

1. УВОД

Жичаре се широко користе као средство превоза у центрима планинског туризма као и средство јавног превоза, превоза добара и превоза у урбаним срединама.

Аспекти безбедности жичара захтевају посебну пажњу у току планирања, пуштања у погон и периодичних провера у току експлоатације.

Повећање капацитета превезених људи код туристичких или терета код индустријских жичара намеће потребу за нова конструктивна решења елемената подсистема жичара која обезбеђују сигурнији транспорт. Као што је познато вуча терета код жичара остварује се бескрајним челичним ужетом које је повезано са погонском (1) и окретном станицом (2) и елементима између њих (сл.1) [1],[2],[3]. Поред тога што је вучно, челично уже је носеће.

С обзиром на сталну тежњу за повећаним капацитетом превезених скијаша код путничких, односно терета код индустријских жичара, то је неопходно обезбедити сигуран и поуздан транспорт људи, односно терета. Овај захтев је од посебног значаја за превоз скијаша. Хаваријска појава изражена кроз кидање челичног ужета је веома ретка [4], али појава спадања ужета са батерије ролни стуба и уједњаче окретне станице је присутнија.

У току експлоатације двоседне жичаре Крчмар на Копанику дошло је до учесталог спадања вучног ужета са уједњаче окретне станице чиме је угрожена безбедност скијаша.

Прегледом саме уједњаче окретне станице утврђено је да постоје знатна оштећења њене гумене облоге. Из тог разлога извршено је снимање геометрије окретне станице при чему је утврђено да постоји закретање хоризонталне равни уједњаче у негативном смеру у правцу трасе као и закретање исте у бочном правцу. Услед наведених закретања средње равни уједњаче долази до појаве оштећења гумене облоге као и спадања вучног ужета услед његовог неправилног уласка.

ПРИЛОГ ПОБОЉШАЊУ ВЕЗЕ УЈЕДЊАЧЕ СА СТУБОМ ОКРЕТНЕ СТАНИЦЕ ЖИЧАРЕ

Проф. др Миле Савковић,

Проф. др Миломир Гашић,

Мр Небојша Здравковић,

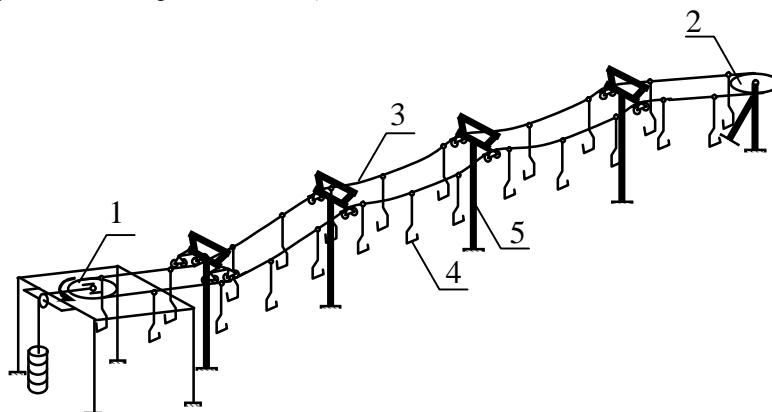
Машински факултет у Краљеву

Резиме

Стандардно решење везе уједњаче окретне станице, изведено преко рукавца који је заварен са стубом није погодно за отклањање депланације уједњаче која настаје због денивелације темеља стуба.

У раду су анализирани узроци такве појаве и предложено решење везе уједњаче са стубом преко рукавца која даје могућност подешавања равни уједњаче. Са таквом везом смањена је појава спадања ужета са уједњаче што директно утиче на сигурност превоза скијаша код туристичких, односно терета код индустријских жичара.

Кључне речи: жичара, уједњача, окретна станица



1. погонска и затезна станица
2. окретна станица
3. бескрајно уже за ношење и вучу
4. седиште
5. стуб

Сл. 1. Једноужетна жичара

Ова појава је нарочито изражена код окретних станица са једним носећим стубом (слика 2) или носећим стубом са подупирачем (слика 3), али се ретко јавља када се изводе масивни стубови окретне станице велике крутости са одговарајућим уводником ужета (слика 4).



Сл. 2. Окретна станица-вертикални стуб



Сл. 3. Окретна станица-вертикални стуб са подупирачем



Сл. 4. Окретна станица велике крутости

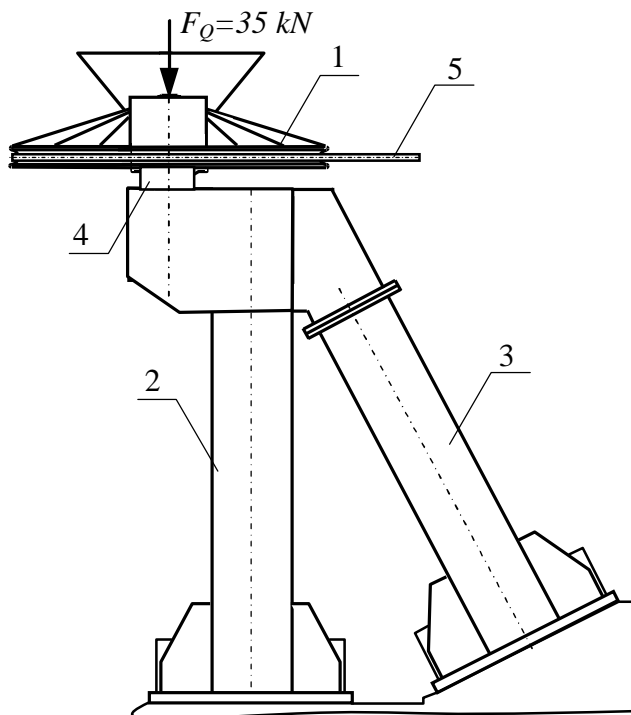
Стабилност носећих стубова, као и погонске и окретне станице жичара услед вертикалних и бочних осцилација је од изузетног значаја за њихов исправан рад. Вертикалне и бочне осцилације седежница су узроковане осциловањем терета и јаким дејством уздужног и бочног ветра и могу довести до спадања или чак и кидања ужета.

2. АНАЛИЗА УЗРОКА СПАДАЊА УЖЕТА СА УЖЕТЊАЧЕ ОКРЕТНЕ СТАНИЦЕ ЖИЧАРЕ КРЧМАР

Окретна станица на жичари Крчмар је изведена од челичне конструкције у облику вертикалног стуба са косим подупирачем (сл. 5).

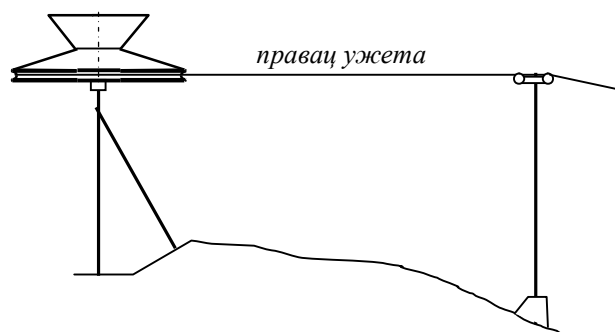
Стуб и подупирач су изведени у облику кутијастог носача. На горњем делу стуба (2) се налази цилиндрични рукавац (4) око којег се слободно okreће ужетњача (1).

Да би вучно и носеће уже имало исправан "улаз" у жлеб ужедњаче, потребно је да се равна која пролази кроз осу жлеба ужетњаче и равна у којој се налази уже при улазу у жлеб ужедњаче поклапају. Тај услов је остварив ако се правац ужета од ваљчића са задњег стуба поклапа са правцем жлеба ужедњаче (сл.6).



1. Уедњача
2. Вертикални стуб
3. Подупирач стуба
4. Цилиндрични рукавац
5. Уже

Сл. 5. Окретна станица жичаре Крчмар

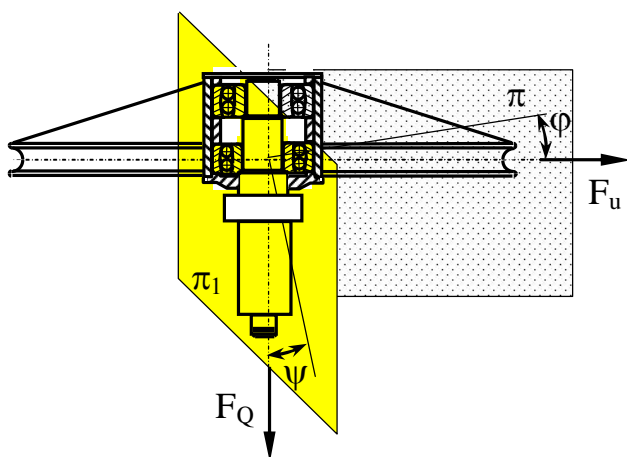


Сл. 6. Услов правилног уласка ужета у ужедњачу окретне станице

Такође, од великог значаја је и обезбеђење одговарајуће силе затезања ужета како би се спречила појава великог угиба у вертикалној равни између окретне станице и задњег стуба трасе (слика 6). Овај проблем се најчешће решава тако што се постављају допунске котурне батерије на окретној станици пре самог наиласка ужета на ужетњачу (слика 2 и слика 3).

У експлоатационим режимима рада жичаре Крчмар показало се да долази до промене правца уједњаче у односу на правац ужета. Узрок ове негативне појаве је слегање земљишта, које изазива денивелацију фундамента стуба окретне станице. Тада уже не улази правилно у профилисани жлеб, чиме се, поред дејства оптерећења ужета, стварају услови за његово спадање са уједњаче. Решења са рукавцем уједњаче, који је фиксно везан за стуб погодују спадању ужета са уједњаче.

Конструктивно решење везе уједњаче са стубом преко рукавца који омогућује закретање равни уједњаче у међусобно управним равнима π и π_1 (сл. 7) даје могућност, пре сваке сезоне или повремено у току сезоне, подешавање уједњаче окретне станице тако да се обезбеђује правилан улаз ужета. Тако је појава спадања ужета са уједњаче окретне станице сведена на минимум.

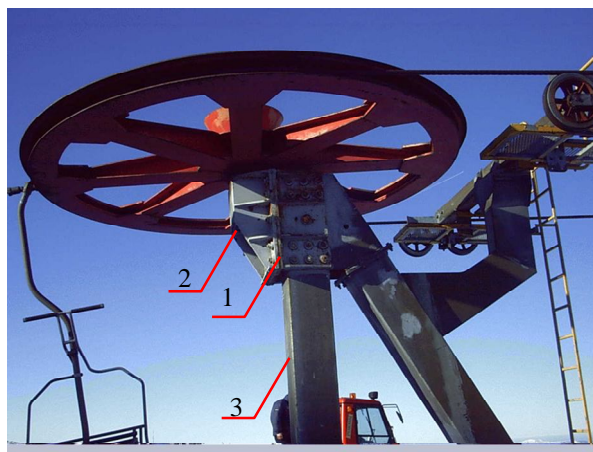


Сл. 7. Равни закретања уједњаче

Побољшано решење везе уједњаче са стубом мора, такође, да пренесе оптерећење од силе у ужадима F_u и од тежине уједњаче са њеном носећом конструкцијом на стуб окретне станице F_Q .

Решење које пружа могућност угаоних померања рукавца уједњаче (ϕ и ψ) се састоји из два бочна угаона носача (1) и једног чеоног носача (2) (сл.8 и сл.9) [1].

Чеони носач има у себи уграђену чауру у коју се поставља стожер, на коме се налази ужетњача. Закретање стожера са ужетњачом се врши тако што се закрећу угаони или чеони носач, зависно од измерених одступања пре пуштања жичаре у погон.



1 - Бочни угаони носачи који су окретни око осе x-x
2 - Чеони угаони носач који је окретан око осе у-у
3 - Стуб

Сл. 8. Носачи рукавца уједњаче који обезбеђују угаоно померање рукавца уједњаче

3. ПРОВЕРА НОВОГ РЕШЕЊА НА ЖИЧАРИ КРЧМАР-КОПАОНИК

Израз за силу затезања ужета услед сопствене тежине, тежине скијаша и силе затезања тегом за i -ти стуб у вучној грани може се добити коришћењем модела приказаног на слици 10 [4] [5] [6], [7].

Пошто је конструктивно решење жичаре Крчмар тако изведено да је погонска станица уједно и затезна и да се налази у подножју брда шема за прорачун вучне силе за савладавање висинске разлике приказана је на слици 11 [7].

Основне техничке карактеристике жичаре Крчмар су:
Пројектовани капацитет транспорта $Q=1200$ [скуј/час]

Транспортна брзина за скијаше $v_t=2.5$ [m/s]

Убрзање код погонског мотора $a_p=0.2$ [m/s²]

Маса једног скијаша $m_{sk}=80$ [kg]

Број путника по једном седишту $n_{sk}=2$

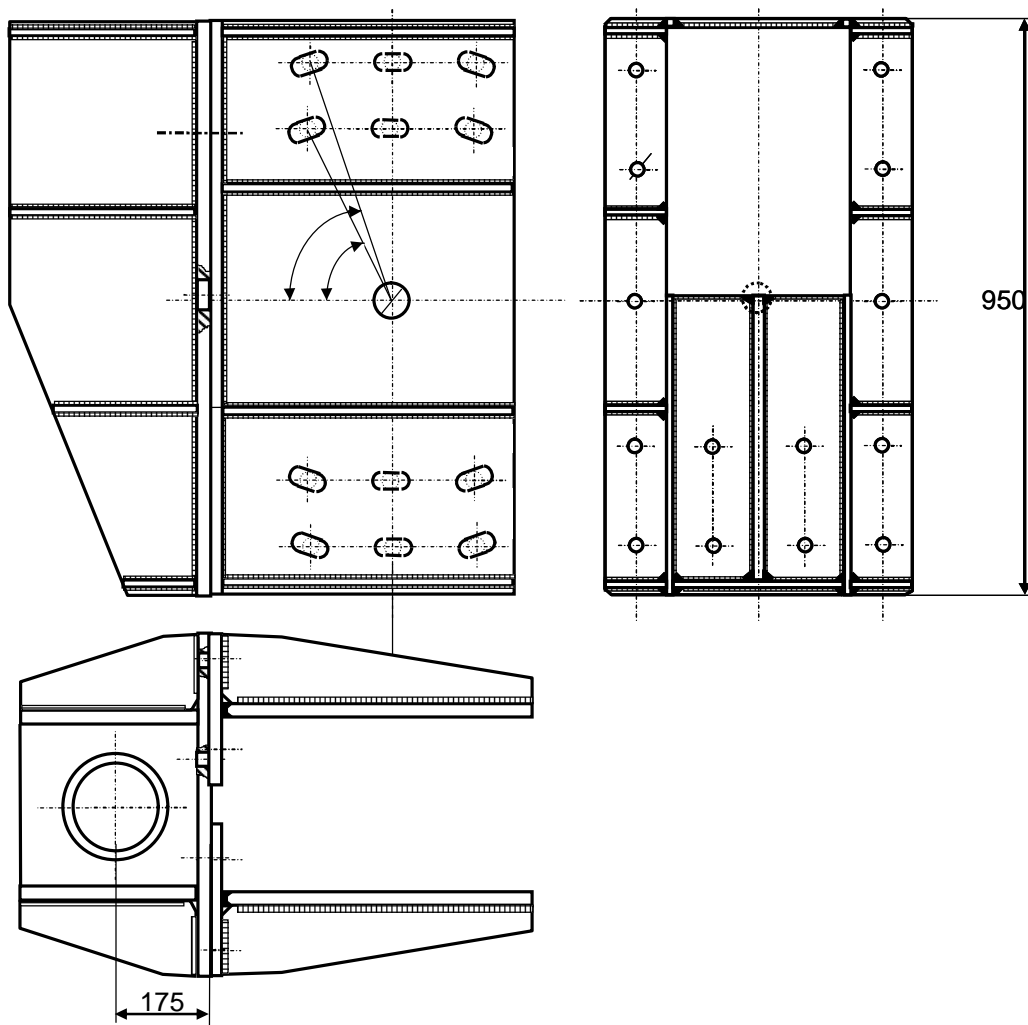
Пречник погонске и повратне ужетњаче $D_u=3.6$ [m]

Пречник транспортног ужета $d_u=40$ [mm]

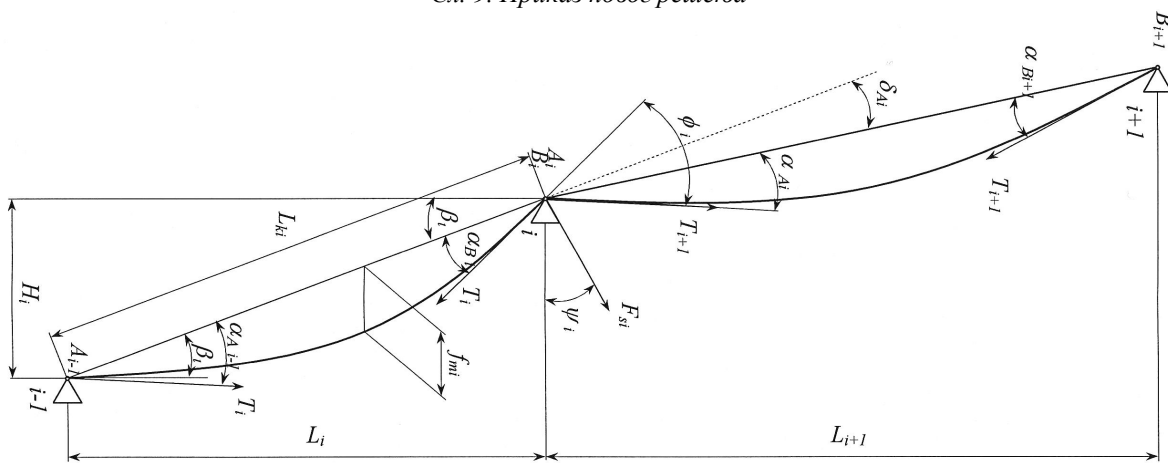
Број стубова $n_s=18$

Прорачун је спроведен за следеће карактеристичне случајеве оптерећења:

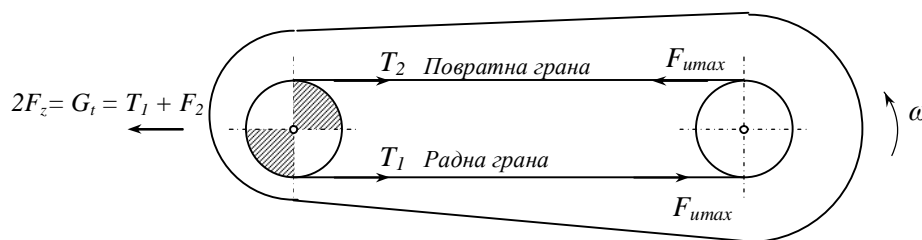
- Вучна страна оптерећена, повратна страна празна
- Вучна страна оптерећена, повратна страна оптерећена
- Вучна страна празна, повратна страна празна
- Вучна страна само уже, повратна страна само уже
- Вучна страна празна, повратна страна пуна
- Вучна страна празна, повратна страна празна-Сила затезања увећана 40%
- Вучна страна празна, повратна страна празна-Сила затезања умањена 40%
- Оптерећење ледом – постројење мирује



Сл. 9. Приказ новог решења



Сл. 10. Модел за израчунавање силе затезања ужета



Сл. 11. Шема за прорачун вучне силе за савладавање висинске разлике

За реализацију прорачуна развијен је програмски пакет за израчунавање сила на ослонцима стубова у радној и повратној грани. Улазни подаци представљају координате тачака ослањања вучног ужета на котурну батерију у радној и повратној грани (табела 1) као и сила затезања зжета. Општи приказ дела излазних резултата из програмског пакета за израчунавање силе у вертикалном павцу по ослонцима, за вучну и повратну грану, приазан је у табелама 2 и 3. Сила у ужету на окретној станици, меродавна за прорачун, износи: $2F_u = 664 \text{ kN}$.

Табела 1.

	x (m)	y (m)
P	-14	1506.8
P1	-11.4	1506.8
1	-1.5	1506.8
2	65	1540.66
3	135	1569.78
4	245	1607.69
5	375	1643.01
6	465	1664.96
7	560	1687
8	660	1699
9	710	1699
10	830	1734.37
11	960	1770.22
12	1050	1795.12
13	1160	1825.09
14	1275	1847.68
15	1365	1864.5
16	1435	1874.42
17	1535	1903.16
18	1630	1932.06
19	1730	1958.65
20	1820	1977.65
O1	1847.5	1977.65
O	1850	1977.65

Табела 2.

VUČNA GRANA						
Ya-Yb	I	II	III	IV	V	VI
daN	Slucaj	Slucaj	Slucaj	Slucaj	Slucaj	Slucaj
	opterecenja	opterecenja	opterecenja	opterecenja	opterecenja	opterecenja
P	-29.3	-29.3	-15.5	-7.7	-15.5	-29.3
P1	-141.0	-141.0	-74.5	-37.0	-74.5	-141.0
1	3513.0	4514.6	5162.8	5526.5	6163.2	5869.6
2	-2110.0	-2265.0	-1623.7	-1261.2	-1777.3	-2473.9
3	-2543.7	-2673.4	-1769.0	-1258.7	-1897.3	-2848.0
4	-3332.3	-3477.3	-2230.2	-1523.7	-2371.0	-3670.9
5	-2703.6	-2764.0	-1619.4	-970.2	-1675.8	-2843.5
6	-2171.5	-2197.2	-1229.0	-682.1	-1253.3	-2231.2
7	-3642.4	-3880.2	-2705.7	-2041.8	-2941.6	-4201.0
8	-3377.6	-3641.7	-2654.0	-2096.2	-2916.9	-3998.4
9	2172.1	2795.7	3207.7	3439.3	3831.2	3639.7
10	-2958.7	-2998.6	-1689.8	-949.9	-1727.4	-3051.3
11	-2365.1	-2366.0	-1247.9	-615.4	-1246.7	-2366.1
12	-2237.5	-2246.6	-1210.4	-625.9	-1218.8	-2258.5
13	-3685.9	-3842.1	-2460.3	-1680.2	-2615.2	-4052.9
14	-2427.4	-2448.6	-1350.2	-730.1	-1370.4	-2476.8
15	-2578.2	-2674.5	-1679.0	-1117.4	-1774.8	-2804.7
16	678.7	978.3	1348.7	1557.2	1648.3	1383.9
17	-1818.0	-1786.0	-853.4	-327.3	-820.9	-1742.4
18	-2800.5	-2876.2	-1728.3	-1081.0	-1803.6	-2978.5
19	-3130.5	-3242.3	-2021.9	-1333.6	-2133.2	-3393.5
20	-5708.2	-6164.0	-4520.3	-3593.6	-4975.7	-6780.8
O1	-338.6	-338.6	-178.8	-88.8	-178.8	-338.6

Табела 3.

POVRATNA GRANA						
Ya-Yb	I	II	III	IV	V	VI
daN	Slucaj	Slucaj	Slucaj	Slucaj	Slucaj	Slucaj
	opterecenja	opterecenja	opterecenja	opterecenja	opterecenja	opterecenja
P	-15.5	-29.3	-15.5	-7.7	-29.3	-15.5
P1	-118.0	-223.4	-118.0	-58.6	-223.5	-118.0
1	6696.3	5971.6	5419.9	5669.0	3699.1	6696.3
2	-1920.7	-2583.5	-1724.7	-1313.7	-2256.0	-1920.7
3	-2210.2	-3283.2	-2045.4	-1399.4	-3014.8	-2210.2
4	-2584.2	-3880.8	-2404.3	-1612.9	-3616.0	-2584.2
5	-1491.0	-2414.0	-1420.1	-870.7	-2323.6	-1491.0
6	-1299.0	-2278.6	-1268.0	-701.9	-2238.1	-1299.0
7	-3133.2	-4161.9	-2832.3	-2108.2	-3811.6	-3133.2
8	-2805.1	-3332.1	-2470.0	-2008.3	-2954.2	-2805.1
9	3811.9	2515.3	3016.5	3353.5	1623.4	3811.9
10	-1804.0	-3124.2	-1756.0	-983.6	-3071.2	-1804.0
11	-1019.8	-1943.2	-1022.2	-502.2	-1947.6	-1019.8
12	-1336.0	-2460.6	-1325.0	-683.4	-2448.3	-1336.0
13	-2716.6	-3890.1	-2519.0	-1711.6	-3750.0	-2716.6
14	-1234.9	-2173.7	-1209.5	-660.0	-2158.3	-1234.9
15	-1701.0	-2432.2	-1579.0	-1068.9	-2361.8	-1701.0
16	1590.5	532.3	1208.4	1491.6	325.3	1590.5
17	-781.4	-1752.6	-823.0	-311.6	-1771.0	-781.4
18	-1855.3	-2870.5	-1759.3	-1097.6	-2835.8	-1855.3
19	-2109.8	-3033.1	-1968.0	-1308.2	-2996.0	-2109.8
20	-4758.6	-5044.9	-4177.8	-3429.9	-4924.8	-4758.6
O1	-29.8	-56.5	-29.8	-14.8	-56.5	-29.8

4. ПРОРАЧУН ЗАВРТАЊСКЕ ВЕЗЕ

Момент савијања који оптерећује завртањску везу бочних носача са чеоним износи:

$$M_f = 2F_u \cdot 13 - F_Q \cdot 17.5 = 8019.5 \text{ kNcm}$$

Сила у завртњу од момента савијања, меродавна за прорачун, износи:

$$F^m = \frac{M_f \cdot h_{\max}}{(2h_1^2 + 2h_2^2 + 2h_3^2 + 4h_4^2 + 4h_{\max}^2)} = 14.4 \text{ kN}$$

где је:

h_i - растојање завртња од ивице окретања везе

Аксијална и сила смицања у завртњима износи:

$$F^A = \frac{2F_u}{14} = 47.4 \text{ kN}$$

$$F^Q = \frac{F_Q}{14} = 2.5 \text{ kN}$$

Напон смицања звртвања за везу бочних носача са чеоним износи:

$$\tau = \frac{F^Q}{A} = 0.4 \text{ kN / cm}^2 < \tau_{dop}$$

Момент савијања који оптерећује подужну завртањску везу износи:

$$M_{f1} = 2F_u \cdot \left(13 + \frac{95}{2}\right) - F_Q \cdot 45 = 38597 \text{ kNcm}$$

Сила у најудаљенијем завртњу услед дејства овог момента износи:

$$F^{m1} = \frac{M_{f1} \cdot h_{\max}}{2k \sum_{i=1}^n h_i^2} = 29.5 \text{ kN}$$

Моћ ношења једног завртња износи:

$$F_{TS} = \frac{F_P \cdot m \cdot \mu}{V_2} = 75.4 \text{ kN}$$

где је:

m - број тарних површина у споју

$\mu = 0.3$ - коефицијент трења између тарних површиона

$F_P = 353 \text{ kN}$ - сила притезања за завртањ M30

$v_2 = 1,4$ - коефицијент сигурности против проклизавања споја

Пошто је $F_{TS} > F^{ml}$ ова завртањска веза задовољава.

5. ЗАКЉУЧАК

Изведено решење задовољава захтеве закретања конструкције носача уједњаке у обе равни за задату вредност углава. Промена вредности ових углава остварује се брзо и једноставно без скидања уједњаке или ужета са стуба.

Носивост конструкције и вијчаних веза у потпуности задовољава критеријум допуштеног напона.

Конструкција се састоји од елемената који су једноставни за израду и имају релативно малу цену коштања.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] ГАШИЋ, М, САВКОВИЋ, М, *Пројекат реконструкције стуба окретне станице Крчмар-Копаноник*, Машински факултет Краљево, 1998. год.
- [2] ŠTOLLMANN, V, ILČIČ, Š, *Assessment of the current theory for projecting cableway routes in term of the risk level in overloading*, Res. Arg. Eng., 55,2009 (1):35-38.
- [3] HOFFMAN, K, *Recent Developments in Cable-Drawn Urban Transport System*, FME Transactions., 34,2006:205-212.
- [4] MAPELI, C, BARELLA, S, *Failure analysis of a cableway rope*, Engineering Failure Analysis., 16,2009:1666-1673.
- [5] NAN, C, MEYER-PIENING, H.R, DECKING, C, *Dynamic behaviour of cable supporting roller batteries:basic model*, Computers&Structures, 69,1998:95-104.
- [6] SUCH, M, JIMENEZ-OCTAVIO, J.R, CORNICRO, A, LOPEZ-GARCIA, O, *An approach based on the catenary equation to deal with static analysis of three dimensional cable structures*, Engineering Structures, 31,2009:2162-2170.
- [7] ЈЕВТИЋ, В, *Транспортне машине*, Машински факултет Ниш, 2001.
- [8] *Горнолыжные подъемники*, Каталог, is-sport.ru.

ENHANCED CONNECTION BETWEEN CHAIR ROPEWAY ROPEWHEEL AND ROTARY STATION

Prof. dr Mile Savković, Faculty of Mechanical Engineering Kraljevo

Prof. dr Milomir Gašić, Faculty of Mechanical Engineering Kraljevo

Mr Nebojša Zdravković, Faculty of Mechanical Engineering Kraljevo

Summary

The rope wheel us connected to the rotary statuon by the spundle which us welded to the column. Thus solutuon, however, cannot eluminate deplanatuon of the rope wheel which us caused by denuvelatuon of the column base. The causes of the above mentuoned deplanatuon are analysed un the paper and an advanced connectuon us suggested. The plane of the rope wheel can be adjusted by advanced connectuon. Thus, the rope us unlukely to fall from the rope wheel which duremently unfluences the skuers' safety during their transport by tourustuc ropeway, u.e. the safety of load when transported by undustrual ropeways.

Key words: *Chair ropeway, rope wheel, rotary station*

Адреса за контакт:

Проф. др Миле Савковић
Машински факултет у Краљеву
36000 Краљево
Доситејева 19
E-mail: savkovic.m@mfv.kg.ac.rs