

PRIEČENIE MOSTOVÝCH ŽERIAVOV A ĎALŠIE MOŽNOSTI JEHO IDENTIFIKÁCIE**THE CROSS-TRAVEL OF BRIDGE CRANES AND OTHER POSSIBILITIES OF IDENTIFICATION**Peter Bigoš, František Trebuňa, Juraj Ritók, Eva Faltinová¹**Abstract:**

There is suggested in this contribution a new method to determine the type of cross-travel of bridge cranes. This new method of determination of cross-travel forces is based on the tensometric measurement of bending stress in the four cross beam cross sections. It is possible to determine the real cross-travel effect by means of analysis of measured time behaviours. After this analysis can be evaluated the influence of cross-travel on the wear of wheels and crane runway rails.

1. Úvod

V technickej praxi často dochádza k opotrebeniu vodiacej štruktúry, čo spôsobuje zníženie spoľahlivosti zdvíhacích zariadení. Prakticky to znamená opotrebenie koľajníc a kolies žeriava. Vodiacu funkčnú štruktúru môžeme charakterizovať ako kinematickú dvojicu „koleso-koľajnica“. Príspevok sa zaoberá experimentálnym a analytickým riešením opotrebenia vodiacej funkčnej štruktúry konkrétneho zdvíhacieho zariadenia.

2. Popis skúmaného objektu

Skúmaným objektom sú mostové kliešťové žeriavy s nosnosťou 50 t. Slúžia na manipuláciu s brami s hmotnosťou jednej bramy cca. 18 000 kg. Žeriavy bežne prenášajú dve bramy s rozmermi 8200x1290x220mm, čo odpovedá celkovej hmotnosti manipulovaného bremena cca. 36 000kg.

Základné parametre kliešťového žeriava:

- | | |
|----------------------------|-------------|
| • nosnosť | 50 000 kg, |
| • vlastná hmotnosť žeriava | 186 665 kg, |
| vlastná hmotnosť mačky | 83 490 kg, |
| • kolesové tlaky: | |
| - maximálne | 817 kN, |
| | 867 kN, |
| - minimálne | 298 kN, |
| | 339 kN, |
| • rozpätie | 31 800 mm, |
| • rozvor | 7 800 mm, |

¹ Prof.Ing.Peter Bigoš,CSc., Ing.Juraj Ritók, Ing.Eva Faltinová, Katedra dopravných zariadení a logistiky,
Prof.Ing.František Trebuňa,CSc. Katedra aplikovanej mechaniky,
Strojnícka fakulta, Technická univerzita v Košiciach, Letná 9, SK 041 87 Košice
e-mail: bigi, ritok, efal, trebuna@tuke.sk

- rozchod mačky 6 000 mm,
- priemer pojazdových kolies žeriava 900 mm
- priemer pojazdových kolies s nákolkom 950 mm,
- koľajnice žeriavovej dráhy JKL 120
- a ich materiál 10 650.

Kliešťové žeriavy 50t-31,8m pozostávajú z dvoch hlavných nosníkov uzatvoreného skriňového prierezu, po ktorých sa pohybujú mačky s nosnosťou hlavného kliešťového zdvihu 50t. Na mačkách sú pomocné zdvihy s nosnosťou 32t. Nosníky sú na koncoch rozšírené kvôli pripojeniu k priečnikom a z vonkajšej strany sú k priečnikom prostredníctvom čapov upevnené vahadlá, na ktorých sú uchytené čapy s (poháňanými a nepoháňanými) kolesami. K vnútornej strane nosníkov sú pripojené priečniky skriňového prierezu.

3. Výpočtová analýza priečenia

Bežné zaužívané normové chápanie priečenia žeriava je také, že vzniká pri jazde mosta žeriava po žeriavovej dráhe (vodiacej štruktúre) a v dôsledku neho vzniká dvojica síl pôsobiaca kolmo na koľajnicu v úrovni hornej hrany. Sily dvojice podľa STN 27 0103 sa určia podľa vzťahu:

$$H_{tp} = \lambda \Sigma K(N) \quad , \text{ kde } \quad \lambda = 0,0025 \frac{L}{S} \quad (1)$$

L – rozpätie žeriava,

S – rozvor čapov vahadiel,

$\Sigma K(N)$ - zaťaženie vahadiel (podvozku) na najviac zaťaženej vetve žeriavovej dráhy od vlastnej hmotnosti žeriava a mačky s celkovým bremenom v najúčinnejšej polohe.

Ramenom dvojice síl H_{tp} je rozvor čapov.

Ďalším prípadom s ktorým normy nepočítajú je, ak vahadlo sa nemôže pootáčať okolo vertikálnej osi, dvojica síl H_{tp} od priečenia pôsobí na kolesá na jednom vahadle. Tým sa mení situácia namáhania koľajníc a nákolku pojazdových kolies.

Počas prevádzky sa tieto stavy môžu striedavo meniť. Odpoveď na túto skutočnosť môže poskytnúť experiment. Základná rozmerová schéma žeriavov je na obr. 1.

Pre priečny prierez priečnika, rez P-P z obr. 1 sú prierezové moduly:

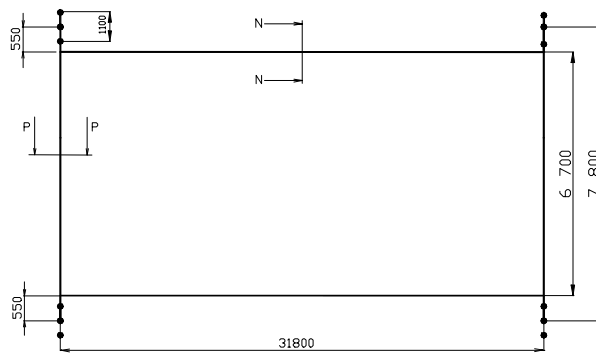
$$W_x = 13\,577\,189 \text{ mm}^3$$

$$W_z = 11\,142\,764 \text{ mm}^3$$

Pre priečny prierez nosníka, rez N-N z obr. 1 sú prierezové moduly:

$$W_y = 51\,822\,111 \text{ mm}^3$$

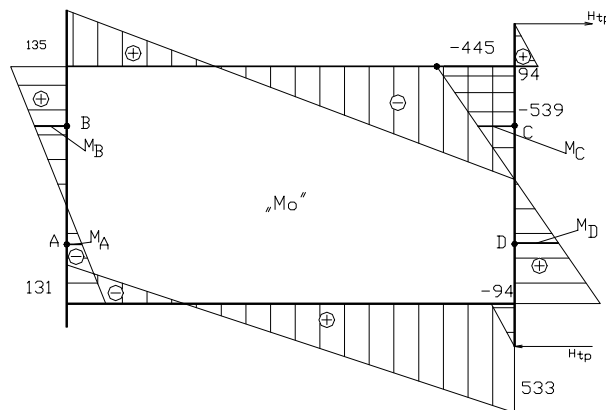
$$W_z = 25\,600\,000 \text{ mm}^3$$



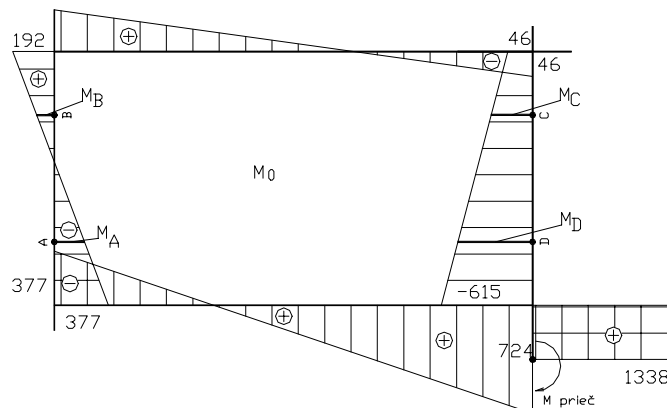
Obr. 1 Základná rozmerová schéma mosta žeriava

Sila priečenia podľa rov.(1), v kap. 2 uvedených základných parametrov a obr. 1 pre uvedený žeriav je $H_{tp} = 0,025 \frac{31800}{7800} (817 + 867) = 171,64 \text{ kN}$.

Pre túto silu priečenia a pri uvažovaní, že pôsobí na dve vahadlá, je priebeh ohybových momentov v horizontálnej rovine na obr. 2. Na obr. 3 je priebeh ohybových momentov, ak sila priečenia pôsobí na dve kolesá na jednom vahadle. Priebehy ohybových momentov na uvedených obrázkoch boli určené pre 3x staticky neurčitú rámovú konštrukciu žeriava z kanonických rovníc pre staticky neurčité veličiny a z priebehu ohybových momentov od zaťaženia silami $H_{tp} = 171,64 \text{ kN}$ pôsobiacich raz v čapoch dvoch vahadiel a druhý krát na dvoch kolesách jedného vahadla.



Obr. 2 Priebeh ohybových momentov od vodorovných bočných síl priečenia cez dve vahadla

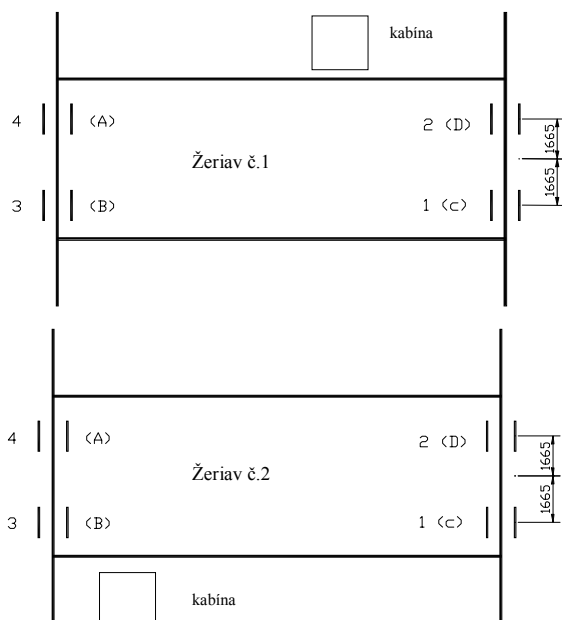


Obr. 3 Priebeh ohybových momentov od vodorovných bočných síl priečenia cez jedno vahadlo

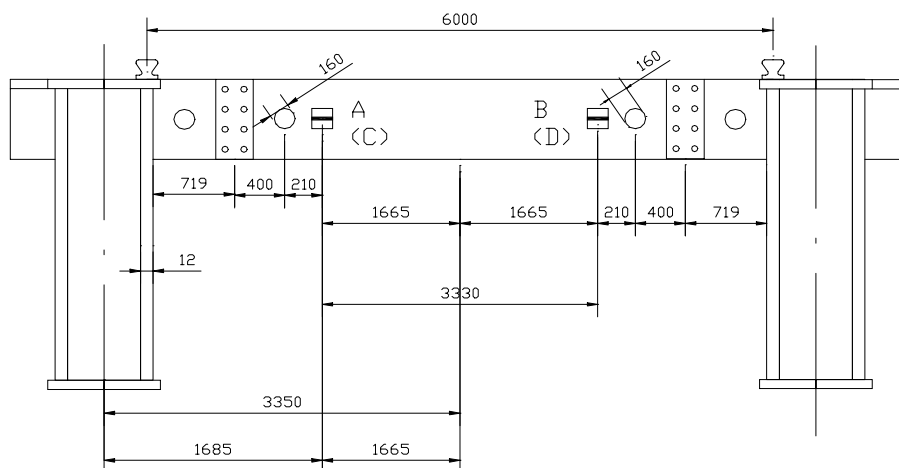
4. Tenzometrické meranie

Na základe rozboru výpočtu priečenia bola navrhnutá metodika tenzometrického merania pomerných deformácií vo vybraných miestach priečnikov dvoch mostových kliešťových žeriavov 50t-31,8m.

Schéma umiestnenia snímačov na žeriavoch je na obr.4 a obr.5. V tab. 1 sú vypočítané hodnoty momentov a napätí v miestach merania na základe priebehov podľa obr.2 a 3.



Obr. 4 Umiestnenie tenzometrických snímačov



Obr. 5 Označenie miest aplikácie snímačov

V miestach prierezov 1 až 4 (pozri obr.4) boli aplikované po dva snímače typu Microtechna A320 s ohmickou hodnotou $320\ \Omega$ a konštantou deformačnej citlivosti $k = 2,30$ v strede výšky priečnikov. Jeden snímač bol aplikovaný z vnútornej strany a druhý z vonkajšej strany priečnika. Vhodným zapojením snímačov je zabezpečená teplotná kompenzácia a vylúčenie ťahu, t.j. merá sa deformácia od ohybu v horizontálnej rovine. Aplikácia snímačov bola vykonaná tenzometrickým tmelom X60 a chránené povlakom SG250 od fy. HBM.

Tabuľka č. 1 Vypočítané momenty a napätia

MOMENTY A NAPÄTIA V MIESTE SNÍMAČOV		
Prípad	Nepriečenná strana	Priečenná strana
Priečenie cez jedno vahadlo	$M_A = -239 \text{ kNm}$ $\sigma_A = 21 \text{ MPa}$ $M_B = 48,9 \text{ kNm}$ $\sigma_B = -4,4 \text{ MPa}$	$M_C = -189,1 \text{ kNm}$ $\sigma_C = 16,9 \text{ MPa}$ $M_D = -471,9 \text{ kNm}$ $\sigma_D = 42,3 \text{ MPa}$
Priečenie cez dve vahadla	$M_A = -64,1 \text{ kNm}$ $\sigma_A = 5,8 \text{ MPa}$ $M_B = 68,1 \text{ kNm}$ $\sigma_B = -6,1 \text{ MPa}$	$M_C = -222,7 \text{ kNm}$ $\sigma_C = 20 \text{ MPa}$ $M_D = 216,7 \text{ kNm}$ $\sigma_D = -19,5 \text{ MPa}$

5. Diskusia výsledkov

Na diagrame D1 a D2 sú znázornené časové priebehy napätí od ohybu v horizontálnej rovine v miestach merania 1, 2, 3 a 4 (obr. 4) na žeriave 1, pri simulovaní prevádzkového režimu.

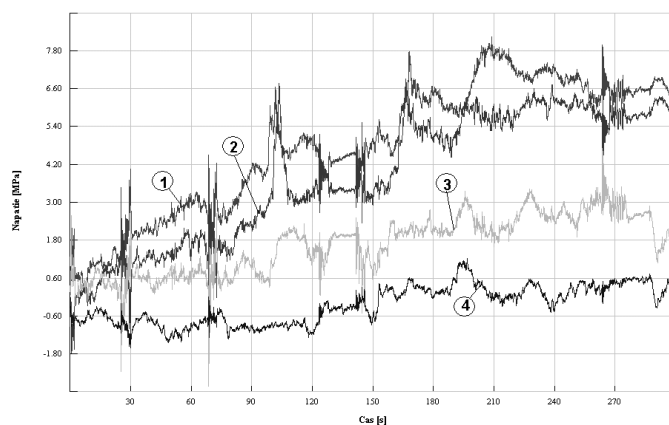


diagram D1

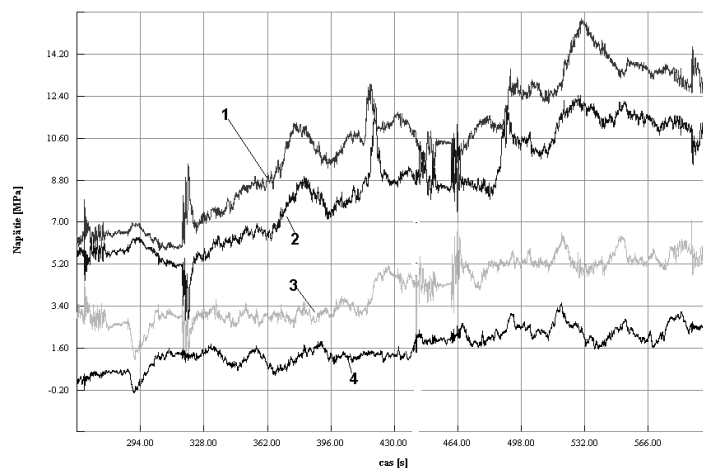


diagram D2

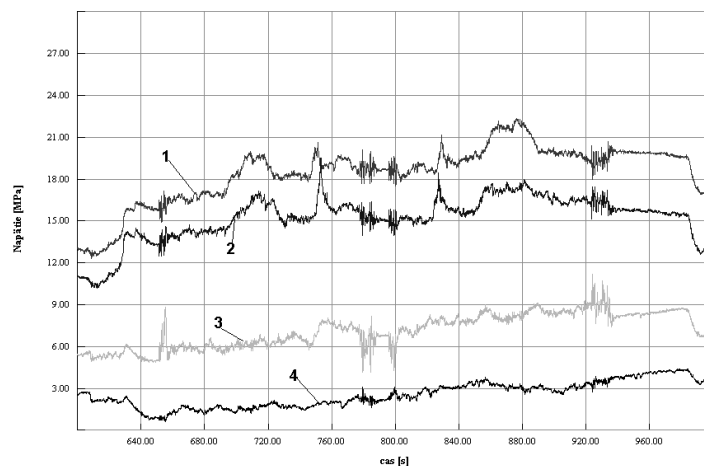


diagram D3

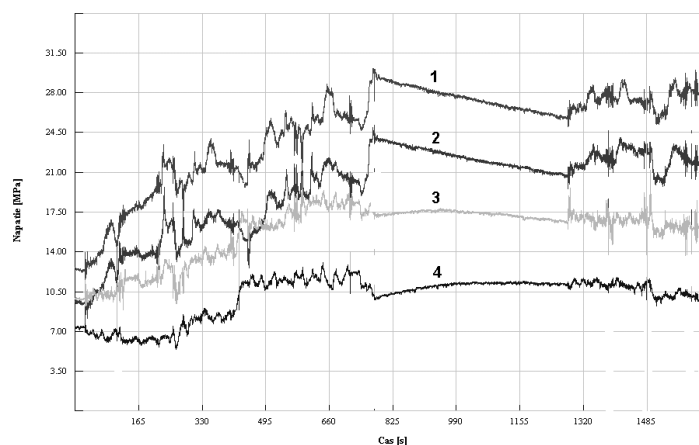


diagram D4

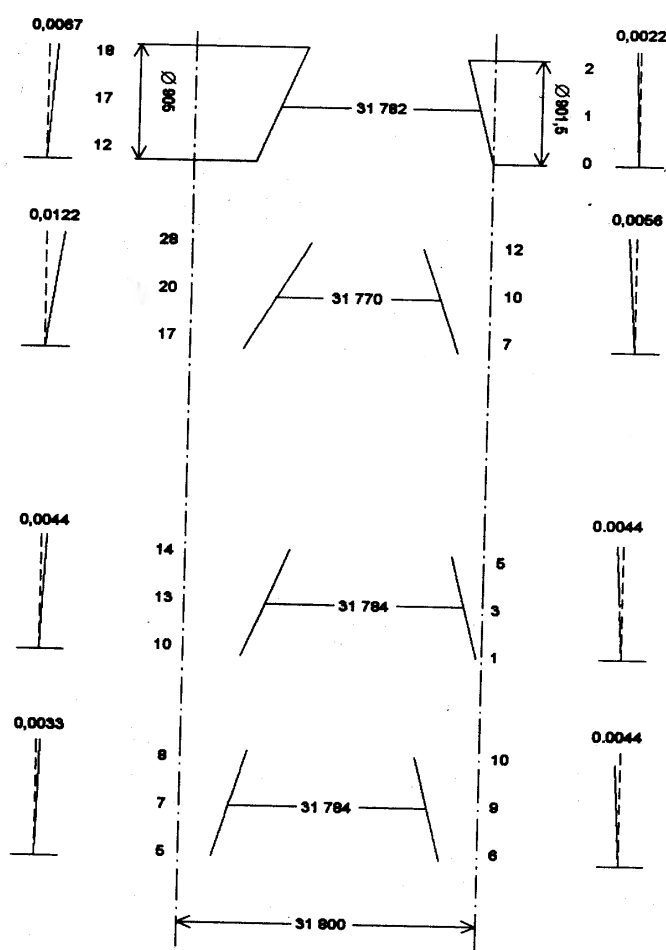
Z nameraných prírastkov napätí na diagrame D1, D2 a D3 je zrejmé priečenie na žeriave 1 (obr. 4). Priebehy dokazujú, že dochádza k priečeniu na jednom a na dvoch váhadlách, čo sa náhodne mení. Najvyššia hodnota napätia v horizontálnej rovine dosiahla 22,3 MPa (pozri diagram D3 v čase 875 s). Tomuto napätiu zodpovedá ohybový moment 248,5 kNm v horizontálnej rovine priečnika v priereze 1 (obr. 4). Taký moment môže byť vyvolaný len priečením na jednom vahadle. Táto skutočnosť jednoznačne potvrdzuje, že na žeriave 1 v dôsledku nesprávnej geometrie vahadiel, nedodržaného rozmeru rozpätia mostu žeriava a priečením nie cez dva vahadla, s ktorým norma STN 27 0103 uvažuje, dosahujú namerané hodnoty napätia na priečnikoch úroveň, ktorej kontaktná sila pri priečení je 650 kN. Táto hodnota kontaktnej sily je 3,84 krát vyššia oproti sile priečenia vypočítanej podľa STN 27 0103.. Hodnota kontaktného tlaku medzi nádkami pojazdových kolies žeriava 1 a hornou hranou koľajníc žeriavovej dráhy výrazne prekračuje dovolenú hodnotu.

Pri ďalších meraniach na žeriave 1 (obr. 4) namerané napätie v priereze priečnika 1 niekoľkokrát dosiahlo hodnotu 30 MPa (pozri diagram D4). Uvedenej hodnote napätia odpovedá sila priečenia 5,1 krát vyššia než je hodnota určená normou STN 27 0103 (171,64 kN). Zo znamienok nameraných ohybových napätí a tomu odpovedajúcich ohybových momentov v horizontálnej rovine v priereze priečnika 1 a 2 na žeriave 1 vyplýva, že vysoké hodnoty napätia a ohybových momentov sú vyvolané aj nesprávnou geometriou žeriava a žeriavovej dráhy, čo potvrdili i geodetické merania (obr. 6). Rýchle a nadmerné opotrebenie

pojzdových kolies žeriava 1 a koľajníc žeriavovej dráhy je teda vyvolané vyššie uvedenými príčinami.

Z porovnania nameraných údajov od priečenia na žeriave č. 2 a č. 1 vyplýva, že hodnoty napätí a ohybových momentov v tých istých rezoch a pri tých istých režimoch prevádzky sú na žeriave 2 nižšie o viac ako trikrát. Geometria žeriavovej dráhy je príčinou vyššieho účinku priečenia aj na žeriave 2 i keď jeho geometria je v súlade s príslušnými normami. Potvrďuje to skutočnosť, že namerané údaje ohybových momentov na priečnikoch žeriava, ktorým odpovedajú sily od priečenia v úsekoch žeriavovej dráhy, kde sú dodržané normové tolerancie odchýliek, sú nižšie ako uvažuje norma STN 27 0103.

Nadmerné opotrebenie žeriavových kolies žeriava č.1 a koľajníc je spôsobené výrazne nesprávnou geometriou podvozku žeriava a koľajníc žeriavovej dráhy, čo potvrdili geodetické merania (obr.6). Tak isto pri žeriave 2 je miestami nameraná sila od priečenia vyššia ako uvažuje norma STN 27 0103.



Obr.6 Geometria žeriava 1

Záver

Na základe podrobnej výpočtovej analýzy možných stavov priečenia, tenzometrického merania napätosti od priečenia, analýzy nameraných a analyticky určených výsledkov riešenia, geodetických meraní geometrie žeriavovej dráhy, mostov a mechanizmov žeriavov, stavu opotrebenia pojzdových kolies a ich geometrie, možno konštatovať, že:

- geometria žeriavovej dráhy nezodpovedá platným normám STN 735130,

- geometria nosnej konštrukcie a mechanizmov (kolies, čapov a vahadiel) mostového žeriava č. 2 v zmysle platných noriem je vyhovujúca,
- geometria nosnej konštrukcie a mechanizmov mostového žeriava č. 1 nezodpovedá požiadavkám v zmysle platných noriem,
- analyticko-numerickými metódami výpočtu namáhania v priečnikoch nosných konštrukcií mostových žeriavov boli modelované priečenia cez jedno vahadlo a cez dve vahadlá na jednej strane mosta,
- hodnoty momentov v miestach merania na priečnikoch vzhľadom na znamienka napätí dokumentujú vznik dvoch modelových situácií,
- tenzometrickým meraním určené hodnoty napätí od priečenia zodpovedajú silám priečenia v súlade s normou STN 270103 a to v úsekoch správnej geometrie žeriavovej dráhy a žeriava č.2,
- namerané hodnoty v priečnikoch na žeriave č. 1 poukazujú na cca 5 násobné zvýšenie ohybových momentov oproti normovým a teda i kontaktných tlakov nákolkov na koľajnicu, čo je jednoznačnou príčinou nadmerných opotrebení hlavy koľajnice a nákolkov kolies,
- päťnásobne vyššie hodnoty síl od priečenia sú úzko zviazané s nevhodnou geometriou ako žeriavovej dráhy tak i žeriava, čo potvrdzuje predovšetkým tenzometrické meranie na žeriave č. 1.

Pre správnu funkciu vodiacej štruktúry je potrebné dať predovšetkým do súladu geometriu žeriavovej dráhy tak, aby zodpovedala požiadavkám noriem STN 735130, STN 732611 a STN 270201. Tiež je potrebné opraviť geometriu žeriava č. 1 tak, aby zodpovedala príslušným normám. Postupný nárast napätí vo všetkých štyroch prierezoch priečnika tým istým smerom je vyvolaný vplyvom rastúcich deformácií v dôsledku ohrevu po príchode žeriava nad horúce bramy. Potvrdzujú to merania. Vplyv vyššieho ohrevu vnútornej strany priečnikov vyvoláva prírastok síl od priečenia, ktoré sa superponujú s mechanickým priečením pri pohybe žeriava. Zníženie vplyvu priečenia v dôsledku nerovnomerného ohrevu priečnikov sa dá vykonať napr. ochranou priečnikov pred sálavým teplom.

Literatúra

Bigoš, P. a kol.: Posúdenie oceľových konštrukcií kliešťových žeriavov č. 1 a č. 2 o nosnosti 50 t a žeriavovej dráhy v lodi D-E výstupného úseku ZPO II. na závode Oceliareň a geodetického merania. SjF TU Košice, 1999, 48 s.