dalys, kurios skiriasi nuo figūroje 1 parodytųjų dalių:

17 – pagrindas, ant kurio sumontuotas siūlomasis įrenginys; 18, 19 – galintys sukhtis apie ašis  $O_1$  ir  $O_2$  diskai, su pusapvalės formos įdubomis šoniniuose paviršiuose lyno 1 prigulimui ir prie jų pagerinti (įdubimų spinduliai atitinka lyno 1 skerspjūvio spinduliams); 20 – diskų 18 ir 19 sukimosi ašių  $O_1$ ,  $O_2$  atramos, nejudamai pritvirtintos prie pagrindo 17; 21, 22, 23, 24 – įtaiso lynui 1 prie disko 18 šoninio paviršiaus prispausti dalys (21 – stabdžio trinkelė; 22 – trinkelę 21 laikantis svertas, judamai sujungtas su pagrindu 17; 23 – trinkelę 21 prie lyno 1 spaudžiantis kumštelis, galintis pasisukti apie ašį  $O_3$ ; 24 – kumštelį 23 prie pagrindo 17 tvirtinanti atrama);  $H_2$  – įtaisu 21 + 24 užspausti ir svorio 3 įtempto lyno, permesto per diską 19, atkarpa tarp diskų 18, 19 sukimosi ašių  $O_1$  ir  $O_2$ ; 25 – lyno 1 ilgio  $H_2$  atkarpos simetrijos ašis;  $L_2$  – kontroliuojamojo lyno atkarpos ilgis; 26 – prie pagrindo 17 nejudamai pritvirtintos kreipiamosios, prie kurių prijungtas jutiklių blokas 9, galintis judėti šiomis kreipiančiosiomis atstumu  $L_2$  tik tiesialinijiniu judesiu lygiagrečiai lyno atkarpos  $H_2$  simetrijos ašiai 25;  $K_2$  – atstumas nuo vibratoriaus antgalio 7 iki disko 18 sukimosi ašies  $O_1$ .

Figūroje 3 parodytosios dalys, kurios nepažymėtos figūrose 1 ir 2:

27 – radialiai lyno 1 skerspjūvio atžvilgiu išdėstyti induktyviniai jutikliai; 28 – jutiklius 27 laikanti apkaba;  $\delta$  – atstumas tarp jutiklių 27 jutiklių bloko 9 jautriausio paviršiuje; 29 – jutiklio 27 matuojantysis paviršius.

##### 5. Išradimo realizavimo aprašymas

### 5.1. Bendroji dalis

Pateikiamasis suvyto iš plieninių vielų lyno kokybės neardomosios diagnostikos būdas ir jį realizuojantis įrenginys remiasi vienu galu atitrūkusių nuo šio lyno vielų, esančių jo paviršiuje, automatizuotu nustatymu.

Atitrūkusių vielų galų ieškojimo pačiiui atskirose atkarpose, į kurias sąlyginiai padalinamas lynas. Kiekvienoje iš tokių atkarpų, užspaudus lyną šalia jos galų, vibratoriumi sužadunami lyno skersiniai virpesiai, pereinantys į jo skersinius – sukamuosius virpesius ir nutrūkusių vielų galų skersinius virpesius. Virpesių dažnis parenkamas taip, kad virpesiai vyktų užspausto lyno dalies vienoje iš rezonansinių zonų, pavyzdžiui, žemiausioje sukamųjų virpesių rezonansinėje zonoje. Tokie virpesiai sukelia intensyvius vielų galų skersinius virpesius, kurie registruojami specialiu jutiklių bloku. Šiame bloke esantys jutiklių jautrieji paviršiai su nedideliu žiediniu tarpu apgaubia įtempto lyno išorinį paviršių kontroliuojamojoje atkarpoje.

Perstumiant jutiklių bloką išilgai kontroliuojamosios įtemptos lyno dalies simetrijos ašies, registruojami nutrūkusių vielų galų sužadinti jutiklių bloko signalai, po kurių apdorojimo randamos atitrūkusių vielų lyno paviršiuje vietos. Atitrūkusių vielų galų ieškojimo procesas kartojamas likusiose tikrinamojo lyno atkarpose per visą jo ilgį.

Siūlomojo būdo realizacijai reikalinga atitinkama įranga, tokia kaip vibratorius skersinių lyno virpesių sužadimui, jutiklių blokas nutrūkusių vielų galų nustatymui, nejudamai sujungtą su vibratoriaus korpusu lyno atkarpos galų užtvirtinimo įtaisai, jutiklio bloko perstumimo mechanizmas ir kt. Šie mechanizmai ir įtaisai, jutikliai gali būti įvairiai techniškai išspręsti. Pateikiama keletas konkrečių jų išpildymo variantų. Pasiūlytas originalus jutiklių bloko techninio sprendimo variantas.

### 5.2. Būdo ir jam realizuoti skirtos įrangos veikimo aprašymas

Galimo siūlomos diagnostikos realizacijos būdo schemos parodytos fig. 1, 2 ir 3

Pagal parodytas fig. 1 ir 3 schemas vienas lyno 1 galas tvirtinamas atramoje 2 ir ištempiamas vertikaliąja kryptimi prie jo kito galo pritvirtinus svorį 3. Svorio 3 dydis apytiksliai parenkamas toks, kad lynas 1 būtų ištemptas tokia statine jėga, kokia jis yra tempiamas eksploatacijos metu. Sąlyginiai suskirsčius lyną 1 į atskiras kontroliuojamasias atkarpas, diagnostika pradeda vienoje iš jų (jos ilgis yra  $L_1$ ). Rėmo 4 galuose, esančiuose atstume  $H_1$  vienas nuo kito įtaisais 5 užspaudžiama  $H_1$  ilgiu lyno atkarpa, į kurią įeina ir kontroliuojamoji ilgio  $L_1$  atkarpa. Po to vibratoriaus 6 antgalis prispaudžiamas prie lyno 1

**LT 5962 B**

atstume  $K_1$  ir vibratoriumi sužadunami užspausto ilgio  $H_1$  lyno atkarpos harmoniniai skersiniai virpesiai, kurie pereina į lyno 1 skersinius – sukamuosius virpesius. Virpesių žadinimo dažnis parenkamas taip, kad užspaustoji lyno atkarpa virpėtų vienu iš savo rezonansinių dažnių, pavyzdžiui, žemiausiuoju sukamųjų virpesių rezonansiniu dažniu. Tuo pat metu vyksta ir atitrūkusių nuo lyno vielų galų intensyvūs skersiniai virpesiai. Sužadinus minėtuosius virpesius, rėmo 4 kreipiamosiomis 8 stumdomas jutiklių blokas 9 taip, kad jo žiedinio jautriojo paviršiaus 10 vertikaloji simetrijos ašis sutampa su lyno 1 simetrijos ašimi 11. Bloko 9 perstūmimo metu nutrūkusių vielų virpantys galai 13 praeina pro žiedinį tarpą  $\Delta$  neliesdami paviršiaus 10, arba, kitu atveju, vielų gali 14 jį liečia. Abiem atvejais jutiklių blokas išduoda signalą, kuris apdorojamas 15 bloke ir fiksuojamas 16 bloke, pagal kurio signalus ir jų žymenį ant lyno nustatomos nutrūkusių vielų buvimo vietos diagnozuojamojoje lyno 1 atkarpoje. Tarpas  $\delta$  tarp esančių bloke 9 jutiklių 27 jautriųjų paviršių parenkamas taip, kad jutikliai išduotų pakankamai aiškų signalą praeinant nutrūkusios vielos galui šio tarpo ribose. Baigus šios atkarpos diagnostiką, įtaisais 5 atpalaiduojama užspaustoji lyno 1 dalis ir jais apgaubiami ir užspaudžiama kita diagnozuojamoji lyno 1 atkarpa. Po to analogiška procedūra kartojama diagnozuojant taip užspausť lyno atkarpa. Tokiu būdu atliekama visų lyno kontroliuojamųjų atkarpų diagnostika.

Pagal fig. 2, 3 parodytą diagnostikos schemą lynas 1 taip pat pradžioje sąlyginiai suskirstomas į atskiras kontroliuojamąsias atkarpas, ir diagnostika pradedama vienoje iš jų. Ilgio  $H_2$  lyno 1 dalis su diagnozuojamąja ilgio  $L_2$  atkarpa permetama per diagnostikai naudojamojo įrenginio diskus 18 ir 19, galinčius pasisukti apie ašis  $O_1$  ir  $O_2$ . Šiuo atveju diagnozuojamoji lyno atkarpos dalis yra horizontaliojoje padėtyje. Diską 18 apgaubianti lyno 1 dalis ir pats diskas 18 nejudamai suspaudžiami su kumšteliu 23 valdoma stabdžio trinkele 21. Kitas lyno 1 galas, esantis už 19 disko, apkraunamas svoriu 3, kuris ištempia tarp ritinių 18 ir 19 esančių ilgio  $H_2$  lyno 1 dalį ir nejudamai įtvirtina jos galus. Svoris 3 parenkamas tokio dydžio, kad esanti tarp ritinių 18 ir 19 lyno dalis būtų tempiama statine jėga, apytiksliai lygia lyną 1 veikiančiai jėgai jo eksploatacijos metu. Vibratorius 6 antgalis 7 atstume  $K_2$  nuo disko 18 sukimosi ašies  $O_1$  įremiamas į ištemptą lyną 1, ir ilgio  $H_2$  lyno dalyje, esančioje tarp skridinių 18, 19 sužadunami skersiniai harmoniniai virpesiai, pereinantys į skersinius – sukamuosius užspaustosios lyno dalies virpesius ir jos paviršiuje esančius nutrūkusių vielų galų skersinius virpesius. Virpesių dažnis parenkamas taip, kad jis būtų vienoje iš užspaustos lyno 1 dalies rezonansinių zonų, pavyzdžiui, žemiausioje sukamųjų virpesių rezonansinėje zonoje. Sužadinus minėtuosius virpesius kreipiamosiomis 26 atstumu  $L_2$  stumdomas jutiklių blokas 9 taip, kad jo žiedinio jautriojo paviršiaus 10 horizontalioji simetrijos ašis sutaptų su

**LT 5962 B**

ilgio  $H_2$  lyno simetrijos ašimi 25. Toliau ilgio  $L_2$  lyno atkarpoje diagnostika atliekama taip pat, kaip ir figūroje 1 parodytojoje diagnostikos schemoje. Baigus pirmosios  $L_2$  ilgio lyno 1 atkarpos diagnostiką, kumšteliu 23 atpalaiduojamas diskas 18, lynas perstumiamas taip, kad tarp diskų 18 ir 19 atsidurtų kita ilgio  $L_2$  kontroliuojamoji lyno 1 atkarpa. Po to kumšteliu 23 ir stabdžio trinkele 21 esanti tarp 18 ir 19 diskų lyno dalis užspaudžiama ir analogišku būdu kontroliuojama kita ilgio  $L_2$  lyno 1 dalis. Tokiu pat būdu diagnozuojamas visos lyno 1 atkarpos.

**LT 5962 B****Išradimo apibrėžtis**

1. Suvyto iš plieninių vielų lyno kokybės neardomosios diagnostikos būdas, paremtas vienu galu atitrūkusių nuo šio lyno ir esančių jo paviršiuje vielų galų nustatymas, besiskiriantis tuo, kad šis nustatymas atliekamas paeiliui atskirose lyno atkarpose, į kurias sąlyginai padalina lyną ir kurias įtempia lyno eksploatacijos metu naudojama pastovi vidutinė apkrova, vibratoriumi sužadina taip įtemptos lyno atkarpos skersinius virpesius, pereinančius į jos skersinius – sukamuosius virpesius ir atitrūkusių vielų galų skersinius virpesius, matuoja šiuos vielų galų virpesius jutiklių bloku ir pagal jutiklių parodymus nustato tokių vielų buvimą ir jų padėtį kiekvienoje lyno atkarpoje.

2. Suvyto iš plieninių vielų lyno kokybės neardomomis diagnostikos būdas pagal punktą 1, besiskiriantis tuo, kad atitrūkusių vielų galų pradeda ieškoti vienoje iš lyno atkarpų, laikoma pradine, nedideliame atstume už jos abiejų galų įtvirtina harmoninių tiesiaiegių virpesių vibratorių nejudamai sujungdami jį su lyno įtvirtinimo vietomis, įtvirtina diagnozuojamosios atkarpos simetrijos ašies atžvilgiu galintį be posūkių slankioti jutiklių bloką, skirtą nutrūkusių vielų radimui, vibratoriumi sužadinama įtvirtintoje lyno dalyje ir joje esančioje diagnozuojamojoje atkarpoje skersinius šio lyno dalies virpesius, pereinančius į jos skersinius – sukamuosius virpesius ir atitinkamų vielų galų skersinius virpesius, vibratoriaus žadinamųjų harmoninių virpesių dažnį parenka apytiksliai lygiu vienam iš lyno priverstinių skersinių – sukamųjų virpesių rezonansiniam dažniui, pavyzdžiui, apytiksliai lygiu sukamųjų virpesių žemiausiam rezonansiniam dažniui, išilgai atkarpoje esančios lyno dalies simetrijos ašies be posūkių perstumia jutiklių bloką, turintį žiedo pavidalo tarpą tarp jo matuojančiojo ir lyno paviršių, pro kurį perstūmimo metu praeina nutrūkusių vielų galai, jutiklių bloku registruoja praeinančių pro jį nutrūkusių vielų galų virpesius, kai šie galai jutiklių bloko matuojamojo paviršiaus neliečia arba, kitu atveju, registruoja šių virpančių vielų galų tiesioginius kontaktus su jutiklių matuojančiuoju paviršiumi kai šie vielų galai jį liečia, pagal jutiklių bloko signalus nustato atitrūkusių nuo lyno paviršiaus vielų buvimą ir jų vietas, kartuoja tą patį nutrūkusių vielų ieškojimo procesą kitose lyno atkarpose arba baigia jį, jeigu daugiau tokių atkarpų lyno nėra.

3. Įranga būdui realizuoti pagal 1 ir 2 punktus, besiskirianti tuo, kad tam skirtas įrenginys sumontuotas iš įtaiso lyno daliai su joje esančia kontroliuojamąja lyno atkarpa įtempti statine apkrova (taikant pritvirtintą prie lyno galo svorį ir pan.), įtaiso šios lyno dalies galus nejudamai užspausti, vibratoriaus užspausoje lyno dalyje harmoniniams virpesiams sukelti, jutiklio bloko, registruojančio kontroliuojamosios atkarpos ribose nutrūkusių vielų galų



virpesius ir galinčio judėti tiesiaiegiu judesiu lygiagrečiai kontroliuojamosios lyno atkarpos simetrijos ašies atžvilgiu, jutiklių bloko signalų apdorojimo aparatūros.

4. Įranga būdai pagal 1, 2 ir 3 punktus realizuoti, besiskirianti tuo, kad registruojantis lyno nutrūkusių vielų galų virpesius jutiklių blokas sudarytas iš sumontuotų izoliacinėje medžiagoje jutiklių, pavyzdžiui, induktyvinių, kurių jautrieji detektuojantieji paviršiai išdėstyti paeiliui su nedideliais tarpeliais tarp jų žiedo pavidalo vidiniame paviršiuje gaubiančiame lyno išorinį perimetrą su radialiniu tarpeliu, iš korpuso, palaikančio jame įtvirtintą jutiklių izoliacinėje medžiagoje mazgą, korpuso kreipiančiųjų, leidžiančių blokui judėti tiesiaiegiu judesiu taip, kad minėtoji žiedinio paviršiaus vidurio ašis jutiklių blokui judant sutaptų su kontroliuojamosios lyno dalies simetrijos ašimi.

LT 5962 B

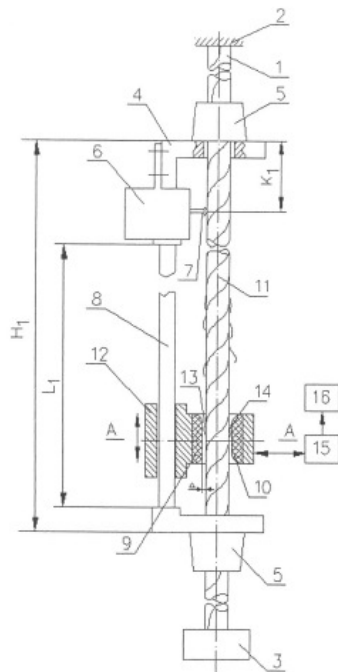


Fig. 1

LT 5962 B

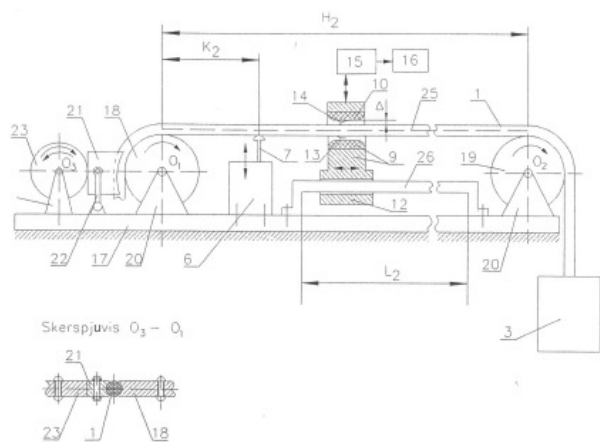


Fig. 2

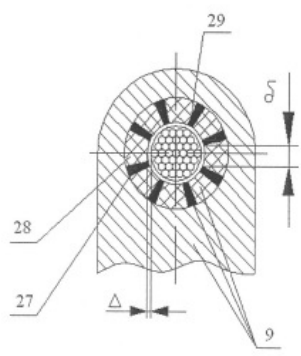


Fig. 3

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property  
Organization  
International Bureau(10) International Publication Number  
WO 2013/055196 A1(43) International Publication Date  
18 April 2013 (18.04.2013)

- (51) International Patent Classification:  
G01N 3/08 (2006.01)
- (72) Inventors; and  
(75) Inventors/Applicants (for US only): AUGUSTAITIS, Vytautas Kazimieras [LR/LT]; Gelvonis g. 40-64, LT-07143 Vilnius (LT); BUČINSKAS, Vytautas [LT/LT]; S. Kairio g. 10, LT-10231 Vilnius (LT); ŠUTINYS, Ernestas [LT/LT]; Mildos g. 5-7, LT-10311 Vilnius (LT).
- (21) International Application Number:  
PCT/LT2012/000001
- (74) Agent: EINORIS, Vytautas; Gerbutavičiaus g. 1/42-155, LT-04318 Vilnius (LT).
- (22) International Filing Date:  
16 March 2012 (16.03.2012)
- (25) Filing Language:  
English
- (26) Publication Language:  
English
- (30) Priority Data:  
2011 092 13 October 2011 (13.10.2011) LT
- (81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (23) International Publication Date:  
18 April 2013 (18.04.2013)
- (24) International Application Number:  
PCT/LT2012/000001
- (27) Applicant (for all designated States except US): VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY [LT/LT]; Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius (LT).

[Continued on next page]

(54) Title: METHOD AND EQUIPMENT OF STEEL ROPE QUALITY DIAGNOSTICS

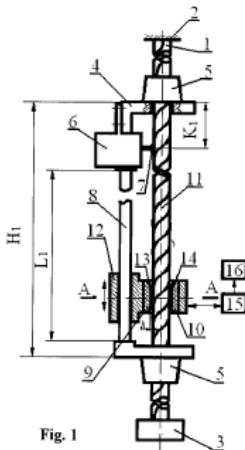


Fig. 1

(57) Abstract: This invention is intended to use for diagnostics of various ropes in lifting equipment. Aim of invention - to create new and quite simple non-destructive method for rope quality diagnostics and estimate special equipment for realization of such method. Proposed method is based on obtaining fact of broken rope wires on rope surface. To achieve this rope is tensed by permanent axial load, rope is excited by transverse vibrations using vibrator, which are inducing transverse rotational vibrations. Oscillations of free ends of broken wires are measured by set of sensors and after signals are processed, presence and positions of broken wires are detected. Vibrator for rope excitation and set of sensors are mounted on special frame, which is tightly clamped on rope and separated fragment of rope, where vibrations are excited, set of sensors are moved along tested rope fragment. Procedure is repeated in next fragment of rope until all length of rope is tested.

---

**WO 2013/055196 A1** 

- (84) Designated States** (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Declarations under Rule 4.17:**
- of inventorship (Rule 4.17(iv))
- Published:**
- with international search report (Art. 21(3))
  - before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments (Rule 48.2(h))

WO 2013/055196

PCT/LT2012/000001

I

**METHOD AND EQUIPMENT OF STEEL ROPE QUALITY DIAGNOSTICS****1. Level of technique, to which belongs invention**

5 This invention is dedicated to diagnose reliability of ropes in lifting equipment, such as funicular, rope cars, lifts and similar ones.

Aim of invention – to create new non-destructive method of steel rope diagnostics, intended to use it during equipment exploitation or for independent rope diagnostics; to define necessary additional equipment (in addition to standard) for this method implementation.

10

**2. Level of technique**

There are known methods of rope diagnostics:

- measuring of diameter decrease of rope during exploitation;
- search of broken wires in rope manually.

15

Decrease of rope diameter, used in first mentioned method is indicative, but not sufficient to perform reliability diagnostics, while this not reveals presence and amount of broken wires in the rope. Broken wires, loose from one side and unite with the rest of rope in the other end sticks out from rope surface and decrease rope strength characteristics.

20

Without demounting rope from equipment, there is difficult to decide about rope strength and reliability.

This can cause dangerous decreasing of rope strength.

There are known and widely described rope diagnostics methods, based on measuring of magnetic flux, for example, US patent 5804964, or measurements of magnetic saturation, for example US patent 4827215. These methods are theoretically explained and widely described, for example, by William Lord in Electromagnetic Methods of Nondestructive Testing. Gordon and Breach Science Publishers, 1985, and practically are described by industrial standards (in US: IS 2266, IS 1855, IS 1856 and especially IS 2365, in Europe - EN 12385-5, ISO 4344, DIN 15020).

30

There are also used measurements of rope heat due friction in bending process, described in US patent 391686, they are used to define rope load and performance mode.

Closest to proposed method by diagnostic parameter coverage is optical method of rope surface diagnostics and necessary equipment for its realization is described in Warren J. McGonnagle. International Advances in Non-destructive Testing: Taylor & Francis, 1990.

### 3. Essence of invention and its technical innovation

Here is described diagnostic method for steel rope and equipment for this method realization, based on automated finding of broken wires in the rope surface. This method allows simply, using cheap and simple equipment to control one of key rope security parameter – broken wires of rope surface in rope, which is mounted in equipment, for example, loaded by lift cabin or in separated rope.

This method differs from existing methods so, that broken wires on rope surface are found by dividing rope into control fragments, tensing the fragment by static force and performing diagnostic measurements in every diagnostic fragment of rope sequentially. In every diagnostic rope fragment, tensioned by static force, rope rotational – transverse resonant vibrations are excited using vibrator. In order to achieve this, in to places rope is attached tightly to stiff vibrator body using special clamps. Thus vibrations or rope take place only in small fragment between rope connections to vibrator frame. Resonant vibrations of rope creates transverse vibrations of broken ropes on rope surface. These vibrations are registered by original set of sensors; internal surface of sensor set has shape of inner ring surface. This ring surface covers rope with tiny gap. During measurement sensor set is moved along rope fragment axis of symmetry and vibrating broken wires inducts signal in set of sensors. Presence of signal informs about presence of broken wires in sensor position of rope fragment. After measurement of fragment, next fragment is diagnosed.

### 4. Description of figures

Method and equipment of steel rope quality diagnostics are illustrated by figures 1, 2 and 3.

In figure 1 it is shown proposed variant of realization of diagnostics, when rope is vertical, in figure 2 it is shown variant, when rope is in horizontal position.

Figure 3 shows set of sensors for broken wire vibration measurement.

Positions, shown in figure 1:

1 – diagnosed rope; 2 – clamping support of rope 1 beginning; 3 – makeweight for rope 1 axial tensing; 4 – stiff frame; 5 – tightly fixed two grip or similar clamps, tightly clamping rope 1 according to frame 4; 6 – body of linear harmonic vibrator, tightly connected with frame 4; 7 – tip of vibrator 6, touching rope 1; 8 – sliders in the frame 4; 9 – set of sensors for detection of broken wire vibrations, 10 – inner ring surface shape sensitive

WO 2013/055196

PCT/LT2012/000001

3

surface of sensor set 9; 11 – axis of symmetry of rope 1 fragment  $H_1$ ; 12 – block of sensor set 9, connecting it to frame 4 and letting him to slide by distance  $L_1$  on sliders 8 linearly along axis of symmetry 11; 13 – broken wire of rope 1, broken end don't touch sensor set 9 inner ring- shaped sensitive surface 10; 14 – broken wire of rope 1, broken end touches sensor set 9 inner ring- shaped sensitive surface 10; 15 – power supply and signal processing block of sensor set 9; 16 – block of broken wire position detection;  $L_1$  – length of sliders 8 and diagnosed fragment of rope 1;  $\Delta$  – gap between sensor set 9 inner ring- shaped sensitive surface 10 rope 1 surface;  $K_1$  – distance of vibrator tip 7 from rope 1 clamp 5.

Positions in figure 2, different from positions in figure 1:

17 – frame, on which proposed equipment is mounted; 18, 19 – disks, which can rotate about axis  $O_1$  and  $O_2$ , has half cylinder shape cavities to fit to shape of rope 1 (radii of cavities and rope coincides); 20 – supports of rotation axis  $O_1$  and  $O_2$  of discs 18 and 19, tightly connected to frame 17; 21, 22, 23, 24 – components of device to squeeze rope 1 to radial surface of disc (21 – brake pad; 22 – brake pad lever, by hinge connected to frame 17; 23 – brake pad 21 pressing cam, rotating about axis  $O_3$ ; 24 – support, fixing cam 23 to frame 17);  $H_2$  – distance between rotational axis  $O_1$  and  $O_2$  of disks 18 and 19, defining fragment of rope to be diagnosed, 25 – axis of symmetry of rope 1 fragment of length  $H_2$ ;  $L_2$  – length of diagnosed rope; 26 – sliders, attached to frame 17, which directs sensor set 9, allowing to slide along sliders by distance  $L_2$  in parallel to axis of symmetry 25 of rope fragment  $H_2$ ;  $K_2$  – distance from tip of vibrator 7 to disk 18 axis of rotation  $O_1$ .

Positions in figure 3, not signed in figures 1 and 2:

27 – inductive sensors, radially placed along surface of rope 1; 28 – clip, holding sensors 27;  $\delta$  – distances between set 9 of sensors 27 on sensitive surface; 29 – measuring surface of sensor 27.

## 5. Description of realization of invention

### 5.1. General statements

There is presented method of steel rope non-destructive diagnostics and equipment for its realization, base on automatic determination of broken wires on diagnosed rope surface.

Broken wires are searched in each rope fragment separately, sequentially checking all length of rope. In each fragment of rope, after clamping rope near end of fragment, using vibrator, transverse vibrations of rope is excited, which caused rotational vibration of rope and thus rotational vibrations of endings of broken wires. Frequency of vibrations is adjusted



WO 2013/055196

PCT/LT2012/000001

4

so, that vibrations would occur in resonant frequency zone of clamped fragment of rope, for example, lowest rotational vibration resonant frequency. These vibrations cause intensive vibrations of end of broken wires, which are registered using special sensor set. This sensor set has shape of ring and sensitive surface of sensors are turned to internal side and covers rope with small gap.

Set of sensors is moved along axis of symmetry of tensed rope, signals from sensors, caused by oscillating broken wire are registered and thus broken wires positions are marked. This process continues in all range of tested rope fragment.

In order to realize such method, special equipment is necessary, like vibrator for transverse rope oscillation excitement, set of sensors to find free ends of broken wires, rope fragment clamps for tight clamping of rope to vibrator frame, drive for a sensor set transporting, etc. These mechanisms and equipment technically can be solved in different way. There are proposed some concrete technical solutions in the description. There is proposed solution on original set of sensors.

## 5.2. Description of method and equipment for its realization

Possible of realizations of proposed methods are shown in fig. 1, 2 and 3.

According to fig. 1 and 3 one end of rope 1 is clamped in the support 2 and tensed vertically by makeweight 3, attached to other end of rope. Mass of makeweight 3 is chosen to be close to force during exploitation. Rope is divided separate test fragments (with length  $L_i$ ), diagnostics is performed in one of them. At the ends of frame 4, separated by distance  $H_i$ , using equipment 5 there is tight clamped fragment of rope 1 of length  $H_i$ , which includes test fragment  $L_i$ . Then tip of vibrator 6 is pressed down to rope 1 in the distance  $K_i$  and using vibrator there are excited transverse vibrations of tightened rope fragment of length  $H_i$ , which induces transverse-rotational vibrations of rope. Frequency of exciting vibrations is adjusted so, that rope fragment will vibrate in one of its resonant frequencies, in lowest rotational frequency. In the same time active movement of broken wire endings occur. After these vibrations are excited, set of sensors 9 is moved along sliders 8 of frame 4 so, that axis of symmetry of inner ring surface 10 coincides with axis of symmetry 11 of rope 1. During movement of set of sensors 9 vibrating free ends of broken wires 13 passes through radial gap  $\Delta$  without touch or, in other case, wires 14 touches them. In both cases set of sensors issues the signal, which is processed in the block 15 and registered in block 16, according which signal place of broken wire is fixed and visualized in the test fragment of rope 1. Gap  $\delta$

WO 2013/055196

PCT/LT2012/000001

5

between sensitive surface of sensors 27 in the set of sensors 9 is chosen so, that signal from passing vibrating broken wire end would be sufficient to register. After diagnostics of test fragment, grips 5 release tightened fragment of rope 1 and next fragment rope 1 is clamped. The same procedure is repeated for every rope fragment. In this way all length of rope is tested.

5

According method, presented in fig. 2 and 3, initially rope is divided into test fragments and diagnostics take place in one of them. Rope 1 fragment of length  $H_2$  with diagnostics length  $L_2$  is passed through pulleys 18 and 19 of diagnostic equipment, rotating about axis  $O_1$  and  $O_2$ . In this case diagnosed fragment of rope lays horizontally. Pulley 18 and rope 1 part on them is tight pressed by brake pad 21, driven by cam 23. Other end of rope 1 over pulley 19 is loaded by makeweight 3, which tenses part of rope 1 between pulleys 18 and 19 of length  $H_2$  and fixes ends of rope. Makeweight 3 is chosen so, that fragment of rope between pulleys 18 and 19 would be loaded by static load, similar to load force during exploitation. Vibrator 6 tip 7, pressed to tensed rope 1 of length  $H_2$  between pulleys 18 and 19, with distance  $K_2$  from axis of rotation of pulley 18, excites transverse harmonic vibrations, which induces rotational transverse vibrations of rope fragment and oscillations of free ends of broken wires. Frequency of vibrations is chosen so, that it corresponds to on of natural frequencies, for example, lowest rotational natural vibrations. When vibration are excited, set of sensors 9 are moved along sliders 25 in distance  $L_2$  so, that horizontal axis of symmetry of inner ring surface 10 coincides with axis of symmetry 25 of fragment of rope 1 with length  $H_2$ . Then rope diagnostics of rope fragment of length  $L_2$  are performed in the same manner as shown in fig. 1 defined procedure. After diagnostics of first fragment of rope 1 of length  $L_2$ , pulley 18 is released by cam 23, rope 1 is shifted so, that between pulleys 18 and 19 appear next fragment of rope 1 of length  $L_2$ . Then next fragment of rope is fixed when brake pad 21, driven by cam 23 will be fixed and next part of rope 1 will be diagnosed. All length of rope is diagnosed in such way.

10

15

20

25

WO 2013/055196

PCT/LT2012/000001

6

**Claims**

1. Method of non-destructive diagnostics of steel wire rope, based on presence of broken by one end wires on the rope surface, obtaining the presence of wires in fragments of rope
- 5 sequentially, in which rope is divided and tensed by load, approximately equal to average exploitation load; rope is excited by vibrator transverse vibrations, which induces transverse-rotational vibrations and oscillations of transverse vibrations of broken wires, these vibrations are measured by set of sensors and defines presence of broken wires and their position in every fragment of the rope.
- 10 2. Method of non-destructive diagnostics of steel wire rope according claim 1, when broken wires are searched in one of rope fragments, which assumed to be initial, in moderate distance from end of fragment attach linear harmonic vibrator and fix it tightly to the both ends of rope fragment, place set of sensor to rope allowing them to slide along axis of symmetry of rope without rotation, vibrator excites transverse rope vibrations, which induces
- 15 transverse-rotational vibrations; frequency of vibrations are set close to one of resonant frequency; then set of sensors slide along rope fragment and measure vibrations of broken wires or these wires touches sensor surface, which registering presence of broken wires and their position.
- 20 3. Equipment to realize method according claims 1 and 2, where equipment is attached to rope fragment, tensed by static load, with fragment ends fixed, consists from vibrator to excite harmonic vibrations, set of sensors, registering vibrations of broken wires and able to slide along axis of diagnosed rope fragment, block of sensor signal processing and registering.
- 25 4. Equipment to realize method according claims 1, 2 and 3, consisting of set of sensors, mounted in isolating frame, where sensitive surfaces form shape of ring, covering rope surface with small radial gap and having frame, allowing to slide set of sensors along axis of symmetry of rope.

30

WO 2013/055196

PCT/LT2012/000001

1/2

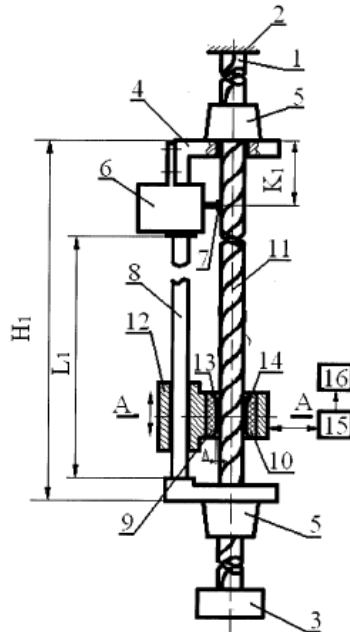


Fig. 1

WO 2013/055196

PCT/LT2012/000001

2/2

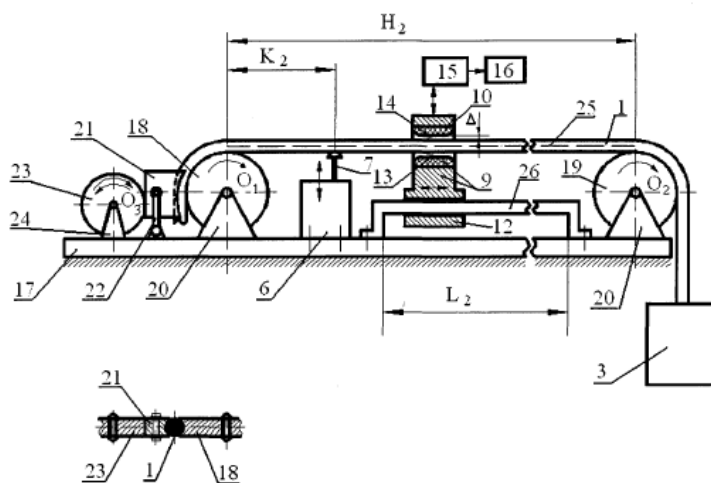


Fig. 2

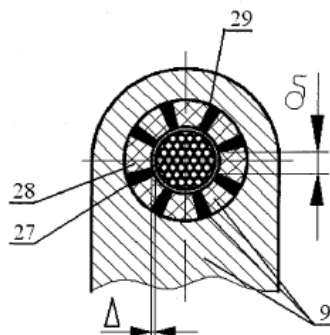


Fig. 3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International application No  
 PCT/LT2012/000001

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. G01N3/08 ADD.  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01N  Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Kashyap, S.K. et al.: "Non-Destructive Testing of steel wire ropes and their discard criteria", The 8th Int. Conf. of the Slovenian Society for Non-Destructive Testing  1 September 2005 (2005-09-01), XP002693455, Retrieved from the Internet: URL: <a href="http://www.ndt.net/article/ndt-sloveni2005/PAPERS/27-NDTP05-27.pdf">http://www.ndt.net/article/ndt-sloveni2005/PAPERS/27-NDTP05-27.pdf</a> [retrieved on 2013-03-06] the whole document -----	1-4
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input type="checkbox"/> See patent family annex.
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "S" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search  8 March 2013		Date of mailing of the international search report  25/03/2013
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040 Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Thomte, Peter

1