



POSSIBILITIES OF STEEL ROPES QUALITY ASSURANCE ON THE BASIS OF MECHANICAL PROPERTIES OF WIRES TEST RESULTS

MOGUĆNOST OBEZBEĐENJA KVALITETA ČELIČNE UŽADI NA OSNOVU MEHANIČKIH OSOBINA REZULTATA ISPITIVANJA ŽICA

Vieroslav MOLNÁR, Ján BOROŠKA

Logistics institute of industry and transport, Faculty of BERG, TU of Košice, Slovak Republic

Abstract: We investigate the mechanical properties of wires of steel ropes by tests in accordance with rule in operation and valid regulation. There are specified values of minimal and maximum capacity or strengths and values of minimal bendings and torsion in them. Minimal values of bendings and torsion are rated wire strength, diameter and surface treatment dependent. It is suitable to use the calculation of irregularity coefficient of steel wires strength for quality assessment of steel ropes which put into practice soviet authors Žitkov and Pospechov. Statistical methods make possible to review the quality of steel ropes from the test results of their wires on capacity, bending and torsion. In the paper we evaluate and compare the quality of two steel ropes with triangular strands, we appear from protocols about their tests in the accredited testing station of steel ropes of our workstation.

Key words: steel rope, quality, test, mechanical property, irregularity coefficient of wires strength, statistical methods

Apstrakt: Ispitujuemo mehaničke osobine žica čelične užadi putem testova, a u skladu sa normama u radu i važećim propisima. Tu se nalaze određene vrednosti minimalnog i maksimalnog kapaciteta ili jačine kao i vrednosti minimalnih savijanja i uvrtanja u njima. Minimalne vrednosti savijanja i uvrtanja su klasifikovane u zavisnosti od čvrstoće, prečnika žice i njenog površinskog tretiranja. Pogodno je koristiti obračun koeficijenta nepravilnosti čvrstoće čeličnih žica u cilju procene kvaliteta čelične užadi, koji su primenili sovjetski autori Žitkov i Pospečov. Statističke metode omogućavaju ocenu kvaliteta čelične užadi iz rezultata ispitivanja njihovih žica u pogledu kapaciteta, savijanja i uvrtanja. U ovom radu procijujemo i upoređujemo kvalitet dva čelična užeta trouglastih strukova, prikazujemo postupke testiranja u akreditovanoj stanici za ispitivanje čelične užadi u našoj radnoj stanici.

Ključne reči: čelično uže, kvalitet, ispitivanje, mehanička osobina, koeficijent neravnomernosti čvrstoće žica, statističke metode

1 INTRODUCTION

The quality of steel ropes is one of the basic requirement for their users. The lifetime depends to its quality and properties and it affects the economic effectiveness of steel rope operation. The quality of steel rope depends on the quality of wires, of which the ropes are produced.

1 UVOD

Kvalitet čelične užadi je jedan od osnovnih uslova koje postavljaju njihovi korisnici. Vek trajanja zavisi od njihovog kvaliteta i osobina i on utiče na ekonomsku efikasnost rada čeličnog užeta. Kvalitet čeličnog užeta zavisi od kvaliteta žica, od kojih su užad izrađena.

The quality of steel wires is influenced by technology of wire production. Limitations of rope wires which are the most often and which have subsequently influence on the quality of steel rope are [1]:

- a) Wires have great strength dispersion,
- b) Wires have great oscillation of values of mechanical properties longwise of wire in particular coils,
- c) Steel ropes which have multi sorts of wires of various diameter have particular diameters of wires various values of mechanical properties,
- d) The count of bendings and torsion of wires tones down by abseiling of wires and this count is reaching only the fundamental number of prescribed value.

Height and arrangement of wires and strands bending, diameter and sort of rope liner and its mortification influence on the quality of steel rope, too. From these factors we are focusing to the problem of wires of steel ropes strength and their mechanical properties in the paper. We compare two steel ropes of choice quality and same construction from the same produces, which are meeting demands of relevant norm and regulations, they were suitable for operating utilization on the part of quality requirement.

Na kvalitet čeličnih žica utiče tehnologija proizvodnje žica. Najčešća ograničenja žica u užadi a koja zatim utiču na kvalitet čeličnog užeta su sledeća [1]:

- a) Žice imaju veliko rasipanje snage,
- b) Žice imaju veliko osciliranje u vrednostima mehaničkih osobina duž žice određenim koturima,
- c) Čelična užad za koja postoji više vrsta žica sa različitim prečnicima imaju određene prečnike sa žicama različitih vrednosti mehaničkih osobina,
- d) Broj savijanja i uvrstanja žica opada pri spuštanju žica i ovaj broj dostiže samo osnovni broj propisane vrednosti.

Visina i raspored žica i savijenih strukova, prečnik i vrsta užeta i njegovo usukivanje utiču takođe i na kvalitet čeličnog užeta. Na osnovu ovih faktora u ovom radu se usredređujemo na problem jačine žica čelične užadi i njihovih mehaničkih osobina. Uporedićemo dva čelična užeta po izboru, istog kvaliteta i istog sastava iz istog assortimenta, koji ispunjavaju zahteve odgovarajućih standarda i propisa, a koji su pogodni za korišćenje u radu u pogledu kvaliteta.

2 TECHNICAL PARAMETERS OF JUDGED ROPES

Judged ropes, marked with fount A and B, are ropes with triangular strands which are made by the standard STN 02 4362 [10]. Their basic technical parameters are:

2 TEHNIČKI PARAMETRI POSMATRANE UŽADI

Posmatrana užad, obeležena sa A i B, su užad sa trouglastim strukovima koji su napravljeni po standardu STN 02 4362 [10]. Njihovi osnovni tehnički parametri su sledeći:

- rope construction / građa užeta	6(3+9+12+18)+v
- nominal diameter of rope / nominalni prečnik užeta	50 mm
- nominal cross-section of rope / nominalni presek užeta	1036,68 mm ²
- nominal capacity of wires / nominalni kapacitet žica	1770 MPa
- nominal capacity of rope / nominalni kapacitet užeta	1835 kN
- wires diameter of the firstlayer of strands / prečnik žica u prvom sloju strukova	1,90 mm
- number of wires of the first layer of strands / broj žica prvog sloja strukova	54
- wires diameter of the second layer of strands / prečnik žica u drugom sloju strukova	2,50 mm
- number of wires of the second layer of strands / broj žica drugog sloja strukova	72
- wires diameter of the third layer of strands / prečnik žica trećeg sloja strukova	2,50 mm
- number of wires of the third layer of strands / broj žica trećeg sloja strukova	108
- total number of rope wires / ukupan broj žica u užetu	234

3 PROCEDURE OF ASSESSMENT

The quality of steel ropes assessed by two methods, namely by comparison of the size of irregularity coefficient of wire strength of steel ropes, which is calculated from the values of wire strength which are obtained by their test for pull, and calculation of some statistical quantities for wires bendings. All of needed quantities and their values were obtained from the test protocols of both judged ropes. The irregularity coefficient of strength has been computed for total rope, particular rope strand and also for both diameters of steel wires. Statistical quantities of the bendings have been computed for particular rope wires diameters and for the wires of particular layers, too.

4 ASSESSMENT OF IRREGULARITY COEFFICIENT OF WIRES STRENGHT

Irregularity coefficient of wires strength K_6 is expressed as a percentage, we count its size by relation of authors Žitkov and Pospechov [7]:

$$K_6 = \frac{2 \cdot (P_{str} - P_{min}) \cdot n_i}{P_{str} \cdot n} \cdot 100, [\%]. \quad (1)$$

where: K_6 – irregularity coefficient of wires strength in %,

P_{str} – arithmetic average of strength of all wires of steel rope in MPa,

P_{min} – arithmetic average of strength of rope wires, of which size is less than P_{str} in MPa,

n – number of all wires of steel rope,

n_i – number of rope wires with the strength less than P_{str} .

This relation is valid for the calculation of K_6 of rope strands and wires of various diameters with the relevant inputs.

On the basis of the size of computed K_6 , from the qualitative aspect it is possible to class the steel ropes by three qualitative groups, by those the user can receive specific image about their assumed lifetime [7]:

- I. group - $K_6 < 2$ – quality groups with assumption to achieve very good lifetime,

3 POSTUPAK PROCENJIVANJA

Kvalitet čelične užadi se procenjuje putem dve metode; naime, upoređivanjem veličine koeficijenta nepravilnosti jačine žice u čeličnoj užadi, a koji se izračunava na osnovu vrednosti jačine žice koja se dobija njihovim ispitivanjem na vuču, i izračunavanjem nekih statističkih veličina savijanja žica. Sve potrebne količine i njihove vrednosti dobijaju se iz protokola ispitivanja oba posmatrana užeta. Koeficijent neravnomernosti jačine izračunava se za celo uže, određeni struk užeta a takođe za oba prečnika čeličnih žica. Statističke količine savijanja se izračunavaju za određene prečnike žica u užetu i žica u određenim slojevima.

4 PROCENJIVANJE KOEFICIJENTA NERAVNOMERNOSTI JAČINE ŽICA

Koeficijent neravnomernosti jačine žica K_6 izražava se u procentima, a njegov obim se meri putem izraza autora Žitkova i Pospečova [7]:

$$K_6 = \frac{2 \cdot (P_{str} - P_{min}) \cdot n_i}{P_{str} \cdot n} \cdot 100, [\%]. \quad (1)$$

gde je: K_6 – koeficijent neravnomernosti jačine žica u %,

P_{str} – aritmetička sredina jačine svih žica čeličnog užeta u MPa,

P_{min} – aritmetička sredina jačine žica u užetu, čija je veličina manja od P_{str} u MPa,

n – broj svih žica u čeličnom užetu,

n_i – broj žica u užetu jačine manje od P_{str} .

Ovaj izraz primenjuje se na izračunavanje K_6 strukova užeta i žica različitih prečnika sa odgovarajućim ulaznim podacima.

Na osnovu veličine izračunatog K_6 , sa kvalitativnog aspekta, moguće je razvrstati čeličnu užad u tri kvalitativne grupe, prema kojima korisnik može dobiti određenu sliku o njihovom prepostavljenom veku trajanja [7]:

- I. grupa - $K_6 < 2$ – kvalitetne grupe uz pretpostavku da će dostići veoma dug vek trajanja,

- II. group - $K_6 > 2 < 3$ – ropes of average quality which have assumption for achievement of good lifetime,
- III. group - $K_6 > 3$ – ropes of low quality with assumption of shorter lifetime achievement.

Calculated values of K_6 have been processed to charts or to tables and it was for calculated and judged mathematic-statistical values, too.

- II. grupa - $K_6 > 2 < 3$ – užad prosečnog kvaliteta za koje se pretpostavlja da će dostići dug vek trajanja,
- III. grupa - $K_6 > 3$ – užad lošeg kvaliteta sa pretpostavkom da će imati kraći vek trajanja.

Izračunate vrednosti K_6 su prenete u grafikone ili tabele i za njih su takođe izračunate i procenjene matematičko-statističke vrednosti.

5 CALCULATION OF MATHEMATIC-STATISTICAL VALUES

The calculation has been realized individualy for each of wires diameters, of which are steel ropes produced. It has been calculated and judged these values of both ropes [3]:

- Mean value of wires bendings of the same diameter of complete rope,
- Mean value of wires bendings of the same diameter of particular strands,
- Mean value of wires bendings on layers of complete rope and particular strands,
- Minimal and maximal number of wire bendings of the same diameter of complete rope,
- Minimal and maximal number of wires bendings of the same diameter of particular strands,
- Minimal and maximal number of wires bendings on layers of complete rope and particular strands,
- Deviations of mean values of the number of wires bendings of the same diameter of complete rope from standard values,
- Deviation of mean values of the number of wires bendings of the same diameter of the particular strands from standard values,
- Deviation of mean values of the number of wires bendings of the same diameter of the particular layers from standard values,
- Deviation of minimal number of wires bendings of the same diameter from standard value of the complete rope,
- Deviation of minimal number of wires bendings of the same diameter from standard value for particular strands,
- Deviation of minimal number of wires bendings of the same diameter from standard value for particular layers,

5 IZRAČUNAVANJE MATEMATIČKO-STATISTIČKIH VREDNOSTI

Izračunavanje je izvršeno posebno za svaki od prečnika žica, od kojih su izrađena čelična užad. Izračunate su i procenjene sledeće vrednosti za oba užeta [3]:

- Srednja vrednost savijanja žica istog prečnika celog užeta,
- Srednja vrednost savijanja žica istog prečnika pojedinačnih strukova,
- Srednja vrednost savijanja žica na slojevima celog užeta i pojedinačnih strukova,
- Minimalni i maksimalni broj savijanja žica istog prečnika u celom užetu,
- Minimalni i maksimalni broj savijanja žica istog prečnika pojedinačnih strukova,
- Minimalni i maksimalni broj savijanja žica istog prečnika na slojevima celog užeta i pojedinačnih strukova,
- Odstupanje srednjih vrednosti od standardnih vrednosti broja savijanja žica istog prečnika u celom užetu,
- Odstupanje srednjih vrednosti od standardnih vrednosti broja savijanja žica istog prečnika kod pojedinačnih strukova,
- Odstupanje srednjih vrednosti od standardnih vrednosti broja savijanja žica istog prečnika kod pojedinačnih slojeva,
- Ostupanje od standardne vrednosti minimalnog broja savijanja žica istog prečnika kod celog užeta,
- Ostupanje od standardne vrednosti minimalnog broja savijanja žica istog prečnika kod pojedinačnih strukova,
- Ostupanje od standardne vrednosti minimalnog broja savijanja žica istog prečnika kod pojedinačnih slojeva,

- Deviation of maximal number of wire bendings of the same diameter from standard value of the complete rope,
- Deviation of maximal number of wire bendings of the same diameter from standard value for particular strands,
- Deviation of maximal number of wire bendings of the same diameter from standard value for particular layers.

The mean values of the number of bendings have been computed by relation:

$$\bar{o}_{str} = \frac{\sum o}{n} \quad (2)$$

where: Σo - sum of wires bendings for which the mean value is computed,
 n - number of wires for which the mean value is computed.

6 RESULTS AND THEIR ASSESSMENT

Results assessment has been realized from several aspects. We compared mutual dependences among the size K_6 of complete ropes, their strands and particular layers, mutual dependences among mean values of the number of bendings by wire diameter in the ropes, particular strands and particular layers of strands.

6.1 Irregularity coefficient of wire strength of steel ropes

There are column graphs of the size K_6 by aforesaid division in the Fig. 1 and Fig. 2. Horizontal linear lines are limits for the insertion of ropes, strands or layers into the qualitative groups.

The size of irregularity coefficient of wires strength for complete ropes is in both cases greater than 3, the ropes are inferior quality with assumption of short lifetime achievement. This statement holds for the third layer of both rope, too and this layer is formed from wires about diameter 2,50 mm. Wires of the same diameter in the second layer of ropes have very great difference of the size K_6 , the second layer of the B rope falls into the I. qualitative group, the second layer of the A rope is in the III. qualitative group, the second layer of the A rope is in the III. qualitative group with the greatest value of K_6 . The wires of the first layer of both judged ropes with the wire diameter 1,90 mm fall into the I. qualitative group on the basis of the size $K_6 < 2$. The B rope has less size K_6 in all cases.

- Odstupanje od standardne vrednosti maksimalnog broja savijanja žica istog prečnika kod celog užeta,
- Odstupanje od standardne vrednosti maksimalnog broja savijanja žica istog prečnika kod pojedinačnih strukova,
- Odstupanje od standardne vrednosti maksimalnog broja savijanja žica istog prečnika kod pojedinačnih slojeva.

Srednje vrednosti broj savijanja izračunate su pomoću izraza:

$$\bar{o}_{str} = \frac{\sum o}{n} \quad (2)$$

gde je: Σo - zbir savijanja žica za koje se izračunava srednja vrednost,
 n - broj žica za koje se izračunava srednja vrednost.

6 REZULTATI I NJIHOVA ANALIZA

Analiza rezultata je izvršena sa nekoliko aspekata. Uporedili smo međusobne zavisnosti između veličine K_6 celog užeta, njegovih strukova i pojedinačnih slojeva, međusobnu zavisnost između srednjih vrednosti broja savijanja po prečniku žice u užetu, pojedinačnim strukovima i pojedinačnim slojevima strukova.

6.1 Koeficijent neravnomernosti jačine žica kod čelične užadi

Postoje stubasti grafikoni veličine K_6 prema prethodno pomenutoj podeli na Slici 1 i 2. Horizontalne linije predstavljaju područja ubacivanja užadi, strukova ili slojeva u kvalitativne grupe.

Veličina koeficijenta neravnomernosti jačine žica kod cele užadi u oba slučaja je veća od 3, užad su slabijeg kvaliteta, uz pretpostavku da će imati kraći vek trajanja. Ovaj iskaz važi za treći sloj oba užeta, a ovaj sloj je sastavljen od žica prečnika od oko 2,50 mm. Žice istog prečnika u drugom sloju užadi imaju veoma veliku razliku u veličini K_6 , gde drugi sloj užeta B spada u 1. Kvalitativnu grupu, drugi sloj A užeta je u 3. kvalitativnoj grupi, sa najvećom vrednošću K_6 . Žice prvog sloja oba procenjena užeta, sa prečnikom žice od 1,90 mm spada u 1. Kvalitativnu grupu na osnovu veličine $K_6 < 2$. Užet B ima manju vrednost K_6 u svim slučajevima.

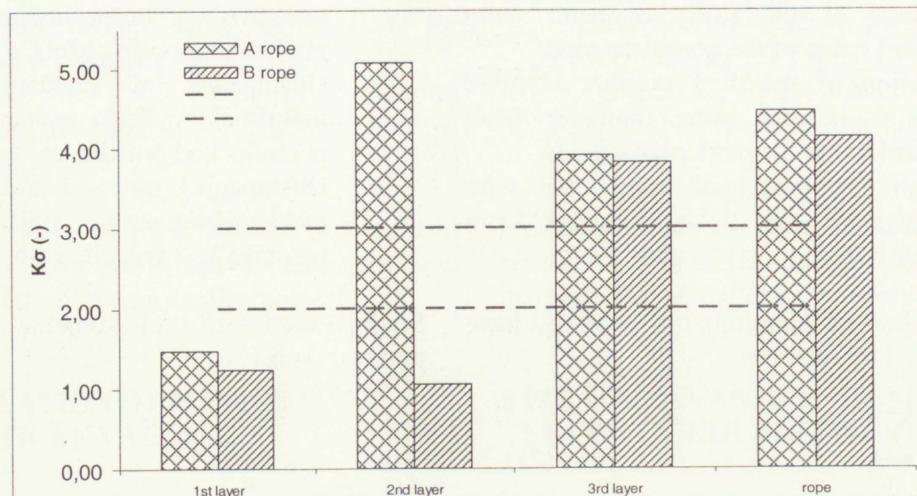


Figure 1 K_σ for particular layers of ropes and complete ropes
slika 1 K_σ za pojedinačne slojeve užadi i celog užeta

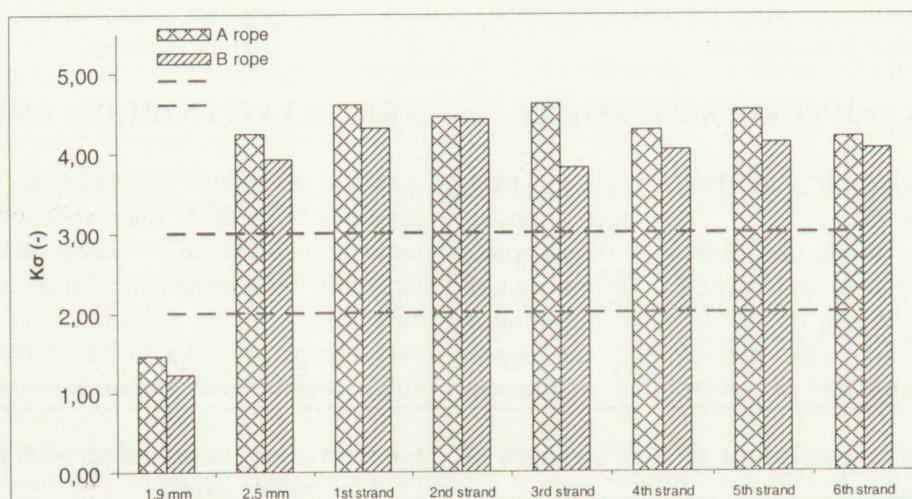


Figure 2 K_σ for particular diameters of wires and strands of ropes
slika 2 K_σ za pojedinačne prečnike žica i strukove užadi

It is possible to perform this statement also by comparison of the sizes K_σ for particular strands of both ropes. All strands have the size $K_\sigma > 3$, fall into the III. qualitative group, like the wires of both ropes about diameter 2,50 mm. The wires about diameter 1,90 mm, representative the first layer of ropes, have coefficient $K_\sigma < 2$, fall into the I. qualitative group.

6.2 Mathematic-statistical values of both wires

Computed values which were designated in the 5. chapter, will be evaluated step by step. There are mean values of wires bendings of complete ropes by diameters and the mean values of wires bendings by rope strands and wires diameter in the Fig. 3.

Prethodni iskaz je moguće realizovati poređenjem vrednosti K_σ kod pojedinačnih strukova oba užeta. Svi strukovi imaju vrednost $K_\sigma > 3$, ispadaju u 3. Kvalitetnu grupu, kao žice oba užeta prečnika oko 2,50 mm. Žice prečnika oko 1,90 mm, predstavljaju prvi sloj užadi, imaju koeficijent $K_\sigma < 2$, i spadaju u 1. Kvalitativnu grupu.

6.3 Matematičko-statističke vrednosti obe žice

Izračunate vrednosti koje su navedene u 5. poglavlju biće proučene korak po korak. Na slici 3. su prikazane srednje vrednosti savijanja žica kod cele užadi po prečniku, i srednje vrednosti savijanja žica po strukovima užeta i prečnicima.



Figure 3 Mean values of wires bendings of complete ropes and particular strands by wires diameters
slika. 3 Srednje vrednosti savijanja žica kod cele užadi i pojedinačnih strukova po prečnicima žica

By comparison of mean values of wires bendings about diameter 1,90mm and 2,50 mm of complete ropes and particular strands, the wires about diameter 1,90 mm have higher values of bending. The difference among their size for ropes and strands is minimal, we can state similar fact also in the case of wires about diameter 2,50mm. The wires about diameter 1,90 mm in the fifth strand have only greater deviation and it is 2,33 bendings.

The other assessment of the mean values of wires bendings has been performed by layers, computed values are in the Figure 4.

Poređenjem srednjih vrednosti savijanja žica prečnika oko 1,90mm i 2,50 mm kod cele užadi i pojedinačnih strukova, žice prečnika oko 1,90 mm imaju veće vrednosti savijanja. Razlika u veličini užadi i strukova je minimalna, a slično možemo potvrditi u slučaju žica prečnika oko 2,50mm. Žice prečnika oko 1,90 mm u petom struku imaju samo veće odstupanje i ono iznosi 2,33 savijanja.

Druga procena srednjih vrednosti savijanja žica je izvršena po slojevima, a izračunate vrednosti prikazane su na slici 4.

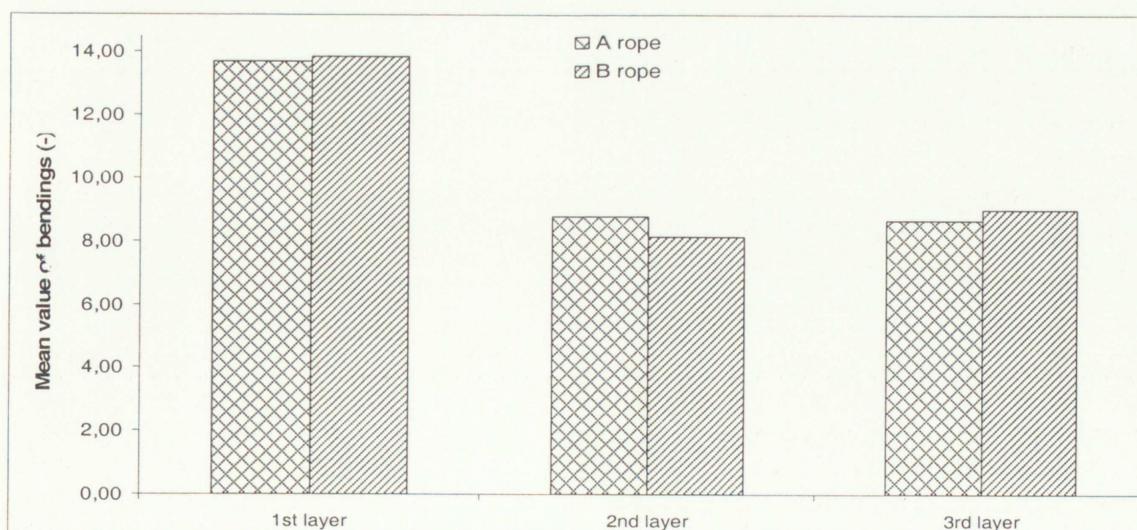


Figure 4 Mean values of wires bendings of complete ropes by layers
slika 4 Srednje vrednosti savijanja žica kod cele užadi po slojevima

The size of mean values of wires bendings by layers of complete ropes corresponds to the size by strands and among layers of both ropes are minimum differences. The wires of B rope in the first and third layer have greater value, the second layer has greater number of mean wires bendings in the case of A rope, however they have the same diameter 2,50 mm as the wires of the third layer.

There are column graphs in the Figure 5 and Figure 6, they present minimal and maximum numbers of bendings in the layers of the both ropes, minimal and maximum numbers of bendings of complete ropes and minimal and maximum numbers of bendings in strands of judged ropes.

Veličina srednjih vrednosti savijanja žica po slojevima cele užadi odgovara veličini strukova a među slojevima oba užeta postoje male razlike. Žice užeta B u prvom i trećem sloju imaju veću vrednost, drugi sloj ima veći srednji broj savijanja žica u slučaju užeta A, iako imaju isti prečnik od 2,50 mm kao žice trećeg sloja.

Na slikama 5 i 6 prikazani su stubasti grafikoni koji predstavljaju minimalne i maksimalne brojeve savijanja u slojevima oba užeta, minimalni i maksimalni broj savijanja cele užadi i minimalni i maksimalni broj savijanja kod strukova posmatrane užadi.

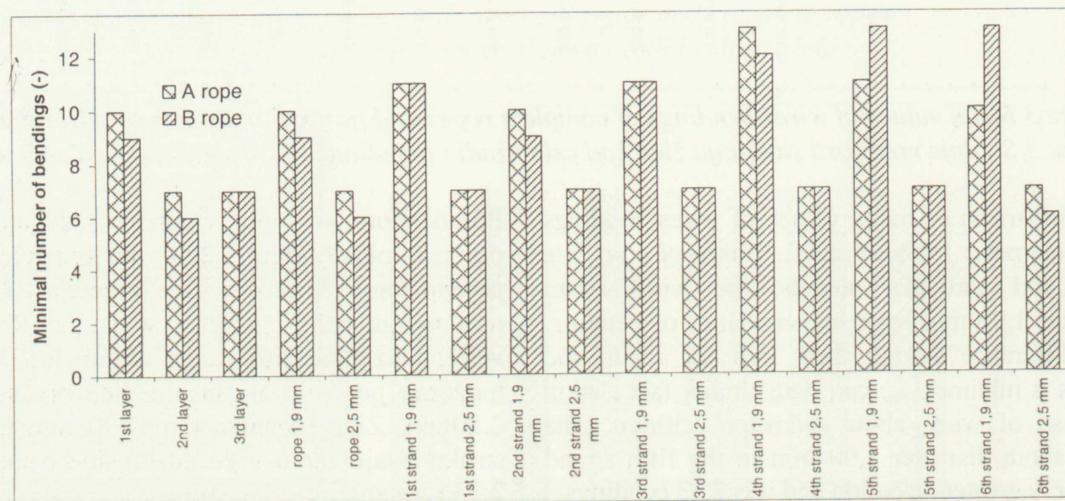


Figure 5 Minimal numbers of bendings of complete ropes in layers and in strands
slika 5 Minimalni broj savijanja u celoj užadi u slojevima i strukovima

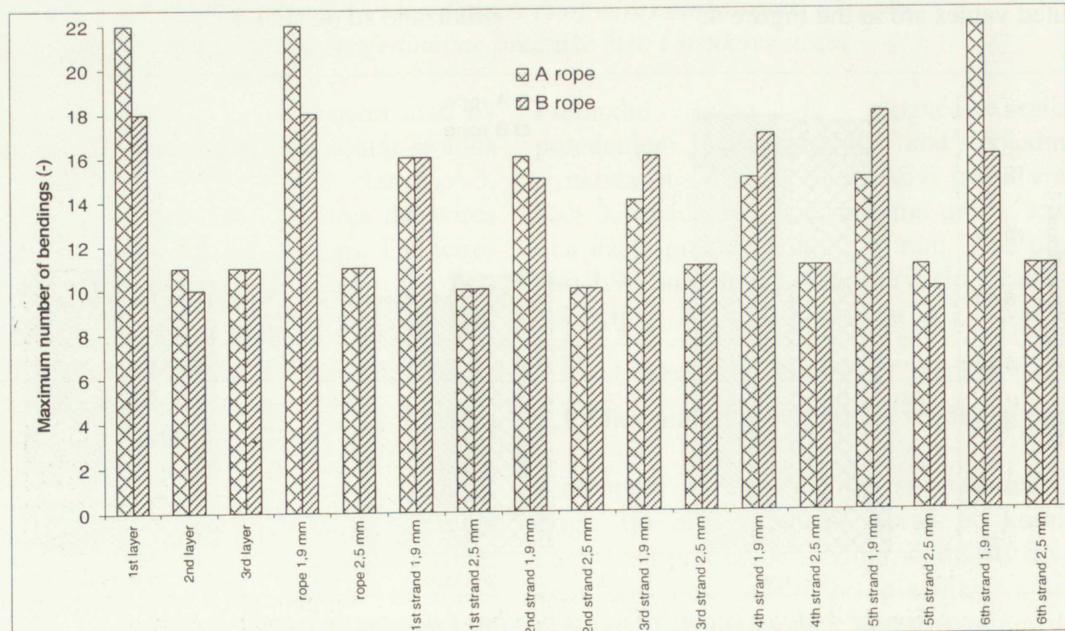


Figure 6 Maximum numbers bendings of complete ropes, in layers and in strands
slika 6 Maksimalni broj savijanja kod cele užadi, u slojevima i strukovima

The higher number of minimal wires bendings of both ropes about diameter 1,90 mm is given by the way of testing, both diameter of wires were convex on roller of the same diameter. In the case of the layers and complete rope the A rope has higher number of minimal bendings to the exclusion of the third layer, where is the same number of minimal bendings. The situation is different by the equations of the minimal number of bendings among the strands of ropes by wires diameter. The wires of both judged ropes about diameter 2,50 mm have the same number of bendings in five strands, the rope B in the sixth strands has less number of bendings. Patchwołky situation is by comparison of wires with diameter 1,90 mm – 2 strands have the same count of minimal bendings in the A and B rope, 2 strands of the A rope have higher minimal numbers of bendings of this diameter and 2 strands of the A rope have less minimal number of bendings.

Maximum count of wires bendings is higher again in wires about diameter 1,90 mm, the A rope has higher count of bendings. The wires about diameter 2,50 mm have the same number of bendings by comparison of complete ropes and in the 3. layer, too. Maximum values of wires bendings of both strands are more different in strands of rope, whereby the wires about diameter 2,50mm are again more homogeneous, they have the same number of bendings in three strands for both ropes. Maximum numbers of wires bendings about diameter 1,90 mm in particular strands are divided as follows:

- One strand has the same count of bendings in the case of both ropes,
- Two strands of the A rope have higher number of bendings in comparison with strands of the B rope,
- Three strands of the B rope have higher number of bendings in comparison with strands of the A rope.

The standard STN 024301 [11] determines minimal number of bendings which have wires by bendings test. This number is depending on rated strength of tested wires and their diameter. There is the radius of testing rollers in the standard. This standard sets 9 minimal numbers of bendings for the wires about diameter 1,90 mm and 5 bendings for the wires about diameter 2,50mm. Minimal and maximum numbers of wires bendings of complete ropes, wires in layers and wires in strands were compared with these values, and it was by calculation of deviations from standard values. Obtained results are in the Figure 7 and Figure 8 and in the Table 1 and Table 2.

Putem testiranja dat je veći broj minimalnih savijanja žica kod oba užeta prečnika oko 1,90 mm, gde su oba prečnika žica bila ispušćena na cilindru istog prečnika. U slučaju slojeva i celog užeta, uže A ima veći broj minimalnih savijanja, uz izuzetak trećeg sloja, gde je isti broj minimalnih savijanja. Situacija je drugačija kod izjednačenja minimalnog broja savijanja između strukova užadi po prečniku žica. Žice oba posmatrana užeta prečnika oko 2,50 mm imaju isti broj savijanja u pet strukova, a uže B u šestom struku ima manji broj savijanja. Do improvizovane situacije dolazi poređenjem žica prečnika 1,90 mm – 2 struka imaju isti broj minimalnih savijanja u užetu A i B, 2 struka užeta A imaju veći minimalni broj savijanja ovog prečnika a 2 struka užeta A imaju manji minimalni broj savijanja.

Maksimalni broj savijanja žica je ponovo veći kod žica prečnika oko 1,90 mm, uže A ima veći broj savijanja. Žice prečnika oko 2,50 mm imaju isti broj savijanja u poređenju sa celom užadi a takođe i u 3. sloju. Maksimalne vrednosti savijanja žica oba struka se više razlikuju u strukovima užeta, gde su žice, prečnika oko 2,50 mm, homogenije, imaju isti broj savijanja u tri struka kod oba užeta. Maksimalni brojevi savijanja žica prečnika 1,90 mm u pojedinačnim strukovima dele se na sledeći način:

- Jeden struk ima isti broj savijanja u slučaju oba užeta,
- Dva struka užeta A imaju veći broj savijanja u poređenju sa strukovima užeta B,
- Tri struka užeta B imaju veći broj savijanja u poređenju sa strukovima užeta A.

Standard STN 024301 [11] određuje broj savijanja koja imaju žice prema testu savijanja. Ovaj broj zavisi od izmerene jačine ispitivanih žica i njihovog prečnika. U standardu je pomenuit i poluprečnik testnih cilindara. Ovaj standard postavlja 9 minimalnih brojeva savijanja kod žica prečnika 1,90 mm i 5 savijanja za žice prečnika oko 2,50mm. Minimalni i maksimalni broj savijanja žica u celoj užadi, žica u slojevima i žica u strukovima upoređeni su sa ovim vrednostima, i to izračunavanjem odstupanja od standardnih vrednosti. Dobijeni rezultati prikazani su na slikama 7 i 8 i u Tabelama 1 i 2.

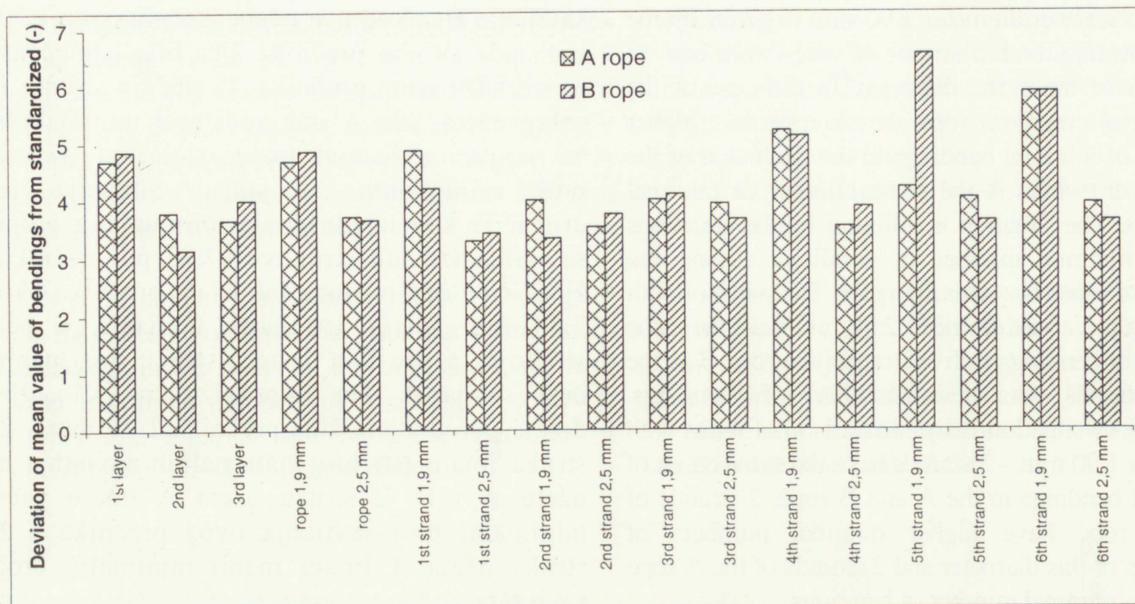


Figure 7 Deviations of mean value of bendings from standardized numbers of bendings
slika 7 Odstupanja srednje vrednosti savijanja od standardnog broja savijanja

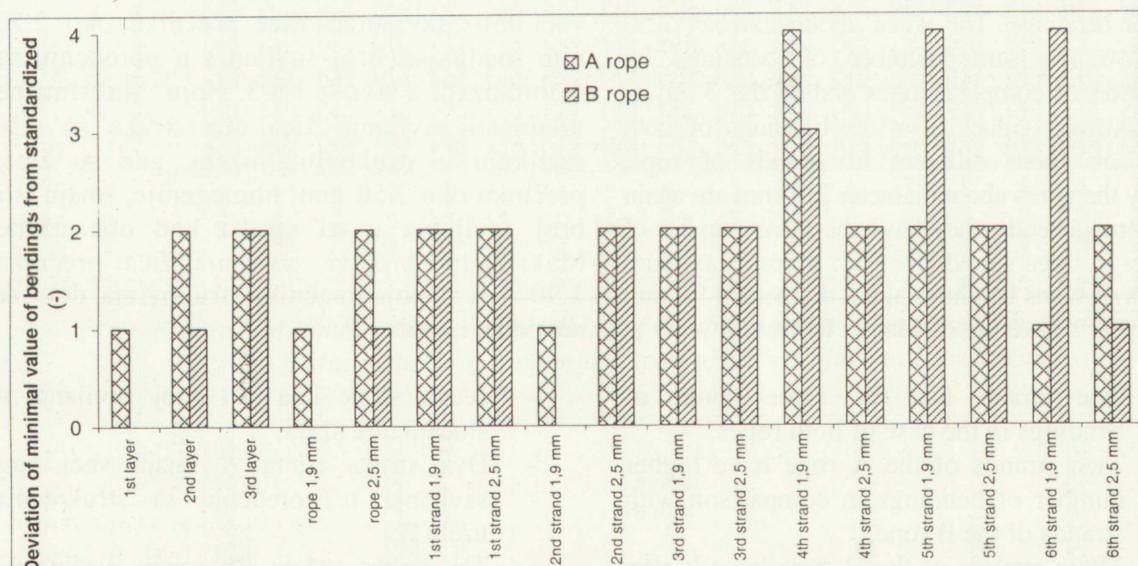


Figure 8 Deviation of minimal number of bendings from standardized numbers of bendings
slika 8 Odstupanje minimalnog broja savijanja od standardizovanog broja savijanja

Table 1 Deviation of maximum number of bendings from standardized numbers of bendings in layers and in complete rope

Tabela 1 Odstupanje maksimalnog broja savijanja od standardnog broja savijanja u slojevima i celom užetu

Deviation of maximum number of bendings form standardized	1 st layer	2 nd layer	3 rd layer	rope 1,9 mm	rope 2,5 mm
rope A	13	6	6	13	6
rope B	9	5	6	9	6

*Table 2 Deviation of maximum number of bendings from standardized counts of bendings
Tabela 2 Odstupanje maksimalnog broja savijanja od standardne vrednosti savijanja*

Deviation of maximum number of bendings from standardized	1 st strand 1,9 mm	1 st strand 2,5 mm	2 nd strand 1,9 mm	2 nd strand 2,5 mm	3 rd strand 1,9 mm	3 rd strand 2,5 mm	4 th strand 1,9 mm	4 th strand 2,5 mm	5 th strand 1,9 mm	5 th strand 2,5 mm	6 th strand 1,9 mm	6 th strand 2,5 mm
rope A	7	5	7	5	5	6	6	6	6	6	13	6
rope B	7	5	6	5	7	6	8	6	9	5	7	6

The size of mean value of bendings deviation from standardized number of bendings ranges from 3 to 6 bendings. Except for one case of the wire about diameter 2,50 in the 2.strand, the deviations are higher by wires about diameter 1,90 mm. By comparison of ropes from 17 suspense values the rope A has 9x less deviation, the rope B 7x and once is the same size of deviation.

Minimal deviation of wires bendings from standardized numbers of bendings of B rope in wires about diameter 1,90 mm is the same in three cases. Deviation of 2 wires bendings about various diameter in both ropes is eight times. In 4 cases the deviation of the A rope is higher in compare with the B rope, from this number it is three times in wires about diameter 2,50mm. Wires about diameter 1,90 mm of two strands of the B rope have higher value of minimal number of bendings deviation from standardized bendings in compare with the A rope.

The size of maximum deviation of numbers of bendings of the A and B rope from standardized is the same in 8 cases from 17 judged values, of this seven times in wires about diameter 2,50mm. The A rope has six times higher values of the maximum deviation of wires bendings, this is four times in wires about diameter 1,90 mm. The B rope has higher value of maximum deviation three times, all in wires about diameter 1,90 mm.

Veličina srednje vrednosti odstupanja savijanja od standardnog broja kreće se od 3 do 6 savijanja. Osim u jednom slučaju žice prečnika oko 2,50 u 2. struku, odstupanja su veća po žicama prečnika oko 1,90 mm. Poređenjem užadi od 17 privremenih vrednosti, uže A ima 9 puta manje odstupanje, uže B 7 puta a jedanput ima isto odstupanje.

Minimalno odstupanje savijanja žica od standaridnog broj savijanja užeta B u žicama prečnika oko 1,90 mm isto je u sva tri slučaja. Odstupanje u savijanjima 2 žice različitih prečnika u oba užeta iznosi osam puta. U 4 slučaja odstupanje užeta A, u poređenju sa užetom B, veće je od ovog broja tri puta u žicama prečnika oko 2,50mm. Žice prečnika oko 1,90 mm dva struka užeta B imaju veću vrednost minimalnog broja odstupanja u savijanjima od standardnih savijanja u poređenju sa užetom A.

Veličina maksimalnog odstupanja u broju savijanja kod užeta A i B od standardnog ista je za 8 od procenjenih 17 slučajeva, od toga 7 puta u žicama prečnika oko 2,50mm. Uže A ima 6 puta veće vrednosti maksimalnog odstupanja u savijanjima žica, to jest, četiri puta u žicama prečnika oko 1,90 mm. Uže B ima tri puta veću vrednost maksimalnog odstupanja, sve to u žicama prečnika od oko 1,90 mm.

7 CONCLUSION

The irregularity coefficient of wires strength of steel rope has in all cases less values in B rope, in this aspect it is possible to consider this rope for more perfectly. At the same time the size of K_6 is only in 5 cases less than 2 from sum total 24 of computed values. This value is the assumption for achievement of very good lifetime. Other 19 values of irregularity coefficient of wires strength have value > 3 , which entails the assumption of

7 ZAKLJUČAK

Koefficijent neravnomernosti jačine žica u čeličnom užetu ima u svim slučajevima manje vrednosti u užetu B, i u ovom aspektu moguće je bliže posmatrati ovo uže. U isto vreme veličina K_6 je samo u 5 slučajeva manja od 2 od ukupne 24 izračunate vrednosti. Ova vrednost predstavlja pretpostavku veoma dugog veka trajanja. Drugih 19 vrednosti koefficijenta neravnomernosti jačine žica imaju vrednost > 3 , što ima za posledicu

the inferior lifetime of steel rope. To this commutes for very insufficient homogeneity of wires strength and by that to origin of different tensions by their load with the same force [1].

It is not possible to draw the clear conclusion by quality of steel ropes assessment which are marked A and B on the basis of comparison of their bendings. Computed and judged statistic values are for these ropes alternately higher, or lower. But every wires of both ropes reach minimal number of bendings which are specified in standard, so they are suitable for application in operation.

In the paper presented results corroborate the facts, that it is not real to reach the same quality of ropes in the same producer. Different quality is consequence of the unsteadiness of mechanical properties of steel rope wire which is caused by their production with breach of technologic process and with the next wires selection with at least approximately the same mechanical properties for every producted rope.

prepostavku kraćeg veka trajanja čeličnog užeta. Ovome doprinosi veoma nedovoljna ravnomernost jačine žica a to dovodi do nastanka različitih vrsta zategnutosti usled opterećenja istom silom [1].

Nije moguće izvući jasan zaključak po kvalitetu procene čelične užadi koja su obeležena sa A i B na osnovu poređenja njihovih savijanja. Izračunate i ocenjene statističke vrednosti za ovu užad su naizmenično više i niže. Ali svaka žica oba užeta dostiže minimalni broj savijanja koja su navedena u standardu, tako da su pogodne za primenu u radu.

Rezultati prikazani u radu potkrepljuju činjenice da nije realno postići isti kvalitet užadi kod istog proizvođača. Različit kvalitet je posledica neujednačenosti mehaničkih osobina žica u češčnom užetu što je prouzrokovano njihovom izradom uz proboj tehnološkog procesa i uz izbor sledećeg seta žica sa makar približno istim mehaničkim osobinama za svako proizvedeno uže.

REFERENCES / LITERATURA

- [1] Boroška, J., Hulín, J., Lesňák, O. : Oceľové laná. Alfa Bratislava, 1982. 480 s.
- [2] Bindzár, P. : Možné metódy hodnotenia kvality oceľových lán pomocou výpočtovej techniky. Transport & Logistics, mimoriadne vydanie 2003, s. 247 – 250.
- [3] Bindzár, P., Boroška, J. : Štatistické hodnotenie mechanických vlastností oceľových lán s rôznymi priemermi drôtov vo vrstvách. In : Výskum, výroba a použitie oceľových lán, XII. medzinárodná konferencia, Podbanské 2002. I. Kubovčík – VKV, s. 5 – 8.
- [4] Fedorko, Gabriel - Fabian, Michal - Stanová, Eva: Lano v CAD - modelovanie na základe matematických vzťahov. In: IT CAD. vol. 16, no. 3 (2006), p. 40-42. ISSN 1802-0011
- [5] Hrabovský, L.: Ocelová drátěná lana – Bezpečnost - dle ČSN EN 12385. XIII. medzinárodná konferencia „Výskum, výroba a použitie oceľových lán“. Podbanské – Vysoké Tatry, 24. - 26.5.2004, Transport Logistika, ISSN 1541-107X, str.147-150
- [6] Michalík, P.: Antikorózna ochrana oceľových lán. Výrobné inžinierstvo č.1, ročník VI 2007. s. 35-37 , ISSN 1335-7972
- [7] Molnár, V., Boroška, J., Kučera, S. : Hodnotenie kvality oceľových lán koeficientom nerovnomernosti pevnosti drôtov. In. : Doprava a logistika,mimoriadne číslo 5/2008, s. 120-124.
- [8] Ristović I., Grujić, M.: Some Aspects of Steel Wire Ropes use for Discontinuous and Auxiliary Equipment in Open-pit Mines, p.p. 215-222, XII medzinárodná konferencia Vyskum, výroba a použitie ocelovych lan, Vysoke Tatre Slovačka
- [9] Stanová, Eva - Husáková, Nikoleta: Effect of geometrical parameters on the steel rope metal cross-section. In: ICPM '07 : International conference Presentation of mathematics '07 : Sborník příspěvků: September 18-21, 2007, Liberec. Liberec : TU, 2007. p. 111-116. ISBN 978-80-7372-252-4
- [10] STN 02 4362 Oceľové laná šestpramenné s trojbokými prameňmi s 234 drôtmí.
- [11] STN 02 4301 Oceľové laná. Technické dodacie predpisy.

Review/Recenzija: prof. dr Dragoslav Kuzmanović