structures.sk

Navrhovanie, posudzovanie, realizácia a obnova nosných konštrukcií

4.ročník

02/2022

ISSN 2644-6553

1. Lanové prvky v stavebných konštrukciách, časť 2: Materiál, koncovky a životnosť lanových prvkov
2. Hodnotenie konštrukcií oceľových stožiarov na základe STN 73 2612: 2019
3. Časté příčiny degradace a poruch dřevěných mostů a lávek
4. Experimentálne a numerické stanovenie modálnych vlastností lanovej strechy zimného štadióna v Prešove
5. Oceľové nosníky – možnosti zabezpečenia krátkych časov požiarnej bezpečnosti
6. Progresívne drevené konštrukčné prvky a sústavy
7. Kotevné prvky fasádnych elementov a výplní okenných otvorov – časť 2
8. Diagnostika stavebnotechnického stavu konštrukcie
9. Stavebný rozvoj a priemyselné podniky v Užhorode medzi dvoma svetovými vojnami

Foto: Krehký lom [Ing. Jozef Recký, PhD.]

Obsah

Slovo na úvod
REDAKCIA 3

Lanové prvky v stavebných konštrukciách, časť 2: Materiál, koncovky a životnosť lanových prvkov
JÁN BRODNIANSKY, ml.
JÁN BRODNIANSKY 4

Hodnotenie konštrukcií oceľových stožiarov na základe STN 73 2612:2019
JÁN BRODNIANSKY, ml.
JOZEF RECKÝ 14

Časté příčiny degradace a poruch dřevěných mostů a lávek
ANTONÍN LOKAJ
a kolektív 23

Experimentálne a numerické stanovenie modálnych vlastností lanovej strechy zimného štadióna v Prešove
RÓBERT ŠOLTÝS
a kolektív 27

Oceľové nosníky – možnosti zabezpečenia krátkych časov pož. bezpečnosti
MAGDALÉNA ŠTUJBEROVÁ 30

Progresívne drevené konštrukčné prvky a sústavy
JÁN KANÓCZ
a kolektív 35

Kotevné prvky fasádnych elementov a výplní okenných otvorov – časť 2
MARTIN MAGURA
JÁN BRODNIANSKY, ml.
TOMÁŠ KLAS 40

Diagnostika stavebnotechnického stavu konštrukcie
TOMÁŠ KLAS 45

Stavebný rozvoj a priemyselné podniky v Užhorode medzi dvoma svetovými vojnami
ROMANA KLASOVÁ 51

structures.sk

Vedecko-odborný on-line časopis o navrhovaní, posudzovaní, realizácii a obnove nosných konštrukcií v stavebníctve.

4. ročník, číslo 02/2022
ISSN 2644-6553
vychádza 2-krát za rok

Vydavateľ:
structureSS, s.r.o.
Záhradná 22/A
900 31 Stupava
IČO: 46973231
IČ DPH: SK2023689822
tel.: +421 908 756 239
e-mail: redakcia@structures.sk
internet: http://www.structures.sk

Redakcia:
Ing. Miloš Slivanský, PhD.
Doc. Ing. Jaroslav Sandanus, PhD.
Prof. Ing. Vincent Kvočák, PhD.
Prof. Ing. Antonín Lokaj, PhD.
Doc. Ing. Jaroslav Odrobiňák, PhD.

Odborný garant:
SSOK
Slovenská spoločnosť pre oceľové konštrukcie

Recenzie článkov:
Vedecké a odborné články sú recenzované. Recenzenti hodnotia obsahovú a formálnu stránku predložených článkov. Recenzné posudky sú poskytované výlučne iba autorom článkov a slúžia ako podklad na rozhodnutie o publikovaní článku.

Všetky práva sú vyhradené. Žiadna časť tohto časopisu sa nesmie reprodukovať, kopírovať ani šíriť bez súhlasu vydavateľa. Vydavateľ neberie zodpovednosť za správnosť publikovaných informácií napriek tomu, že vynaložil maximálne úsilie na zabezpečenie ich aktuálnosti a presnosti.

Slovo na úvod

VÁŽENÍ ČITATELIA,

v tomto ročníku časopisu **structures.sk** Vám ponúkame príspevky od autorov naozaj z celého Slovenska a tiež od autora z Českej republiky, a tak sme sa stali časopisom s medzinárodným zastúpením autorov. Ku konštrukčným témam pribudli okrem tém, ktoré sú venované oceľovým a dreveným konštrukciám a konštrukciám zo skla, aj príspevky s témou vidieckej architektúry a stavebného rozvoja medzi dvoma svetovými vojnami.

Príspevok *Lanové prvky v stavebných konštrukciách* je pokračovaním témy z čísla 01/2022. Téma lanových konštrukcií je rozvedená na konkrétnom príklade konštrukcie z Prešova v článku *Experimentálne a numerické stanovenie modálnych vlastností lanovej strechy Zimného štadióna v Prešove*. Nové znenie STN je komentované priamo od jej spoluautorov v článku *Hodnotenie konštrukcií oceľových stožiarov na základe STN 73 2612: 2019.*

Drevo ako materiál nosných konštrukcií sa dostáva postupne a nezadržateľne do popredia najmä vďaka svojim vynikajúcim vlastnostiam súvisiacim s potrebou využívania obnoviteľných a nízkoenergetických surovín. O trendoch v nosných konštrukciách pojednáva príspevok *Progresívne drevené konštrukčné prvky a sústavy*. V čísle 01/2022 sme uviedli informácie z kontroly dvoch drevených lávok v Donovaloch. Tieto lávky majú veľmi účinnú konštrukčnú ochranu, a tak ich stav je aj po 30 rokoch priaznivý. Všeobecnejšie sa kontrole drevených lávok venuje český autor v príspevku *Časté příčiny degradace dřevěných mostu a lávek*. Článok *Diagnostika stavebnotechnického stavu konštrukcie* je zameraný na každý typ stavebnej konštrukcie, a tak vhodne rozširuje tému kontroly a diagnostiky článkov predchádzajúcich.

Výpočet požiarnej odolnosti nosnej konštrukcie je už štandardnou súčasťou statického výpočtu. Tejto téme sa autorka venuje v príspevku *Oceľové nosníky – možnosti zabezpečenia krátkych časov požiarnej bezpečnosti.*

Kotevné prvky fasádnych elementov a výplní okenných otvorov je druhá časť rovnomenného príspevku uvedeného v čísle 01/2022.

Na záver sme sa preniesli takmer o 100 rokov späť. Ako to bolo v Užhorode so stavebným rozvojom, sa dočítate v článku *Stavebný rozvoj a priemyselné podniky v Užhorode medzi dvoma svetovými vojnami*.

Veríme, že čítanie ďalšieho čísla časopisu **structures.sk** bude pre Vás zaujímavé a profesionálne užitočné.

Redakcia **structures.sk**

Lanové prvky v stavebných konštrukciách, časť 2: Materiál, koncovky a životnosť lanových prvkov

Návrh lana ako prvku nosnej konštrukcie je podmienený predovšetkým ekonomickým výberom vhodného typu a konštrukcie lana s ohľadom na spôsob namáhania lana v konštrukcii. V rámci vybratého typu je potrebné navrhnúť taký priemer lana, aby sme dosiahli najväčšiu možnú hospodárnosť pri splnení požiadaviek medzných stavov. Hospodárny návrh je daný cenou lán, ktorá môže byť viacnásobkom ceny bežného valcovaného materiálu. Najdôležitejším podkladom pri návrhu lanových prvkov je EN 1993-1-11, kde sú uvedené skupiny ťahaných prvkov a určuje pravidlá na stanovenie technických požiadaviek na prefabrikované ťahané prvky z hľadiska ich bezpečnosti, používateľnosti a trvanlivosti.

MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Modul pružnosti lán je veličinou závislou na viacerých faktoroch a to sú:

- Proces výroby lana,
- História zaťaženia lanového prvku.

Modul pružnosti je definovaný ako podiel prírastku napätia v lane a odpovedajúceho pomerného pretvorenia. Okrem modulu pružnosti samotných drôtov je podstatná aj konštrukcia lana, najmä výška vinutia (väčšie moduly pružnosti vykazujú laná s vyšším vinutím) a kvalita výroby lana. Predĺženie (pomerné pretvorenie) lana po zabudovaní do konštrukcie a zaťažení nemusí byť konečné.

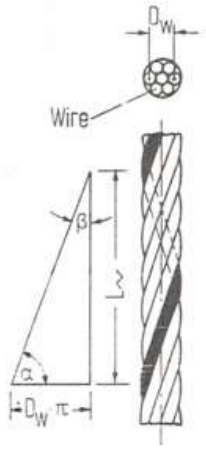
Priebeh deformácie lanového prvku sa časom prejaví pri náraste predĺženia, tento jav nazývame dotvarovanie. V rámci výrobných procesov lana sa snažíme vplyvy dotvarovania čo najviac obmedziť. Laná prechádzajú procesom napínania, kde sú laná predbežne natiahnuté a cyklicky zaťažované a odľahčované. Ak by sa proces napínania neuskutočnil lanový prvok by vykazoval nelineárne deformácie. Napínanie realizujeme v minimálne piatich cykloch na hodnoty 30% až 40% charakteristickej medze pevnosti v ťahu. Predbežne natiahnutý lanový prvok považujeme za prvok so stabilizovaným modulom pružnosti. Pre

Tab. 1 – Modul pružnosti ťahaných prvkov STN EN 1993-1-11

Typ ťahaného prvku	Výpočtový modul pružnosti E	
	Oceľové komponenty	Nerezové komponenty
Tyč	210	195; 200; 220 *
Špirálové pramenné laná	150 ± 10	130 ± 10
Plne uzavreté špirálové laná	160 ± 10	–
Pramenné drôtené laná s CWR	100 ± 10	90 ± 10
Pramenné drôtené laná s CF	80 ± 10	–
Zväzok rovnobežných drôtov	205 ± 5	–
Zväzok rovnobežných prameňov	195 ± 5	–
* V závislosti od typu nerezovej ocele viď STN EN 1993-1-4		

predbežné návrhy lanových prvkov, alebo v prípade ak nemáme k dispozícií pracovné diagramy ťahových skúšok konkrétnych lán môžeme použiť normou STN EN 1993-1-11 stanovené hodnoty modulov pružnosti. Pre prehľadnosť sú uvedené používané moduly pružnosti ťahaných prvkov v tab. 1.

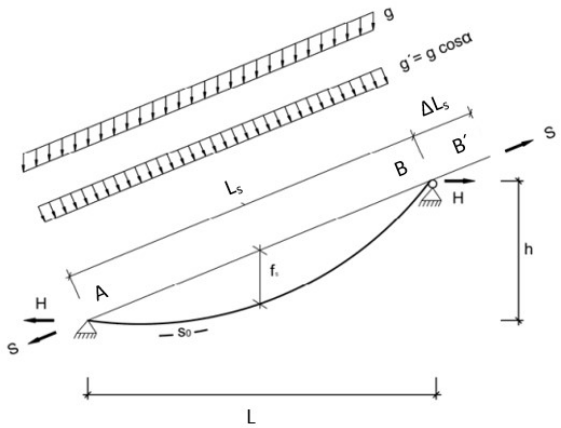
postup však zanedbáva nelineárne správanie sa lanového prvku. Pri riešení konštrukcií so šikmými závesmi (hlavne konštrukcie veľkých rozpätí) je potrebné zohľadniť nelineárnu geometrickú zložku predĺženia lana od vlastnej tiaže. Vplyv previsu na závesoch zohľadňujeme pomocou účinného modulu pružnosti lanového prvku.



$K = \frac{L_\sim}{D_w}$	4	6	8	10	12	14
S jednou vrstvou vinutých drôtov						
E_c $[GPa]$	77	122	148	168	172	178
S dvomi vrstvami vinutých drôtov						
E_c $[GPa]$	30	77	113	136	152	162

Obr. 1 – Hodnoty modulu pružnosti lana v závislosti od výšky (dĺžky) vinutia

V stavebných konštrukciách sa odporúča používať výhradne jednopramenné laná a v prípade špirálových lán vytvorených z viacerých prameňov vyberáme také prvky, ktoré majú drôtenú dušu z prameňa alebo lán (CWS a CWR). Prvky typu CF sa používajú pri tkaninových membránových konštrukciách, kde je nízka hodnota modulu pružnosti lana výhodou.



Obr. 2 – Schéma lanového závesu

VPLYV PREVISU LANOVÉHO PRVKU NA ŤAHOVO NAMÁHANÉ ZÁVESY

Pre zjednodušenie výpočtových modelov sú závesy zavesených konštrukcií modelované ako priame prúty prenášajúce len osové sily. Tento

Účinný modul pružnosti je podstatné zohľadniť najmä v rámci štádií výstavby zavesených konštrukcií.

Uvažujeme lanový záves s $E = \infty$. Dolný bod A je pevne uložený, horný bod B je uložený posuvne. Podperné body majú vzdialenosť L_s na oboch koncoch lana pôsobí sila S. V prípade ak je $S = \infty$ je lano priame (bez previsu). Koncový bod B sa posúva do polohy B´ čím sa zvyšuje sila $S = S + \Delta S$ a bod B zmení polohu $\Delta L_s = \Delta L_s + \Delta\Delta L_s$. Tento proces teda predĺži lano o $\Delta\Delta L_s$ vplyvom sily ΔS. Je možné určiť „zdanlivé“ pomerné pretvorenie vplyvom previsu $\varepsilon_f = \frac{\Delta\Delta L_s}{L_s}$ a aj „zdanlivý“ modul pružnosti vplyvom previsu $E_f = \frac{\sigma}{\varepsilon_f}$.

Účinný modul pružnosti zapíšeme vzťahom:

$$E_t = \frac{\sigma}{\varepsilon_f + \varepsilon_e}$$

$\varepsilon_f = \frac{\sigma}{E_f}$ – pomerné pretvorenie vplyvom previsu (1)

$\varepsilon_e = \frac{\sigma}{E}$ – elastické pomerné pretvorenie

$$E_t = \frac{E_f E_e}{E_f + E_e}$$

Pre silu S a previs f_s platí:

$$S = \frac{g \cos \alpha {L_s}^2}{8f}; \; f_s = \frac{g \cos \alpha . {L_s}^2}{8S} \qquad (2)$$

Pre dĺžku lana platí:

$$\breve{L} = L_s + \frac{8f^2}{3L_s} \qquad (3)$$

Predĺženie lanového prvku je teda:

$$\Delta L_s = \breve{L} - L_s$$

$$\Delta L_s = \frac{8f^2}{3L_s} \qquad (4)$$

$$\Delta L_s = \frac{1}{24} \frac{g^2 \cos^2 \alpha . {L_s}^3}{S^2}$$

Predĺž. lanového prvku vplyvom posunu z B do B´:

$$\Delta\Delta L_s = \frac{d\Delta L_s}{dS} = -\frac{1}{12} \frac{g^2 \cos^2 \alpha . {L_s}^3}{S^3} \qquad (5)$$

Predĺženie lana so skutočnou tuhosťou:

$$\Delta L_s = \frac{SL_s}{EA} \rightarrow E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{SL_s}{A\Delta L_s}$$
$$\rightarrow E_f = \frac{\sigma}{\varepsilon_f} = \frac{L_s}{A} \frac{dS}{d\Delta L_s} \qquad (6)$$

Pred poslednou úpravou si zadefinujeme vzťahy:

$$w = \frac{g}{A}; \varepsilon = \frac{\Delta L_s}{L_s}; \sigma = \frac{S}{A};$$
$$L = \cos \alpha . L_s; E_e = E$$

$$E_f = \frac{12S^3}{w^2 L^2 A^3} \qquad (7)$$

$$E_t = \frac{E_f E}{E_f + E} = \frac{E}{1 + \frac{E}{E_f}}$$

Pre každé lano alebo jeho časť je možné zohľadniť účinok previsu pomocou účinného modulu pružnosti lana. Vzťah uvádza aj technická norma STN EN 1993-1-11:

$$E_t = \frac{E}{1 + \frac{w^2 L^2 E}{12\sigma^3}} \qquad (8)$$

E – modul pružnosti lana v N/mm^2

w – jednotková tiaž v N/mm^3 (pre špirálové pramenné laná $w = 830.10^{-7}\, N/mm^3$, pre plne uzavreté špirálové laná $w = 830.10^{-7}\, N/mm^3$, pre pramenné laná z kruhových drôtov $w = 930.10^{-7}\, N/mm^3$). V prípade výrobkov skupiny C sa hodnota w stanoví z tiaže jednotlivých drôtov alebo prameňov a tiaže ochranného materiálu.

L – vodorovná (horizontálna) vzdialenosť podperných bodov lana

σ – napätie v lane

Uveďme si prípad výpočtu účinného modulu pružnosti lana pri zmene osovej sily v závese (typickým prípadom sú montážne stavy pri výstavbe zavesených konštrukcii). Vychádzame zo vzťahu:

$$\frac{d\Delta L_s}{dS} = -\frac{1}{12} \frac{g^2 \cos^2 \alpha . {L_s}^3}{S^3} \rightarrow$$
$$d\Delta L_s = -\frac{g^2 \cos^2 \alpha . {L_s}^3}{12S^3} dS \qquad (9)$$

Vzťah integrujeme:

$$\Delta L_s = L_s \frac{g^2 L^2}{12} \int_{S_d}^{S_h} \frac{1}{S^3} dS =$$
$$L_s \frac{g^2 L^2}{24} \left(\frac{1}{S_h} - \frac{1}{S_d} \right) \qquad (10)$$

Dosadením do:

$$\varepsilon_f = \frac{\Delta L_s}{L_s} = \frac{g^2 L^2}{24} \frac{{S_d}^2 - {S_h}^2}{{S_h}^2 {S_d}^2} \rightarrow$$
$$E_f = \frac{\Delta\sigma}{\varepsilon_f} = \frac{24(S_d - S_h){S_h}^2 {S_d}^2}{Ag^2 L^2 ({S_d}^2 - {S_h}^2)}$$
$$E_f = \frac{24{S_h}^2 {S_d}^2}{Ag^2 L^2 (S_d + S_h)} \qquad (11)$$
$$= \frac{24{\sigma_h}^2 {\sigma_d}^2}{w^2 L^2 (\sigma_d + \sigma_h)}$$

σ_d, σ_h – napätia v lanovom prvku prislúchajúce silám S_d a S_h

Vzťah pre účinný modul pružnosti lanového závesu je:

$$E_t = \frac{E}{1 + \frac{w^2 L^2 (\sigma_d + \sigma_h)}{24 {\sigma_h}^2 {\sigma_d}^2} E}$$
$$\mu = \frac{\sigma_d}{\sigma_h};\ \sigma_m = \frac{\sigma_h + \sigma_d}{2} \qquad (12)$$
$$E_t = \frac{E}{1 + \frac{w^2 L^2}{12 {\sigma_m}^3} \frac{(1+\mu)^4}{16\mu^2} E}$$

Výrobcovia lán udávajú vo väčšine charakteristickú silu pri pretrhnutí (charakteristic value of the breakig load) značená podľa EN 1993-1-11 ako F_{uk} (DIN – Z_{Bk}, ASCE – S_n). Hodnota F_{uk} je odvodená na základe viacerých faktorov, jedným z nich je nominálna pevnosť lana značená podľa EN 1993-1-11 ako R_r nadobúdajúca hodnoty $1370MPa, 1570MPa, 1770MPa, 1960MPa, 2160MPa$. Bližšie informácie o sortimente vyrábaných lán sú uvedené v súbore noriem STN EN 12385-1 až -10.

V prípade dlhodobých účinkov zaťaženia na konštrukčnom prvku dochádza k reologickým javom relaxácií a dotvarovaniu lanových konštrukčných prvkov (obzvlášť podstatné sú tieto javy pri predpätých konštrukčných prvkoch). Relaxácia je pokles napätia v napnutých prvkoch stálej dĺžky, vysokopevnostné ocele sú náchylnejšie na predmetný jav. Účinným spôsobom eliminácie relaxácie je stabilizačný proces pri výrobe lán (stabilizované laná vykazujú 1/3 hodnoty relaxácie voči nestabilizovaným prvkom). Na základe experimentálnych aj praktických meraní je známe, že v prípade ťahových napätí na prvku dosahujúcom 50% ťahovej pevnosti sa relaxácia výrazne zvyšuje. Na základe toho je potrebné aby úroveň napätí od dlhodobých zaťažení predstavovala 45% ťahovej pevnosti lanového prvku. Dotvarovanie je vo všeobecnosti nárast deformácií vplyvom účinku dlhodobého namáhania prvku.

V rámci stavebnej praxe dochádza k použitiu iných materiálov v lanách. V tab. 2 sú uvádzané char. niektorých z nich v porovnaní s oceľou.

Tab. 2 – Charakteristiky iných materiálov používaných v lanách

Materiál	Hustota	Pevnosť pri pretrhnutí	Pomerné pretvorenie pri pretrhnutí	Modul pružnosti
	$[gcm^3]$	$[MPa]$	$[\%]$	$[GPa]$
Polyamidové vlákna	1,14	*do* 1000	15 – 20	5 – 6
Polyesterové vlákna	1,38 – 1,41	1000 – 1300	10 – 18	10 – 15
Sklené vlákna	2,55	*do* 3500	2,0 – 3,5	70 – 90
Aramidové vlákna (kevlar)	1,45	*do* 2700	2 – 4	130 – 150
PTFE vlákna (teflón)	2,1 – 2,3	160 – 380	13 – 32	0,7 – 4
Uhlíkové vlákna	1,7 – 2,0	2000 – 3000	*pod* 1	200 – 500
Oceľ	7,85	*do* 2200	7 – 22	210

Tepelná rozťažnosť lán je definovaná súčiniteľom tepelnej rozťažnosti značenom α (skrátenie resp. predĺženie 1m prvku pri zmene teploty o $1K = 1°C$). Pre oceľ sa vo všeobecnosti používa hodnota $\alpha = 1{,}2.10^5 K^{-1}$. Pre laná sa táto hodnota môže mierne odlišovať (ASCE udáva hodnotu $\alpha = 1{,}15.10^5 K^{-1}$) v závislosti od typu lana prvku. V EN 1993-1-11 je udávaná hodnota $\alpha = 1{,}2.10^5 K^{-1}$ pre výrobky z oceľových drôtov a $\alpha = 1{,}6.10^5 K^{-1}$ pre drôty z nehrdzavejúcej ocele.

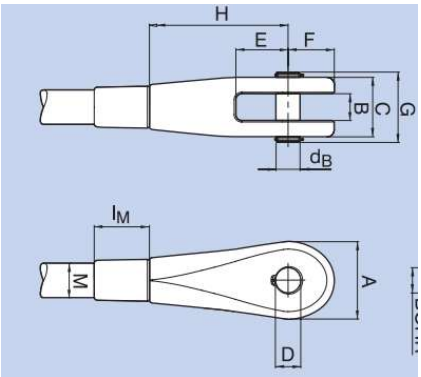
UKONČENIE ŤAHANÝCH PRVKOV

Z hľadiska návrhovej bezpečnosti a únosnosti ťahaných prvkov sú ich koncovky rozhodujúcim faktorom pri určení celkovej únosnosti celého ťahaného prvku (lano resp. tuhá tyč + koncovka). V prípade ukončení ťahaných prvkov rozlišujeme koncovky podľa typu ťahaného prvku podľa skupín A, B a C. Zakončenie a kotvenie ťahaného prvku je potrebné navrhnúť s ohľadom na:

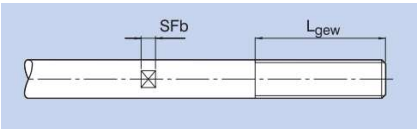
- Odolnosť ťahaného prvku bude dosiahnutá skôr ako nastane preklz v koncovke alebo iné poškodenie koncovky,

- Únavová odolnosť bude dostatočná,
- Zariadenia na nastavenie dĺžky ťahaného prvku zaistia splnenie požiadaviek na jeho predpätie, rektifikáciu a geometrické tolerancie,
- Vymeniteľnosť ťahaného prvku.

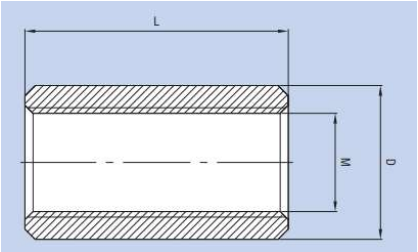
Pri ťahaných prvkoch skupiny A rozlišujeme dva typy prevažujúcich koncoviek vidličkovú a ukončenie so závitom. Vidličkové koncovky sa používajú pri koncoch celého ťahaného prvku ukončenie so závitom pri prepájaní viacerých tyčí to jedného dlhšieho ťahaného prvku.



Obr. 3 – Vidlicová koncovka



Obr. 4 – Ukončenie závitom



Obr. 5 – Spojka

Pre ťahané prvky skupiny B (laná) môžu byť na základe veľkosti priemeru ukončené koncovkami vyplnenými horúcim kovom – zväčša vysokokvalitným zinkom alebo za studena zalievané koncovky polyesterovými živicami.

Koniec kábla je rozpletený na požadovanú dĺžku, jednotlivé drôty sú očistené použitím vhodných čistiacich prostriedkov. Po dôkladnom očistení a vysušení drôtov je výplňová komora koncovky kompletne vyplnená zálievkovým materiálom. Pri správnom návrhu koncovky je jej únosnosť vyššia ako únosnosť kábla (táto podstatná vlastnosť je preukazovaná skúškami).

Obr. 6 – Rozpletený koniec lana (štetka)

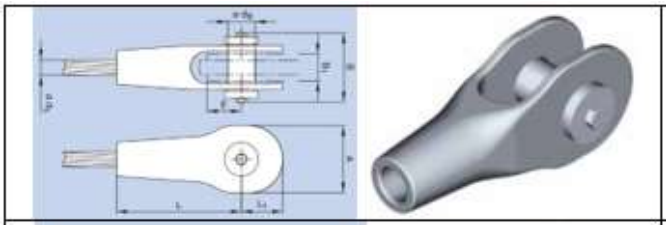
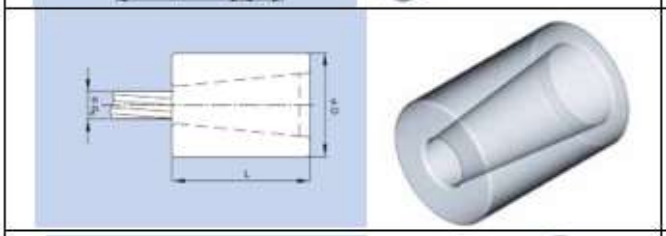
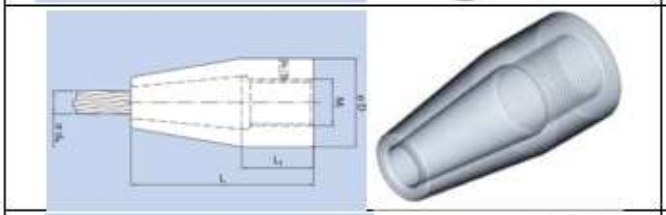
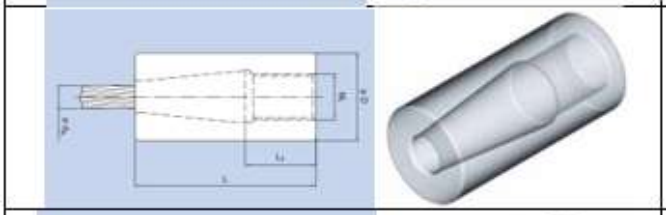
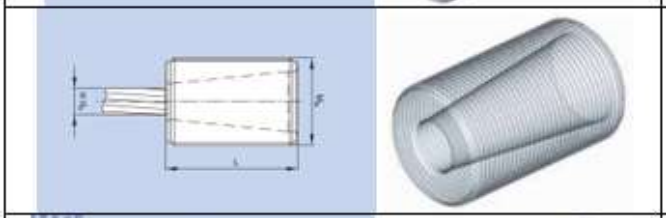
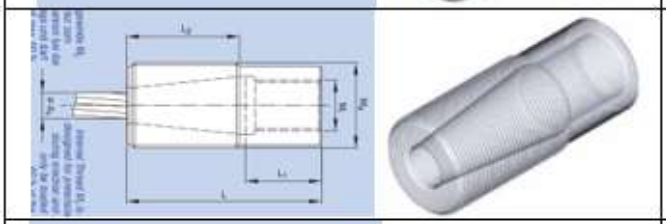
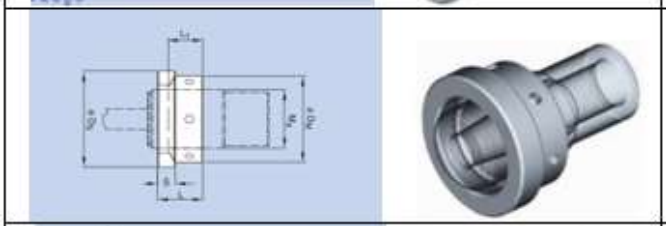
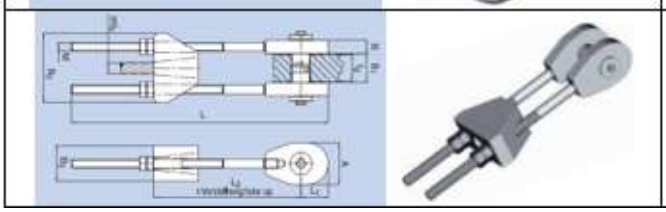
Obr. 7 – Pohľad na širší koniec kužeľovej časti objímky

Vonkajší tvar koncovky nie je definovaný a všeobecne podlieha individuálnej voľbe. Kónus koncovky a výplňová komora sú však pre konkrétny priemer lana rovnaké. Materiálovo sú koncovky väčšinou odliatky z ocele alebo opracované z masívneho kusu ocele. Vo všeobecnosti je dĺžka výplňovej komory 5 až 6 násobok priemeru lana a koncový priemer výplňovej komory je 2 až 3 násobok priemeru lana.

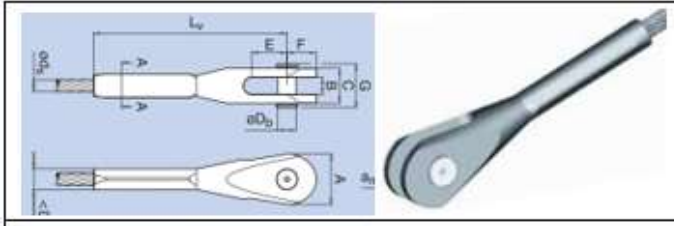
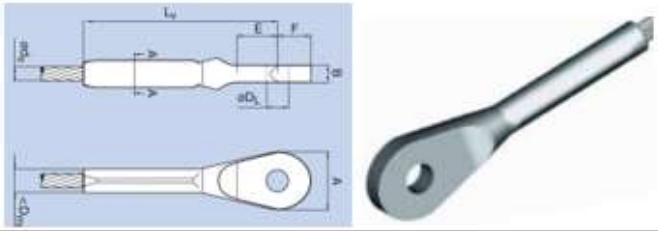
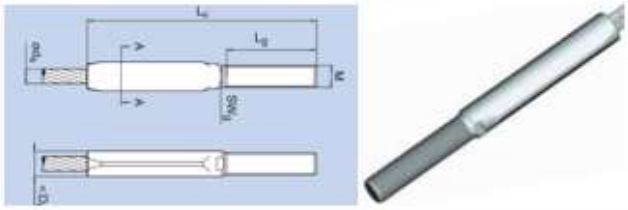
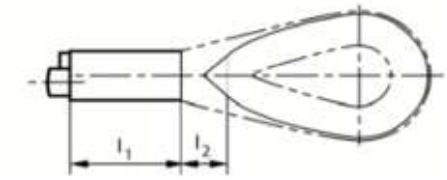
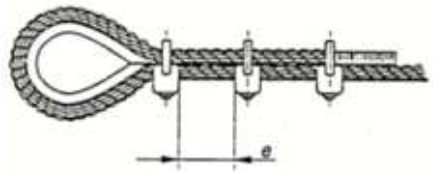
Zálievky na báze roztaveného kovu:

- Zliatiny na báze olova s teplotou liatia 350°C±10°C,
- Zinok s čistotou 99,9% s teplotou liatia max 500°C,
- Zliatiny na báze zinku s teplotou liatia 450°C±10°C.

Tab. 3 – Typické tvary zalievaných koncoviek

	Otvorená zalievaná koncovka
	Valcová koncovka
	Kužeľová koncovka s vnútorným závitom pre kruhovú oceľ prenášajúcu ťah
	Valcová koncovka s vnútorným závitom pre kruhovú oceľ prenášajúcu ťah
	Valcová koncovka s vonkajším závitom
	Valcová koncovka s vonkajším závitom a vnútorným závitom pre kruhovú oceľ prenášajúcu ťah
	Matica pre valcové koncovky s vonkajším závitom
	Otvorená koncovka – určená pre mostné konštrukcie a ťažké kotvenia

Tab. 4 – Typické tvary lisovaných kovaných koncoviek

	Otvorená kovaná koncovka
	Uzavretá kovaná koncovka
	Kované zakončenie so závitom
	Očnica so zalisovanou hliníkovou objímkou
	Lanové svorky s očnicou

Pri živičných zálievkach je dovolené len použitie polyesteru vrátane plniva a tvrdiva. Pevnosť v tlaku vytvrdnutého živičného systému musí byť minimálne 100MPa s modulom pružnosti 6GPa. Minimálny bod deformácie teplom je 110°C.

Pri návrhu koncovky lana je potrebné brať zreteľ aj na pracovnú teplotu. Tú stanovuje výrobca koncoviek avšak všetky lanové prvky používané v rámci štátov s platnými európskymi normami musia spĺňať nasledujúce pracovné rozsahy teplôt:

- Zliatiny na báze olova -45°C až 80°C,
- Zinkové zliatiny a zliatiny na báze zinku:
  - lano z prameňov s textilnou dušou -40°C až 80°C,
  - lano z prameňov s oceľovou dušou -40°C až 120°C,
  - špirálové lano -40°C až 120°C,
- Živica:
  - lano z prameňov s textilnou dušou -50°C až 80°C,
  - lano z prameňov s oceľovou dušou -50°C až 110°C,
  - špirálové lano -50°C až 110°C.

Okrem koncoviek vypĺňaných zálievkovým materiálom môžeme použiť koncovky hydraulicky lisované na lano. Tento spôsob je používaný na laná obvykle 40mm priemerov. Lisované koncovky môžu obsahovať závit alebo klasické vidličkové usporiadanie. Únosnosť lisovaných koncoviek sa pohybuje na úrovni 95% sily pri pretrhnutí lana. Koncovky sú používané pre prvky zaťažované menšími silami a vhodné pre otvorené špirálové laná a pramenné laná.

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ŽIVOTNOSŤ ŤAHANÝCH PRVKOV

Z hľadiska podstaty vzniku rozlišujeme mechanické, environmentálne faktory a dočasné vplyvy pri výstavbe.

Medzi mechanické efekty (faktory) ovplyvňujúce životnosť lanového prvku patria:

- Rozkmity v normálových silách a momentoch vplyvom úžitkových zaťažení;
- Pootočenia v mostovke (prípadne streche) v blízkosti kotvenia lanového závesu, amplitúda kmitania niekoľko miliradiánov v kombinácií s nízkou frekvenciou (pod 1Hz) (hlavne mostné konštrukcie s výskytom ťažkej dopravy);
- Ohybové namáhanie lana zapríčinené vetrom, dažďom a ich kombináciou, vibrácie s relatívne malou amplitúdou kmitania a vysokou frekvenciou s veľmi veľkým počtom únavových cyklov;
- Statické ohyb. namáhania spôsobené chybami v umiestnení kotvenia, rovina závesu je odklonená od roviny kotvenia, uhol odklonu závesu a uhol odklonu kotvení v rovine nie sú rovnaké.

Medzi environmentálne faktory patria:

- Voda spôsobujúca koróziu. Korózia (oxidácia ocele) je hlavný problém oceľových konštrukcií. Oceľové laná sú vyrábané z veľkého množstva drôtov s relatívne malým priemerom, ich povrchová plocha je veľká, čo znásobuje ich náchylnosť korodovať. Voda má odlišný vplyv na lanové prvky v rámci rôznych foriem ako je dážď, kondenzácia alebo rozprašovaná voda (voda obsahujúca rozmrazovacie prostriedky),
- Vietor a vetrom unášaný piesok. Vietor je zdrojom vibrácií a má vplyv na polyméry, urýchľuje vyparovanie prísad ochraňujúcich polomerové povrchy voči UV žiareniu. Vietor v kombinácií s pieskom spôsobuje obrusovanie povrchov,
- Slnečné svetlo je zdrojom UV žiarenia poškodzujúceho polymérové reťazce plastov a robí ich krehké. Tepelné (infračervené) žiarenie spôsobuje termo-mechanické efekty (teplotná roztažnosť prvkov),
- Pobrežné a priemyselné oblasti sú typické vysokým obsahom agresívnych prvkov v atmosfére,
- Rôzne vplyvy ako sú: vtáky, hlodavce, vandalizmus, nárazy atď.,
- Požiar.

Medzi dočasné vplyvy pri výstavbe patria:

- Vplyvy spojené s manipuláciou a inštaláciou: zárezy a odery, nadmerná deformácia. Je potrebný odborný dohľad, kontrola a náležité pracovné nástroje pri práci s lanovými prvkami,
- Napätia vznikajúce pri dočasných štádiách počas výstavby (preťaženie lanových prvkov vo fáze výstavby).

PROTIKORÓZNA OCHRANA ŤAHANÝCH PRVKOV

Korózia lán je spôsobená vplyvom vody iónových častíc a umocnená cyklickým stavom vlhkého a suchého prostredia. Voda s nabitými časticami vniká do priestorov medzi drôtmi lana kde spôsobuje koróziu. Protikorózny systém obvykle pozostáva z jednej alebo viacerých vrstiev. Prvá vrstva - interná protikoróznej ochrany je nanášaná na ťahaný element (drôt) druhá resp. ďalšie vrstvy - externé chránia prvok externe resp. vypĺňajú voľné priestory medzi drôtmi. Internou ochrannou vrstvou drôtov je obvykle zinkový povlak alebo epoxidové povlaky samostatných drôtov a sedemdrôtových prameňov.

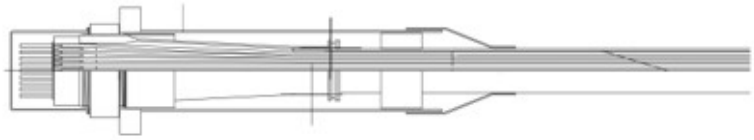
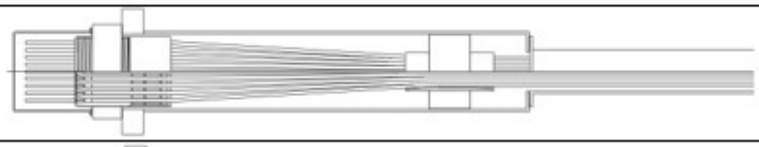
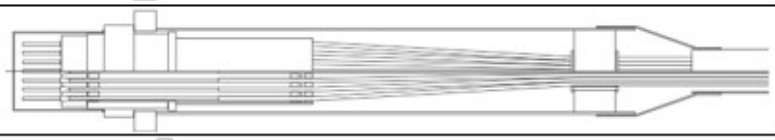
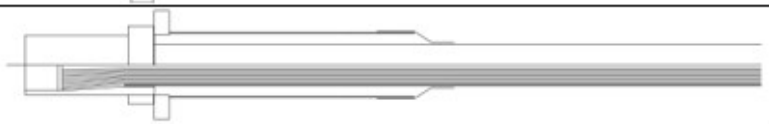
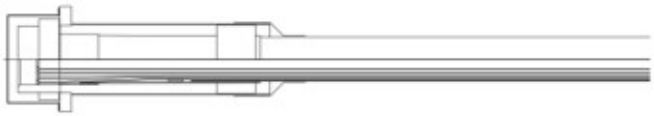
Drôty špirálových lán sú pozinkované a dutiny v lanách sú vyplnené plnivom na báze kovu najčastejšie suspenziou hliníkových vločiek s uhľovodíkovými živicami (náter) vhodne riedené. Uzavreté špirálové laná vyrábané z pozinkovaných drôtov sú pri uzatváraní lana opatrené minimálnym množstvom lubrikačného oleja. Po inštalácií prvku a zaťažení stálym zaťažením je prvok opatrený náterom. Ďalšou možnosťou je vyplnenie vnútorných priestorov lana polyuretánom so zinkovým prachom alebo ľanovým olejom s oxidom olova, vonkajší povrch je opatrený polyuretánovým náterom.

Protikorózna ochrana paralelných lán (zväzok drôtov) visutých mostov veľkých rozpätí pozostáva väčšinou z viacerých ochranných vrstiev z dôvodu zabezpečenia požadovanej životnosti mostných konštrukcií na úrovni 100 a viac rokov. Tradičná protikorózna ochrana pozostáva z ochrany samotných drôtov pozinkovaním, vrstvy paralelných drôtov sú opatrené vrstvami ochrannej pasty (oxid olova, polymerizované zlúčeniny na báze olova, zinkový prach a iné). Po nanesení ochrannej pasty je lano obalené mäkkým pozinkovaným drôtom a ten je opatrený náterom (pri

mostoch veľkých rozpätí nachádzajúcich sa v pobrežných oblastiach je lano obalené aj vrstvami gumy alebo polyuretánu). V prípade niektorých mostov sú používané aj špeciálne systémy aktívne vháňajúce vysušený vzduch do konštrukcie nosného lana.

trebné opatriť náterom. HDPE materiál je v súčasnosti najpoužívanejší z dôvodov vysokej odolnosti voči poveternostným vplyvom, vysokému tlaku, vysokým teplotám a vonkajšiemu poškodeniu. UV ochrana sa dosahuje primiešaním 2-3% uhlíka do celkového obsahu zmesi pre výrobu HDPE. V prípade potreby je možné ochranu HDPE rúrkami zdvojiť. V prípade HiAm-SPWC a sedemdrôtových prameňov je ochrana zabezpečená okrem HDPE aj vnútornou ochranou samotných drôtov a prameňov.

Tab. 5 – Koncovky ťahaných prvkov skupiny C

	Kotvenie klinmi a dodatočne zaliatou zalievanou koncovkou – holé pramene PE alebo živicou pokryté pramene
	Kotvenie klinmi a tesniacimi doskami – pramene pokryté PE
	Kotvenie klinmi a vopred zaliatou rúrkou – pramene pokryté PE
	Kotvenie klinmi a voskom vyplnenou prechodovou rúrkou pramene pokryté PE
	Kotvenie z drôtmi a koncovkou vyplnenou zalievacou hmotou
	Kotvenie s drôtmi a upínacími hlavami vyplnenými epoxidovou živicou

V prípade protikoróznej ochrany prameňa paralelných drôtov sa využívajú podobné systémy ako pri zväzkových paralelných lanách resp. často používanou metódou bolo zabalenie lana polyetylénovou penovou páskou, ktoré bolo umiestené do plastového obalu stuženého sklenými vláknami. Postup bol uplatňovaný najskôr v mieste staveniska, neskôr na základe výhod prefabrikácie boli na stavenisko dovážané segmenty vystuženého plastu (fiber-reinforced plastic FRP) a na stavenisku boli zostavené a utesnené. Metóda si vyžadovala prístupovú lávku a boli potrebné expanzné spoje v určitých intervaloch. V niektorých prípadoch sa použilo namiesto plastových ochranných rúrok aj rúrky oceľové, nerezové alebo hliníkové, ich nevýhodou bola ich tuhosť pri montáži kábla na miesto závesu. Oceľové rúrky je po-

Často sa používajú tzv. zalievané lanové závesy resp. závesy opatrené blokovacou zálievkou. Cement je jednou z najpoužívanejších pre tvorbu alkalického prostredia, ktoré je vysoko účinné pri ochrane proti korózií. Cementová malta je injektovaná po inštalácií a zaťažení lana stálym zaťažením pre obmedzenie vzniku trhlín v zatuhnutej výplňovej hmote. Trhliny vznikajú v zatuhnutej výplni od zmrašťovania ale aj od cyklického zaťaženia premenným zaťažením. Problémom cementových zálievok je ich kombinácia s pozinkovaným oceľovým drôtom resp. reakcia s cementovým

mliekom nazývaná vodíková krehkosť (difúzia vodíka do kryštalickej mriežky kovu). Zmenou portlandského cementu za polymér cement zabránime vodíkovej krehkosti ale aj zlepšíme požadované vlastnosti zálievky hlavne v podobe vyššej duktility. Nevýhodou je vyššia cena a teplotne ovplyvnená viskozita. Medzi ďalšie blokovacie zálievky môžeme zaradiť plastické mazivá na báze ropy používané pre pramene s rovnobežnými drôtmi (PWS) alebo sedem drôtové pramene a vosk používaný pri zväzkoch rovnobežných drôtov.

ZÁVER

Príspevok predstavuje časť obsiahlej tematiky lán, lanových prvkov a lanových konštrukcií. Základným účelom príspevku je poskytnúť informáciu o tejto téme a má slúžiť ako výukový materiál v danej oblasti. Voľne nadväzuje na príspevok: Lanové prvky v stavebných konštrukciách, časť 1: Základná terminológia lán.

POĎAKOVANIE

Tento článok vznikol vďaka podpore vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied VEGA 1/0397/22.

JÁN BRODNIANSKY, ml.
JÁN BRODNIANSKY

Literatúra a použité zdroje:

[1] AGÓCS Z., FERIENČÍK P., MELCHER J., Vybrané state z kovových konštrukcií Predpäté kovové a vláknové konštrukcie 1.časť, vydavateľstvo SVŠT v Bratislave, Apríl 1981

[2] PETERSEN CH., Stahlbau Grundlagen der Berechnung und baulichen Ausbildung von Stahlbauten, Fried. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Brainschweig 1988, ISBN 3-528-08837-0

[3] CHEN W.F., LUI E.M., Handbook of Structural engineering second edition, Taylor & Francis Group, USA, 2004, ISBN 0-8493-1569-7

[4] SCHLAICH M., BOGLE A., BLEICHER A., Vorlesungsskript Brückenbau II – Seile, Technische Universität Berlin, Februar 2011

[5] https://www.pfeifer.info/en/home/

*Ing. Ján Brodniansky, PhD. (*1987)*

Absolvent Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Pôsobí na Katedre kovových a drevených konštrukcií SvF STU v Bratislave.

*Prof. Ing. Ján Brodniansky, PhD. (*1955)*

Absolvent Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Pôsobí na Katedre kovových a drevených konštrukcií SvF STU v Bratislave.

Hodnotenie konštrukcií oceľových stožiarov na základe STN 73 2612: 2019

Oceľové stožiare ako konštrukcie s malou hmotnosťou na jednotku výšky sú výrazne citlivé na účinky časovo premenného zaťaženia. Podľa typu a cyklov tohto zaťaženia sa jeho účinkami na konštrukciu znižuje aj únosnosť materiálov z pôvodnej statickej únosnosti na medzu únavovej pevnosti. Počas životnosti stožiarov je potrebné vykonávať kontroly konštrukcie, aby sa prípadné poruchy zachytili čo najskôr po ich vzniku a aby sa minimalizoval ich vplyv na konštrukciu. Preto bola vypracovaná STN 73 2612 Hodnotenie a údržba oceľových stožiarov. Telekomunikačné a osvetľovacie stožiare. Táto norma systematizuje celý proces starostlivosti o prevádzkovanú konštrukciu.

ÚVOD

Každá stavba od prvej myšlienky na jej realizáciu po jej likvidáciu obvykle prechádza nasledovnými etapami, ktoré majú vplyv na jej prípravu, realizáciu, prevádzku, životnosť a spôsob likvidácie po ukončení prevádzky.

PREDPROJEKTOVÁ PRÍPRAVA STAVBY

Predprojektová príprava stavby začína úvahou investora o zhotovení stavby pre daný účel, jej umiestnení v lokalite, tak aby splnila zámer pre ktorý bude zhotovená. Posúdenie otázok týkajúcich sa najmä:

- environmentálnej záťaže,
- možnosti napojenia na komunikačné siete,
- možnosti napojenia na inžinierske siete,
- možnosti zabezpečenia pracovnej sily,
- potrebu vyvolaných investícií.

PROJEKTOVANIE STAVBY

V minulosti existovala Vyhláška 107/1966 Zb. O dokumentácii stavieb, ktorá určovala potrebný rozsah všetkých stupňov dokumentácie potrebnej k príprave a realizácie stavby v nadväznosti na ustanovenia stavebného zákona či už technické, legislatívne alebo rozpočtové, samozrejme pri dodržaní podmienok urbanistického a architektonického zámeru. Tak isto určovala rozsah povinností účastníkov výstavby.

A v mnohých otázkach predpisovala aj požiadavky na starostlivosť o stavbu počas jej životnosti v širšom kontexte. Samozrejme na vývoj a zmeny v spoločnosti je vo veľkej miere prekonaná.

Súčasné členenie dokumentácie na PD pre stavebné konanie (zodpovední autorizovaní inžinieri) a následnú realizačnú dokumentáciu dodávateľa pre obsah ktorej nie sú stanovené konkrétne pravidlá je zaujímavou situáciou. Už len v tom ohľade, že spracovatelia projektu pre stavebné konanie majú veľmi malý dosah na jej ovplyvnenie (kontrolu).

Samozrejme prvou chýbajúcou časťou realizačnej dokumentácie je predpis starostlivosti o stavbu počas jej životnosti.

INŽINIERSKA ČINNOSŤ

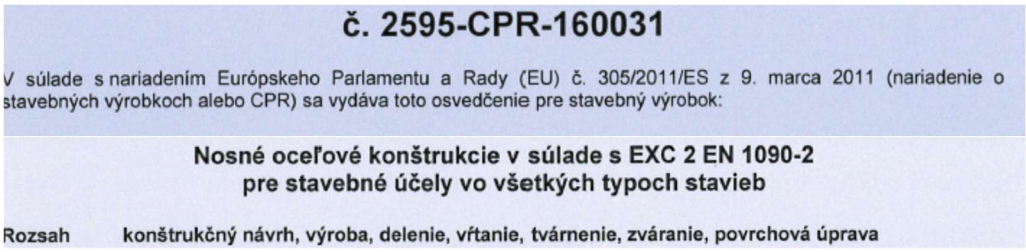
Inžinierska činnosť zahŕňa najmä právne úkony súvisiace s celým procesom súvisiacim so stavbou.

ZHOTOVOVANIE KONŠTRUKCIE

Pre zhotovovanie oceľových konštrukcií je rozhodujúcim normovým predpisom STN EN 1090-2, ktorá komplexne rieši túto problematiku.
Z pohľadu oprávnenosti k výrobe oceľových konštrukcií je potrebné pristaviť sa pri triedach zho-

tovenia konštrukcií. Vzhľadom na to, že konštrukcie sú vyrábané rôznymi subjektami, či už z hľadiska veľkosti subjektu, výrobno - technického vybavenia a disponovania vlastnými kapacitami odborného personálu treba pripomenúť, že každý subjekt vyrábajúci oceľové konštrukcie musí byť certifikovaný oprávneným certifikačným orgánom pre príslušné triedy zhotovovania (obr.1) pre výrobky vyrobené vo vlastnom výrobnom závode a nie nakupované v subdodávkach.

Z uvedeného vyplýva, že tzv. „garážové firmy“, ktoré sa presadzujú najmä pri výrobe menších oceľových nosných konštrukcií napr. nižšie stožiare, malé lávky cez potoky a riečky, potrubné mosty nemajú čo na trhu robiť, lebo ho cenovo deformujú a nie je zaručená potrebná kvalita dodávanej oceľovej konštrukcie, čo v krajnom prípade môže viesť až k dodatočným investičným nákladom na opravu dodanej konštrukcie, prípadne k jej havárii.


č. 2595-CPR-160031

V súlade s nariadením Európskeho Parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011/ES z 9. marca 2011 (nariadenie o stavebných výrobkoch alebo CPR) sa vydáva toto osvedčenie pre stavebný výrobok:

Nosné oceľové konštrukcie v súlade s EXC 2 EN 1090-2
pre stavebné účely vo všetkých typoch stavieb

Rozsah konštrukčný návrh, výroba, delenie, vŕtanie, tvárnenie, zváranie, povrchová úprava

Obr. 1 – Certifikácia pre príslušnú triedu zhotovenia

Certifikát

Preverenie zváračskej prevádzky

Týmto potvrdzujeme, že výrobca preukázal splnenie požiadaviek kvality kladených na činnosti pri zváraní.

Skúšobný predpis: DIN EN ISO 3834-2

Číslo správy: E 122/0726/2016

Rozsah oprávnenia: Výroba, montáž, rekonštrukcia a opravy konštrukcii telekomunikačných zariadení; Pozri prílohu.

Obr. 2 – Certifikácia zvárania

Obr. 3 – Rôzna „kvalita“ zvárania

Súčasťou tejto certifikácie musí byť oprávnenie na výkon zváračských prác ako najzložitejšieho technologického procesu pri výrobe oceľových konštrukcií.

V tomto procese sú potrební aj odborníci z oblasti nedeštruktívneho skúšania konštrukcií.

MONTÁŽ KONŠTRUKCIE

Montáž konštrukcie je vyvrcholením celého predchádzajúceho procesu, v ktorom sa buď prejaví zodpovednosť a skúsenosť všetkých zúčastnených alebo na povrch vypláva nezodpovednosť a zanedbanie zodpovednosti niektorých zo zúčastnených zložiek. Vzhľadom na skutočnosť, že súčasťou každej oceľovej konštrukcie je oceľobetó nový základ, tak sa občas prejaví názor, že čo je zaliate v betóne nie je vidieť.

Na druhej strane je vidieť, že montáž konštrukcie nie jednoduchou záležitosťou a po zrealizovaní konštrukcie nie sú zrejmé zložité montážne postupy, ktoré museli byť použité.

Obr. 4 – V rámci diagnostiky bola zistená chýbajúca horizontálna výstuž betónového bloku

Obr. 5 – Montáž dielcov nasúvaného kónického stožiara pomocou helikoptéry

KOLAUDÁCIA STAVBY

Kolaudácia stavby je právne-administratívnym úkonom v zmysle stavebného zákona, pri ktorom má byť skontrolovaný súlad medzi projektovou dokumentáciou a realizovanou stavbou.

Nie vždy sú vykonané všetky úkony v celom rozsahu a na dostatočnej odbornej úrovni. Preto je oddelená kolaudácia konštrukcie od prevzatia do prevádzky.

Obr. 6 – Kotevný kôš osadený na skolaudovanej stavbe

PREVZATIE STAVBY DO PREVÁDZKY

Prevzatie stavby do prevádzky je súbor činností po kolaudácii stavby na ktoré už nemajú vplyv zhotoviteľ a zložky investora zodpovedné za výstavbu sú spokojné s výslednou cenou stavby ale túto preberajú do starostlivosti prevádzkové útvary a pokiaľ zanedbajú svoje povinnosti kedy je možné uplatniť reklamačné podmienky nastáva veľmi zaujímavá situácia na dlhé roky.

Obr. 7 – Nezrealizované podliatie kotevnej dosky

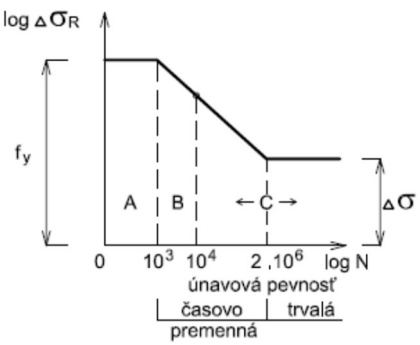
PREVÁDZKA STAVBY

Prevádzka stavby je najdlhším a najkomplikovanejším úsekom v procese životnosti stavby. Aby bola zabezpečená maximálne jej dlhá životnosť a spoľahlivosť je určite potrebná údržba stavby. Treba vziať do úvahy, že počas životnosti sa stavba nachádza v režime bežnej prevádzky, v režime riadených rizík, v stave potreby úprav stavby pre potreby modernizácie alebo zmeny účelu prevádzky. Už neplatná STN 73 2601 ktorá riešila zhotovovanie oceľových konštrukcií sa zaoberala v kapitole 8 údržbou oceľových konštrukcií, samozrejme tých väčších. Po prechode na harmonizáciu s EN niektoré kapitoly s národných noriem vypadli a boli nahradené iným spôsobom, ktorý je dosť všeobecný (STN ISO 13822) a hlavne nie dostatočne rozpracovaný pre potreby menších konštrukcií.

UKONČENIE PREVÁDZKY STAVBY A LIKVIDÁCIA

Ukončenie prevádzky stavby je proces vyvolaný zásadnou zmenou prevádzky, morálnym alebo fyzickým zastaraním konštrukcie alebo haváriou konštrukcie.

Likvidácia stavby sa môže na prvý pohľad javiť ako zbytočný krok ktorý zvyšuje ekonomické výdavky majiteľa konštrukcie - stavby. Ale zníženie environmentálnych rizík, uvoľnenie pozemku pre budúcu výstavbu novej stavby, zisk z odovzdania druhotných surovín ktorých recyklácia je určite energeticky menej náročná ako výroba novej ocele by mali byť kritériami ktoré by sa mali zvažovať. Samozrejme treba zvážiť potenciál zaujímavosti stavby z historického hľadiska, v tom prípade je namiesto likvidácie stavby vykonať jej predbežné zakonzervovanie.



Obr. 8 – Únavová pevnosť ocele,
A - zóna kvázi statickej pevnosti,
B - zóna nízko cyklovej únavy,
C - zóna vysoko cyklovej únavy,
Δσ – únavová pevnosť (prípustný rozkmit napätia), N – počet cyklov

Obr. 10 – Nevhodne zvolená vrubová húževnatosť materiálu, krehký lom

STAROSTLIVOSŤ O STAVBU

Počas životnosti stavby okrem štandardnej prevádzky môžu nastať rôzne situácie napr. poškodenie preťažením konštrukcie, poškodenie konštrukcie vplyvom poveternostných účinkov, poškodenie konštrukcie zásahom neoprávnenej osoby, potreba zosilnenia resp. rekonštrukcie konštrukcie.

Taktiež treba vziať do úvahy, že stožiare a veže sú špecifickým druhom konštrukcie vzhľadom na skutočnosť, že majú pomerne malú hmotnosť na jeden meter výšky. Obvykle sú na nich umiestnené zariadenia značných rozmerov, ktoré sú v prevažnej miere sústredené v hornej časti konštrukcie. Takmer nepretržite kmitajú a pružne sa deformujú. Tu treba vziať do úvahy, že pevnosť materiálu pri časovo premennom zaťažení je klesajúca v závislosti na počte zaťažovacích cyklov. Do úvahy treba zobrať aj nadmorskú výšku výstavby a podľa toho vybrať oceľ s potrebnou vrubovou húževnatosťou.

Obr. 9 – Nízko cyklová únava na drieku hydroglóbusu

STN 73 2612

Počas životnosti stavby okrem štandardnej prevádzky môžu nastať rôzne situácie napr. poškodenie preťažením konštrukcie, poškodenie konštrukcie vplyvom poveternostných účinkov, poškodenie konštrukcie vplyvom premenného zaťaženia a iné typy poškodení. Pre potreby diagnostiky a hodnotenia stavu oceľových konštrukcií stožiarov (vrátane základovej konštrukcie) bola spracovaná norma STN 73 2612.

Norma platí na hodnotenie technického stavu a určuje zásady údržby oceľových konštrukcií a starostlivosť o konštrukcie:

- samostatne stojacich telekomunikačných priehradových stožiarov na vlastnom základe,
- kotvených telekomunikačných priehradových stožiarov na vlastnom základe,
- samostatne stojacich telekomunikačných rúrových stožiarov na vlastnom základe,
- kotvených telekomunikačných rúrových stožiarov na vlastnom základe,
- samostatne telekomunikačných priehradových stojacich stožiarov na inom objekte,
- kotvených (podopretých) telekomunikačných priehradových stožiarov na inom objekte,
- samostatne telekomunikačných stojacich rúrových stožiarov na inom objekte,
- kotvených (podopretých) telekomunikačných rúrových stožiarov na inom objekte,
- samostatne stojacich osvetľovacích stožiarov a veží na vlastnom základe,

- kotvených telekomunikačných stožiarov na vlastnom základe,
- samostatne stojacich priehradových driekov reklamných plôch,
- samostatne stojacich rúrových driekov reklamných plôch.

Starostlivosť o konštrukcie je proces, ktorý zahŕňa súbor zisťovacích, kontrolných, hodnotiacich a výkonných činností, účelom ktorých je zabezpečiť počas celej životnosti konštrukcie jej bezpečnosť, prevádzkyschopnosť a spoľahlivosť. Starostlivosť o konštrukcie sa vykonáva počas celej životnosti konštrukcie. Životnosť konštrukcie je ukončená až jej likvidáciou. Starostlivosť o konštrukcie zahŕňa nasledujúce oblasti:
- prevzatie konštrukcie do prevádzky;
- výkon technických kontrolných prehliadok;
- hodnotenie technického stavu konštrukcie;
- údržbu konštrukcie;
- opravy konštrukcie;
- prevádzku konštrukcie počas riadenia rizík;
- rekonštrukcie a zosilnenia konštrukcie;
- činnosť v prípade havárie;
- kontrolu a údržbu už neprevádzkovanej konštrukcie;
- likvidáciu konštrukcie.

Na výkon starostlivosti o konštrukciu je potrebná projektová a prevádzková dokumentácia konštrukcie.

Ak sa nezachovala pôvodná projektová dokumentácia v potrebnom rozsahu, alebo sú v pôvodnej dokumentácii zásadné nedostatky, je potrebné vypracovať dodatočnú dokumentáciu realizovanej konštrukcie, ktorá zdokumentuje stav konštrukcie v čase zhotovenia dokumentácie, resp. v čase jej poslednej zmeny.

Dodatočná dokumentácia realizovanej konštrukcie sa vypracuje podľa súčasne platných predpisov. V dokumentácii sa zohľadní zvyšková životnosť a spoľahlivosť konštrukcie v súlade s STN ISO 13822.

V prípade rekonštrukcie, zosilnenia alebo rozsiahlej opravy konštrukcie sa projektová dokumentácia doplní o projektovú dokumentáciu skutočného stavu rekonštrukcie alebo zosilnenia. Súčasťou projektovej dokumentácie sú aj technologické postupy prác.

Prevádzková dokumentácia obsahuje základné technické a prevádzkové údaje o konštrukcii, technologické prevádzkové údaje, konštrukčné materiály konštrukcie a všetky údaje o konštrukcii získané počas jej životnosti od prevzatia konštrukcie do prevádzky po jej likvidáciu. Hlavné časti prevádzkovej dokumentácie sú:
- pasport konštrukcie;
- záznamové listy z kontr. prehliadok a revízií;
- záznamové listy hodnotenia konštrukcie;
- záznamové listy z údržbových prác;
- záznamové listy z opravy, rekonštrukcie alebo modernizácie konštrukcie.

PASPORT KONŠTRUKCIE

Pasport konštrukcie je základným prevádzkovým a evidenčným dokumentom konštrukcie. Obsahom pasportu konštrukcie sú časti:
- Opis konštrukcie, kde sú opísané základné parametre konštrukcie:
    - opis konštrukcie, montážnych spojov, základov;
    - základné rozmery konštrukcie;
    - požiadavky na vlastnosti konštrukčných materiálov;
    - súpis zaťažení a vplyvov prostredia a parciálnych súčiniteľov spoľahlivosti zaťaženia;
    - základné materiály konštrukcie;
    - protikorózna ochrana konštrukcie.
- Plán preventívnych prehliadok, ktorý obsahuje:
    - typy a obsah preventívnych prehliadok;
    - cykly vykonávania prehliadok.
    - plán údržby, ktorý obsahuje:
    - typy a obsah údržbových prác;
    - cykly vykonávania údržbových prác.

Vzorový list pasportu konštrukcie sa nachádza v norme STN 73 2612.

Pri prevzatí konštrukcie do prevádzky, najmä pre potreby budúcej prevádzky, možných opráv a rekonštrukcií majú byť zadefinované aj nasledovné skutočnosti:
- trieda zhotovovania;
- protikorózna ochrana;
- tolerancie a kritériá používateľnosti.

TECHNICKÉ KONTROLNÉ PREHLIADKY

Technické kontrolné prehliadky sú súborom nedeštruktívnych zisťovaní na konštrukcii vykonávaných počas jej celej životnosti umožňujúcich stanoviť aktuálny technický stav a dlhodobo sledovať vývoj konštrukcie člena sa na:

a) kontrolné prehliadky
   1) periodické:
   - preventívne kontrolné prehliadky;
   - podrobné kontrolné prehliadky;
   2) neperiodické.

b) prevádzkové obhliadky.

Preventívnymi kontrolnými prehliadkami sa v pravidelných intervaloch kontroluje celkový stav konštrukcie. Pri preventívnych kontrolných prehliadkach sa ako kontrolná metóda využíva vizuálna metóda s použitím drobných pomôcok (napr. ďalekohľad, poklepové kladivko, škrabka, maticový kľúč, zväčšovacie sklo, pravítko, prenosný zdroj svetla).

Účelom preventívnej kontrolnej prehliadky je najmä zistiť chýbajúce časti konštrukcie, zjavné zmeny tvaru konštrukcie, deformácie prvkov konštrukcie, nekompletnosť skrutkových spojov, viditeľné poškodenie detailov konštrukcie (deformácie, zjavné trhliny zvarov a pod.), rozsah korózie, stav ochrany proti korózii konštrukcie.

Podrobnými kontrolnými prehliadkami sa v pravidelných intervaloch kontroluje celkový stav konštrukcie a proces fyzického starnutia konštrukcie a priebeh degradačných procesov so zameraním na určenie zvyškovej životnosti konštrukcie. Pri podrobných kontrolných prehliadkach sa využívajú všetky potrebné metódy technickej diagnostiky (napr. nedeštruktívne skúšky, vizuálne kontroly, meranie hrúbok materiálov, kapilárne metódy skúšania), geodetické merania a pod.

Neperiodickými kontrolnými prehliadkami sa podľa potreby kontroluje celkový stav konštrukcie na určitý účel. Možno ich rozčleniť na:

- kontrolné prehliadky po mimoriadnej udalosti (víchrica, zemetrasenie, povodeň a pod.),
- kontrolné prehliadky pri vzniku náhlej poruchy,
- kontrolné prehliadky pred rekonštrukciou.

V prípade zistenia poruchy sa neperiodická kontrolná prehliadka vykoná v potrebnom rozsahu na úrovni podrobnej kontrolnej prehliadky s cieľom zistiť príčinu jej vzniku a možnosti jej odstránenia. Ďalej sa vykoná aj v prípade, že sa pri preventívnej kontrolnej prehliadke zistí porucha, ktorá môže viesť k ohrozeniu prevádzky konštrukcie alebo bezpečnosti osôb.

Prevádzkové obhliadky sa vykonávajú za účelom prechádzania náhlym haváriám konštrukcií. Prevádzkový pracovník nerobí záznam o tejto obhliadke a obhliadka nie je súčasťou technických kontrolných prehliadok. Ak zistí poruchu, oznámi to na príslušné pracovisko.

Obhliadkou sa zistí, či nenastali výrazné deformácie konštrukčných častí, či nechýbajú časti konštrukcií, či nie je viditeľné poškodenie (pootočenie) betónových základov a kotevných blokov, nefunkčnosť svetelného návestidla (len konštatovanie o funkčnosti) a pod.

Preventívne kontrolné prehliadky sa na konštrukciách v závislosti od ich zaradenia do skupín vykonávajú v nasledujúcich cykloch:

- Skupina 1: 1x za dva roky,
- Skupina 2: 1x za dva roky,
- Skupina 3: 1x za dva roky,
- Skupina 4: 1x ročne,
- Skupina 5: 2x ročne (odporúča sa po zimnej a pred zimnou prevádzkou).

Podrobné kontrolné prehliadky sa na konštrukciách v závislosti od ich zaradenia do skupín vykonávajú v nasledujúcich cykloch:

- Skupina 1: 1x za 5 rokov,
- Skupina 2: 1x za 5 rokov,
- Skupina 3: 1x za 5 rokov,
- Skupina 4: 1x za 3 roky,
- Skupina 5: 1x za 3 roky.

Pre potreby výkonu starostlivosti o konštrukcie sú tieto zatriedené do skupín:

- Skupina 1: Konštrukcie súvisiace s iným existujúcim objektom do výšky 10m,
- Skupina 2: Konštrukcie súvisiace s iným existujúcim objektom výšky 10m a vyššie,
- Skupina 3: Konštrukcie samostatne stojace (na vlastnom základe) do výšky 30m,

- Skupina 4: Konštrukcie samostatne stojace (na vlastnom základe) výšky 30m až 80m,
- Skupina 5: Konštrukcie samostatne stojace (na vlastnom základe) výšky 80m a vyššie.

Protokol z kontrolnej prehliadky sa spracuje pri každej kontrolnej prehliadke vykonanej na kon-štrukcii a obsahuje najmä tieto údaje:
- typ prehliadky;
- termín vykonania prehliadky;
- popis, lokalizácia a fotodokumentácia poruchy;
- dodávateľ prehliadky;
- vedúci prehliadky.

Protokol z kontrolnej prehliadky sa vloží do prevádzkovej dokumentácie konštrukcie a zoznam porúch sa zadá do evidencie potrebných a požadovaných zásahov na konštrukcii. Vzorový list protokolu kontrolnej prehliadky konštrukcie sa nachádza v norme STN 73 2612.

PREDMET HODNOTENIA KONŠTRUKCIÍ

Predmetom hodnotenia konštrukcií sú konštrukcie, základy, alebo uloženie konštrukcie na iný objekt. Pre potreby prípravy a výkonu technických kontrolných prehliadok a hodnotenia technického stavu konštrukcií je možné rozdeliť ich na tieto časti (použijú sa časti aktuálne pre konkrétnu konštrukciu):
- železobetónové základy, kotevné bloky a betónové stabilizačné bloky,
- nosná konštrukcia telesa stožiaru (samostatne stojaceho alebo kotveného, priehradového alebo plnostenného)
- stabilizačné prvky nosnej konštrukcie telesa stožiaru,
- konzoly a výložníky na upevnenie nesených zariadení (pokiaľ sú na konštrukcii umiestnené),
- montážne spoje oceľových konštrukcií vrátane spojovacieho materiálu,
- výstupové rebríky všetkých typov, ochranné zábradlia a konštrukcie, oddychové plošiny, ako súčasť únikových ciest,
- kotevné laná, napínacie a rektifikačné zariadenia lán,
- lanové alebo pätné izolátory,
- laminátové konštrukcie (nosné alebo doplnkové),
- tlmiče kmitov,
- spúšťací nosič svietidiel,
- ochrana proti korózii (metalizácia, nátery) a denné prekážkové značenie podľa noriem STN EN 1504-7 a STN EN ISO 12944-2.

Nevyhnutným vystrojením konštrukcií sú aj bleskozvody a uzemnenia a príslušným orgánom štátnej správy môžu byť na konštrukcii predpísané svetelné návestidlá. Revízie týchto zariadení nie sú súčasťou kontrolných technických prehliadok a hodnotenia konštrukcie. Na tieto revízie sa vzťahuje súbor noriem STN EN 62305, resp. STN 33 1500. Revízie záchytných zariadení vedeného typu na tuhom kotviacom vedení a ich upevnenie na komunikačné konštrukcie a kotviacich ôk nie sú nie sú súčasťou kontrolných technických prehliadok a hodnotenia konštrukcie. Revízie vykonáva spoločnosť vyškolená výrobcom zariadení.

Členenie porúch a určenie stupňa ich nebezpečnosti je dané nasledujúcou klasifikáciou:
- skupina A, poruchy ohrozujúce mechanickú odolnosť a stabilitu konštrukcie;
- skupina B, poruchy ohrozujúce bezpečnosť osôb;
- skupina C, poruchy obmedzujúce životnosť konštrukcie;
- skupina D, vzhľadové poruchy.

Priorita odstránenia porúch je nasledujúca:
- skupina A, B - v najkratšom možnom termíne;
- skupina C, D - v údržbovom cykle.

Hodnotenie zistených porúch vykonáva autorizovaný inžinier SKSI so špecializáciou statika stavieb. Protokol hodnotenia zistených porúch je súčasťou protokolu z kontrolnej prehliadky. V protokole hodnotenia zistených porúch sa na základe zistených porúch slovne uvedie hodnotenie prevádzkyschopnosti a bezpečnosti konštrukcie, v prípade potreby nariadenie prevádzky v režime riadených rizík, údaje o zvyškovej životnosti, potreba odstavenia konštrukcie z prevádzky a pod.

V súlade s členením konštrukcie je v tejto kapitole uvedený zoznam možných porúch ovplyvňujúcich spoľahlivosť a bezpečnosť jednotlivých častí konštrukcie. Pre každú konštrukciu na spra-

covanie dokumentácie sa zoznam porúch aktualizuje podľa konkrétnych projekčných a konštrukčných riešení.

Príklady porúch jednotlivých častí stožiarov s ich závažnosťou sa nachádzajú v norme STN 73 2612.

ÚDRŽBA KONŠTRUKCIE

Údržba konštrukcie je súbor preventívnych výkonných činností, ktorými sa spomaľuje priebeh opotrebenia konštrukcie. Patria sem periodické činnosti a odstraňovanie drobných porúch zistených pri kontrolných prehliadkach.

Potrebné odstránenie porúch nosných konštrukcií a stabilizačných prvkov nosných konštrukcií nepatria do údržby, ale vykonávajú sa okrem náterov formou opravy.

Údržbové činnosti sa vykonávajú na základe schválených písomných technologických postupov.

Pre potreby výkonu údržbových činností je konštrukcia rozčlenená na jednotlivé časti:

- oceľobetónové základy, kotevné bloky a betónové stabilizačné bloky,
- nosná oceľová konštrukcia,
- stabilizačné prvky oceľovej nosnej konštrukcie,
- konzoly a výložníky na upevnenie antén,
- montážne spoje oceľových konštrukcií vrátane spojovacieho materiálu,
- výstupové rebríky všetkých typov, ochranné zábradlia, oddychové plošiny,
- kotevné laná, napínacie a rektifikačné zariadenia lán,
- ochrana proti korózii a denné prekážkové značenie ,
- lanové a pätné izolátory,
- laminátové konštrukcie,
- tlmiče kmitov.

Pokiaľ konštrukcia nevyhovuje kritériám medzných stavov používateľnosti alebo bol vykonaný zásah do nosnej konštrukcie (zmena zaťaženia, zmena tvaru alebo statickej schémy konštrukcie, zmena prierezov prvkov konštrukcie) bez overenia odolnosti konštrukcie a pod., musia sa vykonať príslušné opatrenia na odstránenie takéhoto stavu. Medzi takéto opatrenia patria opravy, nátery, úpravy konštrukcií zaisťujúce bezpečný pohyb osôb, overenie odolnosti konštrukcie a pod..

Obdobie od zistenia nevyhovujúceho stavu konštrukcie do realizácie nápravných opatrení sa nazýva prevádzka v čase riadených rizík.

V čase do vykonania nápravných opatrení je potrebné riadiť riziká v prevádzke konštrukcie. Medzi takéto činnosti patria obmedzenie zaťaženia, zmena režimu prevádzky, zmena režimu prístupu osôb, vyznačenie nebezpečných zón, odstránenie prírastkov zvýšených klimatických zaťažení v zimnom období a monitoring konštrukcie.

Konštrukciu so zistenými poruchami je možné prevádzkovať za predpokladu monitorovania vonkajších vplyvov a ich účinkov na konštrukciu - klimatické zaťaženie, kmitanie, rozvoj trhlín, zmena geometrických parametrov.

Rozsah monitorovania a určenie limitných hodnôt pre zastavenie prevádzky sa stanoví na základe zatriedenia konštrukcie a výšky možných strát na životoch a majetku v prípade havárie konštrukcie.

POĎAKOVANIE

Tento článok vznikol vďaka podpore vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied VEGA 1/0397/22.

JÁN BRODNIANSKY, ml.
JOZEF RECKÝ

Literatúra a použité zdroje:

[1] STN EN 1990:2009: Zásady navrhovania konštrukcií
[2] STN ISO 13822:2012: Zásady navrhovania konštrukcií. Hodnotenie existujúcich konštrukcií
[3] STN 73 2612:2019: Hodnotenie a údržba oceľových stožiarov. Telekomunikačné a osvetľovacie stožiare.
[4] STN 73 2605:2014: Hodnotenie a údržba oceľových stožiarov. Oceľové komíny

*Ing. Ján Brodniansky, PhD. (*1987)*

Absolvent Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Pôsobí na Katedre kovových a drevených konštrukcií SvF STU v Bratislave.

*Ing. Jozef Recký, PhD. (*1959)*

Absolvent Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Je autorizovaným inžinierom SKSI pre statiku stavieb. RECKÝ, spol. s.r.o.

Časté příčiny degradace a poruch dřevěných mostů a lávek

The paper presented selected degradation effects causing failures and reduced durability, which can be most often encountered in wooden bridges and footbridges. These are mainly the effects of atmospheric and biological degradation. The negative impacts of these influences on the operability and service life of wooden bridges and footbridges can be eliminated by high-quality design and implementation of suitable construction measures, as well as regular inspection of the condition of these structures.

ÚVOD

Trvanlivost dřevěných mostů a lávek ovlivňuje celá řada faktorů. Patří mezi ně celková koncepce (zastřešení výrazně prodlužuje životnost dřevěných mostů a lávek), konstrukční návrh (včetně detailů a spojů), volba vhodných materiálů, kvalita provedení povrchové ochrany nátěry a konstrukčními prvky, pravidelná kontrola stavu a provádění oprav poškozených částí. V příspěvku jsou uvedeny vybrané příčiny degradace dřevěných mostů a lávek vlivem prostředí. Více informací lze nalézt např. v [1] a [2].

VLIVY PROSTŘEDÍ NA TRVANLIVOST DŘEVĚNÝCH MOSTŮ A LÁVEK

Při návrhu dřevěných konstrukcí mostů a lávek je nutné zvážit zejména účinky povětrnosti na rozvoj atmosférických a biologických degradačních procesů. Patří mezi ně zejména vliv vlhkosti (od deště, sněhu, případně námrazy) a slunečního záření. Vliv těchto degradačních činitelů může být omezen jednak pomocí konstrukčních ochranných opatření, jednak užitím dřevěných materiálů s dostatečnou přirozenou trvanlivostí a také ošetřením povrchů ochrannými prostředky proti atmosférické degradaci a biologickému napadení.

U konstrukcích prvků bez částečného nebo úplného zakrytí hlavních konstrukčních prvků může být jejich trvanlivost zvýšena pomocí:

- omezení stojaté vody na dřevěných površích pomocí vhodného sklonu povrchů;
- omezení otvorů, zářezů, kde se může hromadit nebo prosakovat voda;
- omezení přímého absorbovaní vody užitím vhodných nátěrů;
- omezení trhlin a delaminace, zvláště v oblastech, kde jsou povětrnosti vystavena koncová vlákna, vhodným nátěrem nebo obkladem;
- zajištění přirozeného větrání všech dřevěných částí vhodnou geometrií.

Správná volba vhodného materiálu

Dřevěné mosty a lávky jsou po celou dobu své životnosti vystaveny vlivům prostředí, proto jedním z předpokladů zajištění dostatečné trvanlivsti je na prvky, které nejsme schopni chránit konstrukčními opatřeními (např. mostovka, prahy atp.), potřeba navrhovat vhodných dřevěné materiály s přirozenou trvanlivostí.

Na obr. 1 jsou uvedeny příklady použití nevhodného materiálu (lepené lamelové dřevo) na prahový nosník dřevěné lávky a jehličnaté rostlé dřevo (smrk) na mostiny.

V našich středoevropských podmínkách je vhodné použít na nechráněné části dřevo modřínu (i na prvky z lepeného lamelového dřeva). Mostiny je vhodnější navrhovat ze dřeva dubu, který má oproti jehličnanům mnohem vyšší trvanlivost i otěruvzdornost. Na extrémně zatížené prvky je vhodné navrhovat dřevo akátu.

V některých evropských zemích navrhují dřevěné mosty a lávky z tropických velmi trvanlivých dřevin. Na obr. 2 je uveden příklad lávky z

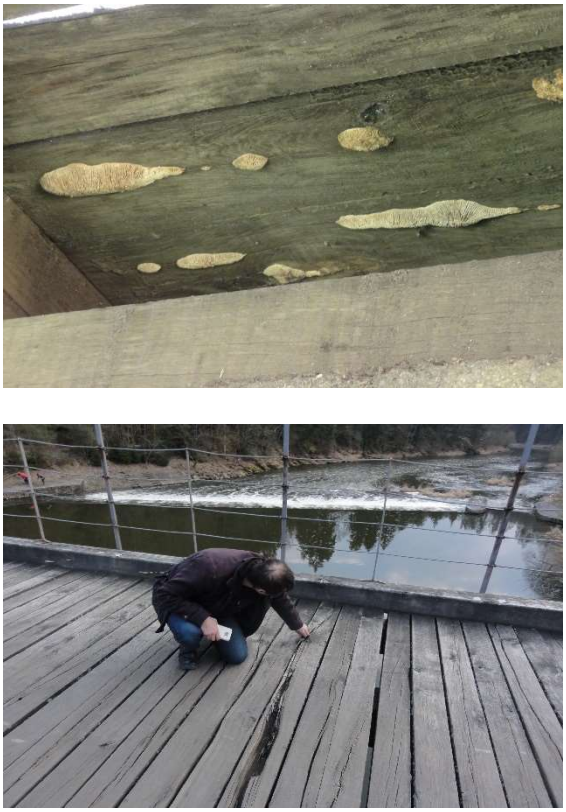
Holandska, která je vyrobena z tropické dřeviny, jejíž přirozená trvanlivost umožňuje použití minimální konstrukční i nátěrové ochrany.

Obr. 1 – Příklad návrhu nevhodného dřevěného materiálu prahu dřevěné lávky a mostin

Obr. 2 – Lávka z tropického dřeva

Biologická koroze

Dřevěné mosty a lávky umístěné nad vodotečí jsou vystaveny zvýšené vlhkosti, která je vhodným prostředím pro rozvoj dřevokazných plísní a zejména hub. Na obr. 3 je zobrazen příklad napadení mostin z dubu trámovkou trámovou. Kvalita dřeva dubových mostin byla nízká, proto musela být mostovka kompletně vyměněna již po třinácti letech provozu.



Obr. 3 – Trámovka trámová na spodní straně dubové mostovky a biodegradace dubové mostovky

Atmosférická degradace

Materiály dřevěných mostů a lávek jsou i z hlediska životnosti citlivé k působení vlivů venkovního prostředí. Jedná se zejména o působení vody ve všech jeho formách, zvláště v kombinaci se slunečním zářením. Důležitá se jeví i orientace ke světovým stranám.

Na obr. 4 je uveden příklad rozdílného stavu povrchu nosníků dřevěného mostu z lepeného lamelového dřeva. Vnitřní plocha levého nosníku je obrácena k jihu a je tedy vystavena intenzivnímu slunečnímu záření, které v kombinaci s častým zvlhčováním nechráněného povrchu deštěm a sněhem způsobilo po deseti letech provozu značnou degradaci povrchu. Degradace se projevuje zvětráním nátěru povrchu a jeho zešednutím a hlavně značnou delaminací zasahující do hloubky několika centimetrů. Na obr. 4 je vidět vnitřní povrch pravého nosníku, který je obrácen k severu.

Degradace povrchu této strany nosníku je zřetelně menší.

Obr. 4 – Atmosférické degradace povrchu nosníků dřevěného mostu po 10 letech provozu

Na obr. 5 a 6 jsou uvedeny příklady degradace nosníků dřevěné lávky, které nejsou žádnými konstrukčními opatřeními chráněny. Již po deseti letech provozu bylo nutné přistoupit k celkové sanaci této lávky.

Obr. 5 – Delaminace nosníkú dřevěné lávky z LLD

Obr. 6 – Atmosférická degradace nosných prvků dřevěné lávky

Konstrukční ochrana dřevěných mostů a lávek

Jako nejúčinnější ochrana před degradačními účinky se jeví konstrukční ochrana nosných prvků obkladem dřevěnými prvky (boční strany), resp. oplechováním (zpravidla horní hrany nosníků). Tyto ochranné prvky je možné po jejich degradaci snadno nahradit novými (obr. 7).

Dalšími účinnými opatřeními, které zajistí potřebnou trvanlivost dřevěných mostů a lávek je kvalitní nátěr (v severských zemích doporučují nátěr kreosotem) a spoje nosných prvků s ocelovými kolíky s vloženými ocelovými plechy (obr. 8). Velmi účinným opatřením ke zvýšení trvanlivosti dřevěných (především) lávek je jejich zastřešení, které může být provedeno i pomocí zasklení (včetně bočních stěn).

Obr. 7 – Kvalitní konstrukční ochrana dřevěných mostů

Obr. 8 – Detaily spojů dřevěného mostu Tynset (Norsko, 2001)

Obr. 9 – Příklady zastřešených dřevěných lávek

Obr. 10 – Příklady zastřešených dřevěných lávek

ZÁVĚR

V příspěvku byly uvedeny vybrané degradační vlivy způsobující poruchy a snížení trvanlivosti, se kterými se lze nejčastěji setkat u dřevěných mostů a lávek. Jedná se zejména o vlivy atmosférické a biologické degradace.

PODĚKOVÁNÍ

Tato publikace vznikla díky podpoře v rámci operačního programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika pro projekt "Hodnotenie dopadu environmentálneho zaťaženia na stav mostných objektov cezhraničnej dopravnej siete", 304011Y277, spolufinancovaný ze zdrojů Evropského fondu regionálního rozvoje.

ANTONÍN LOKAJ
KRISTÝNA VAVRUŠOVÁ
JOZEF GOCÁL

Literatúra a použité zdroje:

[1] Kolektiv autorů: Dřevostavby a dřevěné konstrukce. Akademické nakladatelství CERM, Brno, 2010, 310 stran

[2] Fojtík R., Lokaj A., Gabriel J.: Dřevěné mosty a lávky. Informační centrum ČKAIT, Praha, 2017, 157 stran

Prof. Ing. Antonín Lokaj, PhD.

VŠB-TU Ostrava

Ing. Kristýna Vavrušová, PhD.

VŠB-TU Ostrava

Ing. Jozef Gocál, PhD.

Žilinská univerzita v Žiline

Experimentálne a numerické stanovenie modálnych vlastností lanovej strechy zimného štadióna v Prešove

Structures prone to vibration are represented by long-span cable bridges, long-span roofs, membrane structures, mast, towers and cables themselves. Suspension cable roof analysed in this work belongs to described category of structures. The new roof replaced the original one after the original roof run out of its life cycle. Modal analysis of the roof was performed and it is included in this work, but it is important to underline, the structural behaviour of the roof and surroundings elements was checked in the design stage as well. There is no design code or standard prescribing modal parameters for the cable roofs, therefore individual approach using experience is necessary. Presented modal analysis approach exceeds procedures defined in the existing design standards, and allows more complex analysis including changes in time. The experimental dynamics of structures is becoming a modern field with increasing interest.

ÚVOD

V súčasnosti je stále rastúci záujem o stavby s veľkým rozpätím, akými sú štadióny a mosty. Dopyt po týchto stavbách má spoločenský, ekonomický a technický charakter. Ich spoločným znakom je veľká štíhlosť. So zväčšujúcou sa štíhlosťou klesá ich tuhosť a hmotnosť na jednotku úžitkového rozmeru, čo ich radí medzu vysoko efektívne sústavy z pohľadu spotreby materiálu. Správanie týchto konštrukcií oproti konvenčným je odlišné a ich navrhovanie a zhotovovanie si vyžadujú iné prístupy. V štádiu návrhu je to analýza dynamickej odozvy konštrukcie a to aj v montážnych štádiách počas výstavby. Štíhle sústavy vystavené dynamickým účinkom (napr. vetru a seizmicite) môžu vykazovať nadmerné charakteristiky odozvy. Pri ich návrhu je nevyhnutná analýza kmitania a počas ich životnosti je potrebný trvalý monitoring zameraný na špecifické parametre.

Vývoj výpočtovej dynamiky stavieb prešiel rôznymi fázami, pričom tá súčasná v rozsiahlej miere využíva výpočtovú techniku, sofistikované matematické metódy a tiež sa výrazne opiera o experimenty. Podobne, v ostatnom období sledujeme vývoj metód experimentálnej dynamiky ako súčasť diagnózy konštrukcií (SHM – Structural Health Monitoring).

Obr. 1 – Pohľad na Zimný štadión v Prešove s pôvodnou strechou

Tento článok sa venuje aplikácii metód experimentálnej dynamiky, numerickej analýze dynamickej odozvy lanových konštrukcií s cieľom čo najvernejšieho vystihnutia ich správania. Použité nástroje a metódy sa ukázali ako veľmi užitočné pri návrhu, realizácii a verifikácii aktuálneho

stavu výsledného stavebného diela v konfrontácii s predpokladmi uvažovanými v štádiu návrhu.

DYNAMIKA LANOVÝCH SIETÍ

Medzi efektívne lanové strešné systémy patria visuté predpäté lanové siete v tvare hyperbolických paraboloidov. Vyznačujú sa geometricky nelineárnym správaním. Pri dynamickej odozve lanových sietí sa môžu prejaviť sekundárne rezonancie zahŕňajúce superharmonickú a subharmonickú odozvu [3]. Pri dynamickej analýze visutých predpätých lanových ssietí je potrebné zobrať do úvahy aj vyššie vlastné tvary [2]. Autori sa zamerali aj na interakciu obrysového oblúka s lanovou sieťou pri dynamickom namáhaní, pričom zistili, že zohľadnenie tuhosti oblúka je dôležité, čo môže viesť ku vzniku ďalších vlastných tvarov [3].

Na identifikáciu vlastných hodnôt existujú v experimentálnej dynamike dve skupiny metód, a to metóda EMA (Experimental Modal Analysis) a metóda OMA (Operational Modal Analysis). Metóda EMA využíva zaťažovací impulz, ktorý je potrebné zaznamenať. Metóda OMA využíva iba nameranú odozvu konštrukcie a budiaci účinok predstavuje náhodný signál s vlastnosťami bieleho šumu v širokom frekvenčnom spektre. Riešenie metódy OMA spočíva v singulárnom rozklade spektrálnej matice a špičkám singulárnych hodnôt prislúchajú vlastné tvary. Použitie metódy EMA pri reálnych veľkorozmerných stavebných konštrukciách je problematické, vzhľadom na potrebu výkonného budiča. Z toho dôvodu sa častejšie uplatňujú metódy skupiny OMA.

POPIS KONŠTRUKCIE

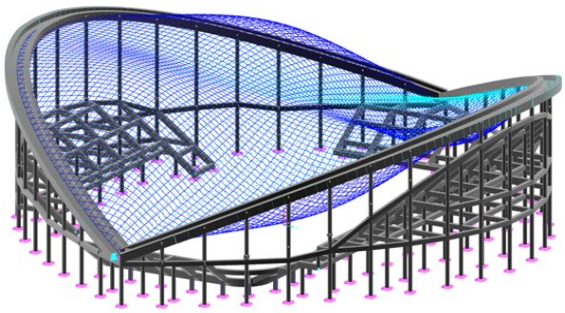
Analyzovaná lanová strecha [1] je súčasťou konštrukcie Zimného štadióna v Prešove (obr. 1) uvedeného do prevádzky v roku 1966. V roku 2019 bola pôvodná lanová sieť odstránená a v roku 2020 bola zhotovená nová lanová sieť, vrátane celej konštrukcie strechy a ďalších stavebných úprav štadióna.

Na svoju dobu sa jednalo o progresívny návrh, ktorý spĺňal parametre svetového formátu. Strešnú konštrukciu tvorila jedinečná visutá predpätá lanová sieť v tvare hyperbolického paraboloidu s hlavnými pôdorysnými rozmermi 77,64 x 92,0m [1]. Podperný systém tvoria dva proti sebe naklonené parabolické oblúky z monolitického železobetónu, pol komorových prierezov v tvare nesymetrického C s výškou 3 500 mm. Každý oblúk je podopretý dvadsiatimi železobetónovými stĺpmi kruhového prierezu s priemerom 600mm. Oblúky sú na koncoch ukotvené do mohutných železobetónových monolitických stenových pylónov, ktoré prenášajú dominantné vodorovné účinky cez priamopásové základy do podložia. Lanová sieť bola navrhnutá ako štvorcová s osovou vzdialenosťou 1000mm. Hala, s kapacitou 5 500 divákov, slúžila ako zimný štadión, ale využívala sa aj na iné verejné účely.

Hlavnou úlohou oblúkov je prenášať sily z lanovej siete. Laná lanovej siete sú v pôdoryse usporiadané do pravouhlej siete so štvorcovými okami rozmeru 1,0m. Kríženia lán sú opatrené svorkami zabraňujúcimi preklzu lán prostredníctvom šmykového spolupôsobenia. Laná sú ukončené zalievanými koncovkami.

Popis dynamickej skúšky

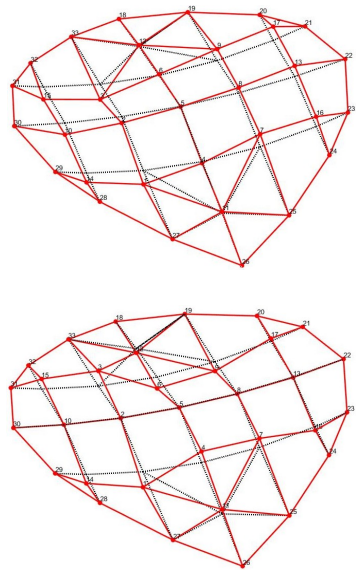
Dynamická skúška pozostávala z troch meraní (M01, M02 a M03), ktoré sa uskutočnili uvoľnením hmoty v troch bodoch siete nezávisle. Boli synchrónne zaznamenané údaje zrýchlení zo 17 akcelerometrov.



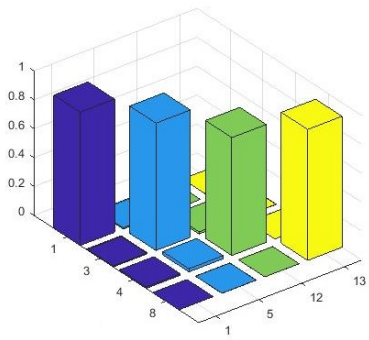
Obr. 2 – Prvý vlastný tvar vypočítaný metódou FEM

VYHODNOTENIE MODÁLNYCH CHARAKTERISTÍK A ZÁVER

Modálna analýza (obr. 2) bola vykonaná metódou konečných prvkov pri uvážení geometricky nelineárnej analýzy. Sieť bola zaťažená vlastnou tiažou a strešným plášťom. Pred samotným výpočtom bol uskutočnený form-finding siete. Prvý a druhý vlastný tvar lanovej siete, určený z dynamickej skúšky určený metódou OMA, je na obr. 3.



Obr. 3 – Prvý a druhý vlastný tvar určený z dynamickej skúšky



Obr. 4 – Korelácia vlastných tvarov MAC analýzou

Dynamická skúška novej strechy preukázala vhodný postup pre kontrolu aktuálneho stavu predpätej strešnej lanovej siete. Z dynamickej skúšky boli určené vlastné frekvencie a vlastné tvary kmitania strešnej konštrukcie. Tieto údaje boli porovnané (obr. 4) s vypočítanými hodnotami z numerickej modálnej analýzy a bola preukázaná zhoda.

POĎAKOVANIE

Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia vedeckého projektu VEGA č. 1/0129/20 podporovaného Vedeckou grantovou agentúrou MŠ SR a SAV.

RÓBERT ŠOLTÝS
MICHAL TOMKO
STANISLAV KMEŤ

Literatúra a použité zdroje:

[1] Tomko, M, Šoltýs, R., Kmeť, S.: Návrh nosnej visutej predpätej lanovej strechy Zimného štadióna v Prešove, Staticko-dynamická analýza, dynamická skúška a monitoring sústavy. Konstrukce, Ostrava, číslo 5, 2021, 56-59.

[2] Vassilopoulou, I., Gantes, C.J.: Modal transition and dynamic nonlinear response of cable nets under fundamental resonance. The 8th HSTAM international congress on mechanics, 2007.

[3] Vassilopoulou, I., Gantes, C.J.: Nonlinear dynamic behavior of saddle-form cable nets under uniform harmonic load. Engineering Structures, 33, 2011.

[4] Vassilopoulou, I., - Gantes, C.J.: Influence of a deformable contour Ring on the nonlinear dynamic response of cable nets. Structures, 2016.

Ing. Róbert Šoltýs, PhD.

Ústav inžinierskych konštrukcií a dopravných stavieb, Stavebná fakulta, Technická univerzita v Košiciach.

Prof. Ing. Michal Tomko, PhD.

Ústav inžinierskych konštrukcií a dopravných stavieb, Stavebná fakulta, Technická univerzita v Košiciach.

Prof. Ing. Stanislav Kmeť, DrSc.

Ústav inžinierskych konštrukcií a dopravných stavieb, Stavebná fakulta, Technická univerzita v Košiciach.

Oceľové nosníky – možnosti zabezpečenia krátkych časov požiarnej bezpečnosti

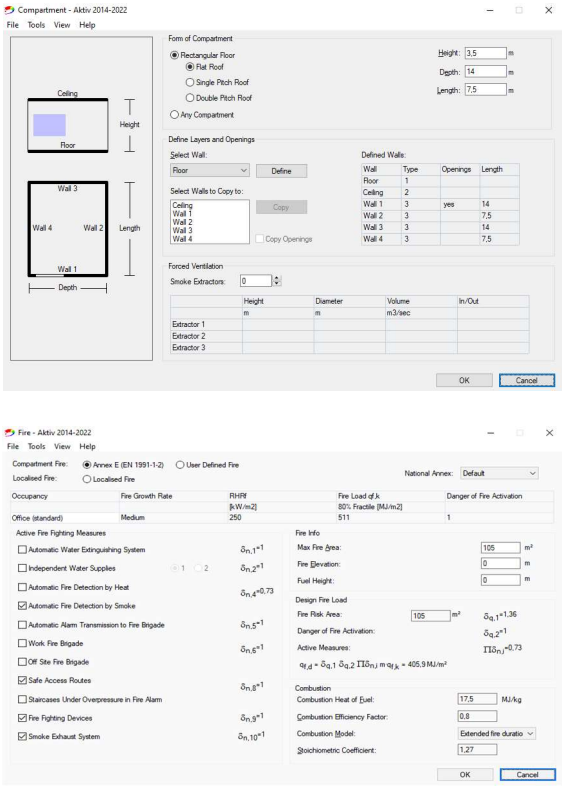
Posúdenie oceľovej konštrukcie na účinky požiaru je nevyhnutnou súčas-ťou statického výpočtu. Kvôli nepriaznivým tepelným vlastnostiam ocele (vysoká tepelná vodivosť, subtílnosť prierezov) majú vysoké teploty zvlášť nepriaznivý vplyv na oceľové konštrukcie. Dochádza k rýchlemu nárastu teplôt a teda aj k skorej degradácii mechanických vlastností. Následkom toho je nutné oceľové konštrukcie chrániť proti požiaru, čo ich cenovo znevýhodňuje v porovnaní s betónovými konštrukciami.

ÚVOD

Pre ekonomický a bezpečný návrh prvku je dôležité správne určenie teplôt plynu v požiarnom úseku. To je väčšinou v kompetencii požiarneho inžiniera, ale nie je na škodu, keď má o tejto oblasti prehľad aj statik.

Najzákladnejším spôsobom určenia teplôt v požiarnom úsekom je výpočet teplôt podľa normalizovanej teplotnej krivky ISO 834. Je to základná krivka, na ktorej sú založené všetky časti konštrukčných eurokódov týkajúce sa navrhovania na účinky požiaru, ako aj väčšina skúšok požiarne ochranných materiálov. S určitou pravdepodobnosťou vystihuje teploty pri bežných požiaroch, avšak nezohľadňuje veľkosť požiarneho zaťaženia či prísun kyslíka. Má len stúpajúcu vetvu, takže nie je možné určiť, kedy bude dosiahnutá maximálna teplota, ani určiť postup chladnutia. Presnejšie je použitie parametrickej teplotnej krivky podľa STN EN 1991-1-2. Parametrická krivka zohľadňuje veľkosť požiarneho zaťaženia, prístup kyslíka ako aj materiál ohraničujúcich konštrukcií a veľkosť požiarneho úseku. Vďaka tomu je výpočet teplôt oveľa presnejší a je možné s určitou pravdepodobnosťou určiť maximálnu teplotu a čas, v ktorom bude dosiahnutá. Parametrická teplotná krivka ako aj krivka podľa ISO 834 vyjadrujú priebeh teplôt v požiarnom úseku po priestorovom vzplanutí.

Najpresnejšie je určenie teplôt pomocou zdokonalených požiarnych modelov, založených na princípoch zachovania hmoty a energie, ktoré ale vyžadujú použitie metódy konečných prvkov. Na týchto modeloch je založený napr. voľne dostupný program Ozone (obr. 1, 2).



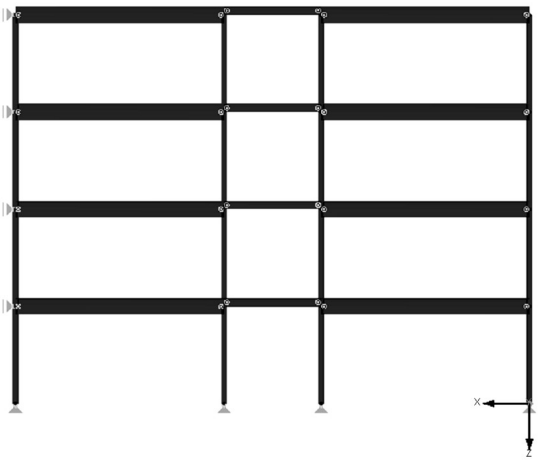
Obr. 1 – Zadávanie vstupov do programu Ozone

POŽIARNA ODOLNOSŤ PRVKU

Návrh a posúdenie oceľového nosníka je ukázaný na príklade strešného prievlaku 4-podlažného rámu, požadovaná požiarna odolnosť strešného prievlaku je 30 minút.

Obr. 2 – Priebeh teplôt nosníka IPE 600 z programu Ozone

Jedná sa o kancelársku budovu so vzdialenosťami priečnych rámov 7,0 m (obr. 3). Na príklade daného prvku je ukázané, ako sa dajú ovplyvniť teploty plynu a teda aj ocele napr. zmenou veľkosti okien alebo zmenou protipožiarnych opatrení.



Obr. 3 – Model priečneho rezu

Na normálnu teplotu bol navrhnutý prierez prievlaku ako IPE600 z ocele S235 pre návrhovú hodnotu zaťaženia 11,4kN/m^2. Pre požiarnu situáciu bolo návrhové mechanické zaťaženie vypočítané z mimoriadnej kombinácie zaťažení ako 6,6kN/m^2. Tomu zodpovedá maximálny ohybový moment v požiarnej situácii $M_{fi,Ed}$ = 324,8kNm. Prierezový súčiniteľ profilu IPE 600 ohrievaného z troch strán je 114,7. Pre známy moment, pomernú štíhlosť pri klopení ($\overline{\lambda}_{LT}$ = 0,32) a prierezový súčiniteľ je potom možné určiť kritickú teplotu (t.j. teplotu, pri ktorej ohybová odolnosť nosníka za požiaru $M_{b,fi,Rd}$ klesne na úroveň ohybového momentu $M_{fi,Ed}$ = 324,8kNm), ktorá v tomto prípade bola 625°C.

Úlohou teda je, aby oceľový prvok v časovom intervale 30 minút nedosiahol teplotu vyššiu ako 625°C.

V danom príklade boli teploty plynu počítané tromi spôsobmi: podľa ISO 834, parametrickou požiarnou krivkou a programom Ozone (dvojzónový model).

Pri výpočte ISO krivky je jedinou premennou čas. Pri výpočte parametrickej krivky a pri použití programu Ozone je nutné poznať rozmery požiarneho úseku, veľkosť okien (prísun kyslíka), skladbu konštrukcií ohraničujúcich požiarny úsek (t.j. stien a stropov) ako aj návrhovú hodnotu požiarneho zaťaženia. Uvažovalo sa s tromi modelmi, ktoré sa odlišovali veľkosťou okien a jedným z protipožiarnych opatrení.

Spoločné vstupné hodnoty pre parametrickú teplotnú krivku a pre Ozone:

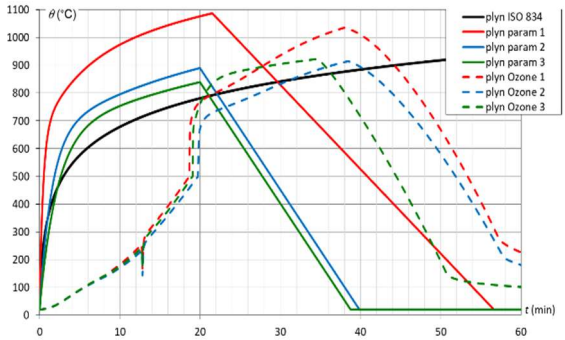
- rozmery požiarneho úseku (PÚ) sú 7,5 x 14,0 m,
- podlaha a strop sú tvorené železobetónovou doskou z ľahkého betónu a sádrokartónového podhľadu. Steny sú z ľahkých tehál so sádrovou omietkou.

Rozdielne vstupy pre jednotlivé modely sú zosumarizované v Tab. 1. Návrhové požiarne zaťaženie bolo určené programom Ozone pre kancelárie a pre automatické detekčné zariadenia aktivované teplom alebo dymom (obr. 1).

Tab. 1 – Rozdielne vstupy pre modely 1 až 3

	Model 1	***Model 2***	***Model 3***
rozmery okien	2m x 10m	2m x 12m	2m x 12m
požiarne bezpečnostné opatrenia	detekčné zariadenie aktivované teplom	detekčné zariadenie aktivované teplom	detekčné zariadenie aktivované dymom
návrhová hodnota požiarneho zaťaženia	484 MJ/m^2	484 MJ/m^2	406 MJ/m^2

Z obr. 4 je zrejmé, ako jednotlivé vstupy ovplyvňujú priebeh teplôt plynu v požiarnom úseku. Prvý výrazný rozdiel je v priebehu teplôt podľa parametrickej krivky a podľa Ozone. Rozdiel v maximálnych dosiahnutých teplotách nie je výrazný, ale podľa Ozone sú dosiahnuté značne neskôr. Je to spôsobené tým, že program Ozone je založený na presnejšej výpočtovej metóde, ktorá počíta teploty aj pred priestorovým vzplanutím (flashover), kým parametrická krivka, tak ako aj ISO krivka, vystihuje stav až po flashover.

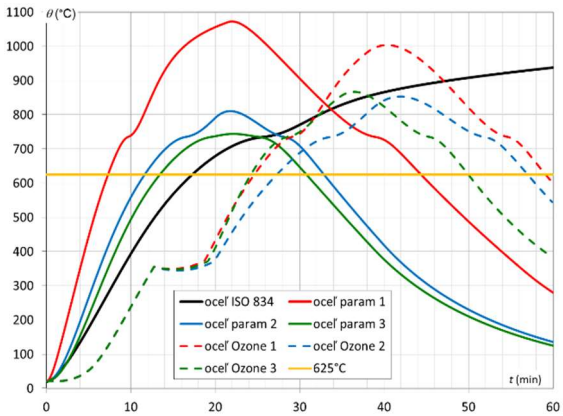


Obr. 4 – Priebeh teplôt plynu

Ďalej je zjavné, že zmena prístupu kyslíka má výrazný vplyv na maximálne dosiahnuté teploty. Ďalším zvyšovaním prísunu kyslíka už podľa parametrickej krivky zníženie teploty nedosiahneme, pretože ďalší výpočet je pre požiar riadený palivom. Zníženie požiarneho zaťaženia o 80MJ/m^2 spôsobilo v prípade parametrickej krivky menej výrazný pokles teplôt a v prípade Ozone kratšiu dobu trvania fázy ohrievania.

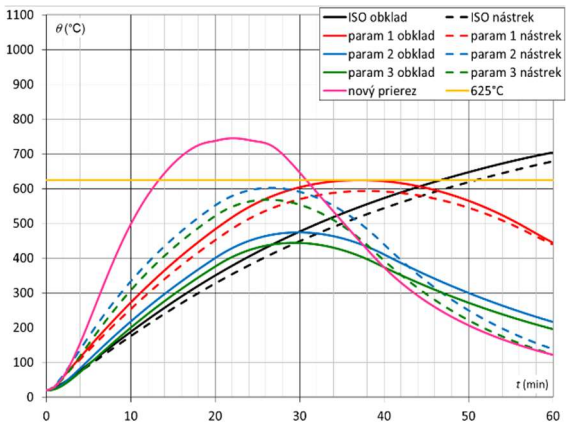
V tomto konkrétnom prípade je v časovom intervale 30 minút ISO krivka na strane menej bezpečnej.

Teploty nechráneného prvku pre krivku ISO a pre parametrickú krivku boli vypočítané podľa STN EN 1993-1-2 v programe Excel, teploty prvku pre dvojzónový model boli prevzaté z Ozone (obr. 5). Z grafu vidno, že nechránený nosník podľa žiadnej z kriviek nevyhovuje na 30 minútovú požiarnu odolnosť, pretože maximálne teploty, ktoré dosahuje v tomto časovom intervale, sú vyššie ako 625°C. Požadovanú požiarnu odolnosť dosiahneme použitím požiarne ochranných materiálov. Pre daný príklad boli použité tri typy: obklad cemento-vápenitými doskami (λ = 0,175W/mK; ρ = 870kg/m^3), nástrek na báze minerálnych vlákien a silikátových plnív (λ = 0,08W/mK; ρ = 450kg/m^3) a napeňujúci náter.



Obr. 5 – Teplota nechráneného oceľového prierezu

Potrebné hrúbky obkladu a nástreku boli vypočítané podľa STN EN 1993-1-2 programom excel z teplôt plynu podľa parametrickej teplotnej krivky. Prierezový súčiniteľ prvku chráneného nástrekom je taký istý ako pre nechránený prvok, v tomto konkrétnom prípade ohrievaný z troch strán; $A_m/V = A_p/V$ = 115m^{-1}. Prierezový súčiniteľ prierezu chráneného obkladom je $(A_p/V)_{box}$ = 91. V Tab.2 sú uvedené najskôr hrúbky potrebné na dosiahnutie požadovanej požiarnej odolnosti s ohľadom na reálne minimálne hrúbky udávané výrobcom. Pre porovnanie sú uvedené aj teoretické potrebné hrúbky bez ohľadu na realizovateľnosť. Potrebná hrúbka napeňujúceho náteru bola určená z dimenzačnej tabuľky výrobcu pre prierezový súčiniteľ 120 a návrhovú teplotu 600°C.



Obr. 5 – Teplota chráneného oceľového prierezu

Tab. 2 – Porovnanie

	ISO	model 1	model 2	model 3
$\theta_{max,\ plyn}$ (°C)	841,8	1087,0	891,0	840,0
Nechránený				
$\theta_{a,max}$ (°C)	771,0	1073,0	811,0	744,0
$M_{fi,t,Rd}$ (kNm)	116,3	21,6	86,2	213,0
hmotnosť (kg/m)	122,5	122,5	122,5	122,5
Ochrana obkladom				
hrúbka obkladu (mm)	6,0	6,0	6,0	6,0
$\theta_{a,max}$ (°C)	476,0	603,0	473,0	444,0
$M_{fi,t,Rd}$ (kNm)	676,5	368,5	680,7	730,8
hmotnosť s obkladom (kg/m)	130,7	130,7	130,7	130,7
teoretická potrebná hrúbka obkladu (mm)	4,0	6,0	4,0	3,0
hmotnosť s obkladom (kg/m)	127,9	130,7	127,9	126,6
Ochrana nástrekom				
hrúbka nástreku (mm)	7,0	7,0	7,0	7,0
$\theta_{a,max}$ (°C)	315,0	408,0	320,0	299,0
$M_{fi,t,Rd}$ (kNm)	816,8	790,7	816,2	818,8
hmotnosť s nástrekom (kg/m)	127,4	127,4	127,4	127,4
teoretická potrebná hrúbka nástreku (mm)	2,0	4,0	2,0	2,0
hmotnosť s nástrekom (kg/m)	123,9	125,3	123,9	123,9
Ochrana náterom				
$\theta_{a,max}$ (°C)	600,0	600,0	600,0	600,0
$M_{fi,t,Rd}$ (kNm)	505,6	505,6	505,6	505,6
hrúbka náteru (mm)	0,406	0,406	0,406	0,406
Ochrana predimenzovaním				
nový prierez S355 $\theta_{a,max}$ (°C)				745
$M_{fi,t,Rd}$ (kNm)				330,7
hmotnosť (kg/m)				147,6

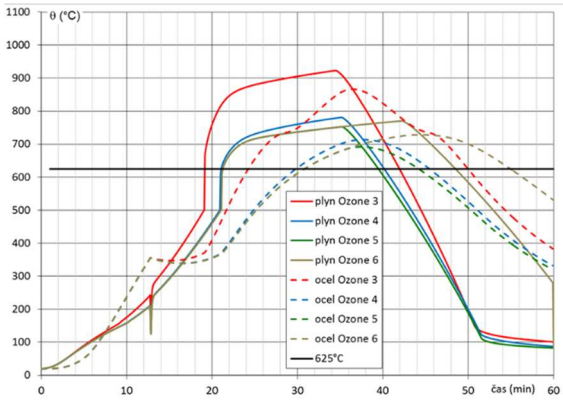
Ako vidno z výsledkov v tabuľke, skutočne potrebné hrúbky ochranných materiálov, najmä v prípade modelov 2 a 3, sú veľmi malé. Preto je v tomto prípade vhodnejšie dosiahnuť požadovanú požiarnu odolnosť predimenzovaním prvku.

Aby sa príliš nezväčšila hmotnosť prvku bolo potrebné použiť kvalitnejší materiál. Danému momentu $M_{fi,Ed}$ vyhovuje zváraný prierez s výškou 720mm (pásnica 300x20 a stena 680x10) z ocele S355. Nosník bol nadimenzovaný na teploty modelu 3 (Tab. 2). Tým, že je nosník predimenzovaný (zväčšenie prierezu a zvýšenie triedy ocele), stúpla aj kritická teplota.

Všetky dosiaľ spomínané opatrenia však viac či menej zvyšujú cenu konštrukcie, prípadne aj celkovú hmotnosť.

V ďalšom je pre zaujímavosť ukázané, ako je možné ovplyvniť priebeh teplôt niektorými konštrukčnými zmenami (veľkosť okien, použité materiály v ohraničujúcich konštrukciách). Pri určovaní teplôt plynu a ocele budeme v ďalšom vychádzať z programu Ozone, pretože je založený na najpresnejšom modeli.

Teplotné modely 4 až 6 vychádzajú z modelu 3 (Tab. 3).



Obr. 7 – Teploty plynu a nechráneného oceľového prierezu

Ako vidno z obr. 7 ďalším miernym zväčšením okien celkom výrazne klesla teplota plynu a tým aj ocele. Teplota ocele je však 629°C, čo je o málo viac ako 625°C. Zmenou materiálu v stenách, ľahké tehly za normálne, dosiahneme ďalšie malé zníženie teploty plynu, takže teploty nechráneného nosníka IPE 600 budú 612°C podľa modelov 5 a 6. Keďže v tomto prípade sledujeme požiarnu odolnosť len prvých 30 minút, bolo by dokonca možné vypustiť detekčné zariadenia aktivované

Tab. 1 – Rozdielne vstupy pre modely 1 až 3

	Model 4	Model 5	Model 6
rozmery okien	2,1m x 14m	2,1m x 14m	2,1m x 14m
požiarne bezpečnostné opatrenia	detekčné zariadenie aktivované dymom	detekčné zariadenie aktivované dymom	bez detekčného zariadenia
materiál stien	ľahká tehla	normálna tehla	normálna tehla
návrhová hodnota požiarneho zaťaženia	406 MJ/m^2	406 MJ/m^2	556 MJ/m^2

dymom. Tým sa zvýši požiarne zaťaženie, ale neovplyvní to teploty v sledovanom časovom intervale (obr. 7).

ZÁVER

Určenie teplôt v požiarnom úseku je úlohou požiarneho inžiniera. Napriek tomu je dobré vedieť, čo teploty plynu počas požiaru ovplyvňuje a že ak je to možné, teploty v požiarnom úseku možno ovplyvniť napríklad zmenou veľkosti okien alebo skladbou ohraničujúcich konštrukcií. Vďaka dostupnému softvéru, jednoduchému na použitie, je možné predbežne prepočítať viaceré požiarne scenáre a v prípade krátkej požadovanej požiarnej odolnosti overiť, či je možné dosiahnuť ju bez ochrany oceľového prvku.

MAGDALÉNA ŠTUJBEROVÁ

Literatúra a použité zdroje:

[1] Norma STN EN 1991-1-2: Eurokód 1. Zaťaženie konštrukcií, Časť 1-2: Zaťaženie konštrukcií namáhaných požiarom

[2] Norma STN EN 1993-1-1: Eurokód 3: Navrhovanie oceľových konštrukcií - Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre pozemné stavby

[3] Norma STN EN 1993-1-2: Eurokód 3: Navrhovanie oceľových konštrukcií, Časť 1-2: Všeobecné pravidlá: Navrhovanie konštrukcií na účinky požiaru

[4] Wald F. a kolektív: Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí. Vydavatelství ČVUT, Praha 2005. 336 strán. ISBN 80-01-03157-8

[5] Bellová M., Olbřímek J., Osvald A., Procházka J., Štefan R., Štujberová M.: Navrhovanie konštrukcií na požiarnu odolnosť podľa eurokódov – Príklady. Inžinierske konzultačné stredisko SKSI, Bratislava 2010. ISBN 978-80-89113-70-5

[6] http://www.seidl.cz/cz/

*doc. Ing. Magdaléna Štujberová, PhD. (*1967)*

Absolventka Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Pôsobí na Katedre kovových a drevených konštrukcií SvF STU v Bratislave.

Progresívne drevené konštrukčné prvky a sústavy

The article is focused on the presentation of new progressive wooden structural elements (VLT, CLT, TCC) load-bearing structures within the architecture. The paper will present the basic principles of their design as well as examples of their use in buildings designed by the authors.

ÚVOD

Drevo ako konštrukčný materiál pre svoje uplatnenie v architektúre získava čoraz väčší priestor. Jednak to môže ďakovať viacerým výhodným vlastnostiam z hľadiska environmentálnych aspektov ale aj novým progresívnym inovatívnym dreveným konštrukčným materiálom a prvkom. V procese hľadania nových výrazových foriem architektúry sú neustále vyvíjané nové stavebné materiály. Medzi nimi boli vytvorené aj konštrukčné materiály na báze dreva.

Drevo je prírodný materiál a pri jeho raste dochádza k vzniku nehomogenity materiálu. Táto nehomogenita výrazne ovplyvňuje spôsob ďalšieho spracovania dreva ako aj možnosti použitia na vytvorenie konštrukčných prvkov. Pre eliminovanie účinku nehomogenity dreva v rámci konštrukčného prvku často pristupujeme k vytváraniu lepeného dreva takým spôsobom, že menšie prvky (dosky, fošne, hranolčeky) pomocou lepidla spojíme do väčšieho celku. Použitím tohto princípu boli vyvinuté masívne drevené plošné materiály ako sú lamelové dosky CLT a VLT, ktoré umožňujú využívať drevo ako masívnu stropnú dosku resp. masívny stenový panel. Pri mostoch a lávkach sú drevené lamelové dosky použité na vytvorenie mostoviek.

V nasledujúcej časti príspevku budú podrobnejšie charakterizované masívne dosky na báze dreva a ich kombinácia s betónom. Budú uvedené príklady ich využitia v prípade stavieb z vlastnej tvorby autorov.

KRÍŽOM LEPENÉ DREVO - CLT

Krížovom lepené drevo - CLT je relatívne nový, inovatívny materiál, ktorý bol vyvinutý na konci 20. storočia. Používa sa hlavne na nosné konštrukcie viacposchodových bytových a nebytových budov ako sú administratívne budovy, školy, výstavné alebo galerijné priestory. Prvky nosnej konštrukcie sú plne prefabrikované, čo rapídne urýchľuje výstavbu budovy. CLT je plošný konštrukčný materiál vyrobený z drevených lamiel ukladaných na plocho s rôznym smerom vlákien v jednotlivých vrstvách. Vrstvy sú navzájom zlepené alebo spojené použitím mechanických spojovacích prostriedkov. Vyrábajú sa v rôznych hrúbkach z troch, piatich alebo siedmych vrstiev dosák. Vzhľadom na popisovanú skladbu prierezu účinne sa využívajú v prípade plošných nosných konštrukcií zaťažených v dvoch, na seba kolmých smeroch. Medzi hlavné výhody CLT panelov patrí relatívne vysoká odolnosť vo vzťahu k hmotnosti, vysoká požiarna odolnosť, konštrukčná a priestorová variabilita.

Najznámejšia a najdostupnejšia analytická metóda pre vrstvené nosníky je tzv. γ-metóda, umožňuje zohľadniť poklz medzi jednotlivými vrstvami a teda v prípade CLT nosníkov istým spôsobom aj šmykovú poddajnosť priečnych vrstiev. Táto metóda stanovuje výpočet efektívnej tuhosti spriahnutých nosníkov s poddajným spriahnutím, ktoré charakterizuje súčiniteľ poddajnosti spojenia jednotlivých vrstiev γ_i. V prípade CLT sú do výpočtu zahrnuté len pozdĺžne vrstvy nosníka, priečne vrstvy sú zohľadnené vo výpočte súčiniteľa poddajnosti γ_i. Ďalšou vhodnou analytickou metódou aplikovateľnou na CLT nosníky je tzv. šmyková

analógia (Shear Analogy Method). Metóda zohľadňuje rôzne moduly pružnosti a šmykové moduly jednotlivých vrstiev pri ich rôznej konfigurácii. Je použiteľná pre ľubovoľný počet vrstiev a akýkoľvek pomer L/h. Šmyková deformácia priečnych vrstiev je zohľadnená pri výpočte priehybu od šmyku.

Použitie CLT panelov v architektúre je veľmi pestré a rôznorodé. Dobre to ilustruje nižšie uvedený príklad budovy prístavby FU TUKE [1]. Autori na prepojenie novej prístavby so starou budovou použili mosty so schodiskovými ramenami z CLT panelov (Obr.1). Nosnými prvkami sú päťvrstvové CLT panely široké 120 mm a vysoké 1100 mm, ktoré slúžia zároveň ako zábradlie. Ich dĺžka je 6895 mm. Ako podlaha poslúžili trojvrstvové panely vysoké 120 mm. Ich šírka závisela od veľkosti otvorov, do ktorých sa museli zmestiť (1362 mm, 1370 mm a 2430 mm). Keďže sa podlaha v starej budove a dostavbe nachádza v rôznych výškach, bolo nutné vytvoriť aj schodiská, kde schodnice boli zhotovené z päťvrstvových CLT panelov vysokých 160 mm. Do nich boli kotvené plechové schodiskové stupne.

Obr. 1 – Premostenie z CLT panelov v prístavbe budovy FU TUKE

CLT panely sa medzi sebou spájali špeciálnymi vrutmi so zápustnou valcovou hlavou. Schodnice boli k železobetónovým doskám kotvené pomocou chemických kotiev. Plechy schodiskových stupňov boli vlepované do predpripravených otvorov.

VERTIKÁLNE LAMELOVÉ DREVO - VLT

VLT je drevený plošný materiál ktorý je vytvorený z dosák ukladaných na hranu navzájom spojených klincami alebo lepením. Vzniká tak masívna drevená doska, ktorej hrúbku určuje šírka vertikálnych lamiel. Vyrába sa ako stropný resp. stenový panel na tvorbu panelových stavieb. Klincovaná verzia VLT bez lepených spojov predstavuje ekologické riešenie drevostavieb.

Ako príklad použitia VLT uvádzame Rekreačnú chatu, ktorá je postavená z klincovaných VLT dielcov [2]. Stenové a stropné panely hrúbky 160 mm sú vytvorené z dosák 50x160, ktoré boli navzájom spojené klincami. Nakoľko sa jedná o sezónne využívaný objekt ďalšie vrstvy stropu a stien neboli navrhnuté (obr. 2 a obr. 3).

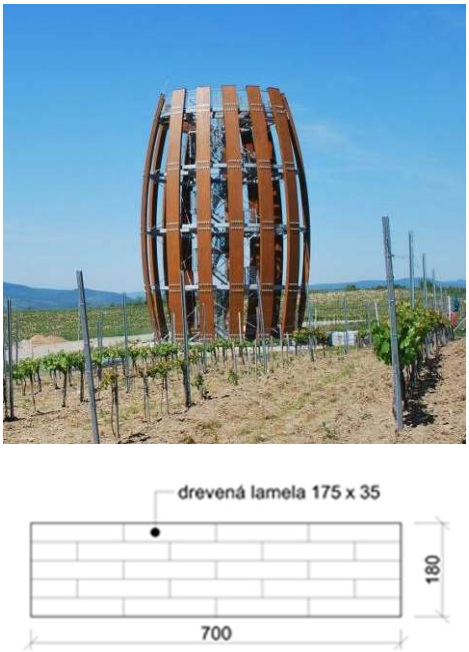
Obr. 2 – Chata z masívnych VLT panelov

Obr. 3 – Chata z masívnych VLT panelov

Pri drevených mostoch a lávkach sa môžeme stretnúť s mostovkou vyrobenou z masívneho lamelového dreva VLT. V tomto prípade pre spájanie lamiel mostovky okrem lepenia a spájania môžeme využiť aj napínacie tyče pre vnesenie priečneho predpätia na zabezpečenie potrebnej kompaktnosti mostovkovej dosky.

LEPENÉ LAMELOVÉ DREVO - GLT

Zakrivené drevené lepené lamelové nosné prvky nie sú žiadnou novinkou. Ide o prvky s obdĺžnikovým prierezom vytvoreným na šírku jednej dosky a s výškou určenou na základe namáhania prvku. Táto technológia si vyžaduje lisovanie lepeného prierezu kolmo na plochu dosák a umožňuje zakrivenie prvku v jednej rovine. Zdokonalenie technológie lepenia a lisovania v ostatných rokoch umožnilo vytvorenie drevených prvkov s prierezmi zložitejších tvarov so šírkami vyskladaných z viacerých lamiel na ležato vedľa seba a zakrivených v priestore.

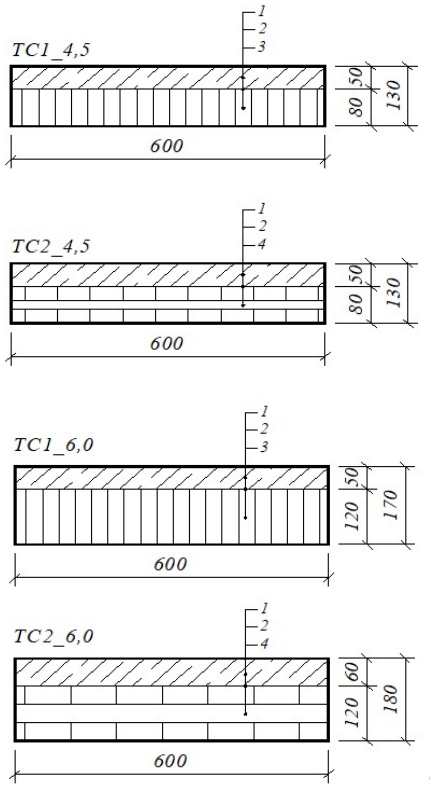


Obr. 4 – Pohľad na rozhľadňu, lepený prierez stĺpa

Príkladom použitia tejto technológie sú stĺpy rozhľadne v Malej Tŕni [3], ktoré majú prierez široký 700mm s výškou prierezu 180mm (obr. 4). Prierez sa skladá z lamiel 175x35mm v piatich vrstvách. Zlepenie prierezu si vyžiadalo lisovanie v dvoch na seba kolmých smeroch a zakrivenie po dĺžke stĺpa je v rovine menšej tuhosti prierezu stĺpa. S technológiou na výrobu takého konštrukčného prvku firmy na Slovensku doposiaľ nedisponujú, preto stĺpy boli vyrobené v Rakúsku.

SPRIAHNUTÉ DREVO-BETÓNOVÉ KONŠTRUKČNÉ PRVKY - DBK

Spriahnutie masívnej dosky CLT alebo VLT s betónovou vrstvou sa objavuje čoraz častejšie v prípade stropných konštrukcií moderných drevostavieb. Takto vytvorená stropná konštrukcia má rad výhodných vlastností oproti bežným dreveným stropom. V prípade spriahnutia masívnych drevených dosák s betónovou vrstvou progresívnym riešením sa javí použitie lepidla, ktoré zabezpečí spolupôsobenie oboch vrstiev spojito po celej kontaktnej ploche stropnej dosky.



Obr. 5 – Geometria skúšobných nosníkov (1-Betón, 2-Sikadur T35LVP, 3-VLT, 4-CLT)

Pri lepených drevo-betónových prvkoch je možné zlepiť nie len prefabrikovanú železobetónovú dosku s dreveným prvkom, ale aj mokrý betón pomocou špeciálneho lepidla - spojovacieho mostíka [4], [5]. Švajčiarska firma SIKA vyvinula

prototyp dvojzložkového epoxidového lepidla s označením Sikadur T35 LVP, ktorý umožňuje aplikáciu mokrého betónu. Výhodou tohto lepeného spoja spočíva nie len v efektívnosti spriahnutia, ale aj v úspore betonárskej výstuže v porovnaní s výstužou prefabrikovanej dosky.

Výsledky experimentov potvrdili predpoklad, že spôsob spriahnutia u drevo-betónových prvkov použitím lepidla je veľmi efektívny a je možné ním dosiahnuť, v porovnaní s mechanickými spôsobmi spriahnutia, vyššiu ohybovú tuhosť spriahnutých nosníkov.

Obr. 6 – Výroba a zaťažovacia skúška lepeného drevo-betónového panela

Obr. 7 – Experimentálna skúška lepeného predpätého CLT-betónového panela

Na UIS SvF TUKE bolo uskutočnené teoretické experimentálne vyšetrovanie skutočného pôsobenia lepením spriahnutých drevo-betónových prvkov s masívnymi drevenými lamelovými panelmi (obr. 5). V rámci experimentu boli vykonané statické krátkodobé a dlhodobé zaťažovacie skúšky (obr. 6).

Z hľadiska stanovenia odolnosti spriahnutých CLT-betónových nosníkov bola zvolená γ-metóda a metóda zohľadnenia šmykovej deformácie pomocou Timošenkovej nosníkovej teórie. Boli porovnané výsledky oboch metód použitím rôznych geometrických konfigurácií, pričom bolo uvažované spriahnutie drevenej a betónovej vrstvy pomocou lepenia. Uvažované boli 3- vrstvové CLT panely.

Zvýšenie odolnosti nosníkov je možné dosiahnúť ich počiatočným nadvýšením alebo ich predpätím. Aplikácia oboch fenoménov naraz na lepenom CLT-betónovom nosníku sa vyvíja na ÚIS SvF TUKE. Bola uskutočnená experimentálna analýza tohto typu predpätého spriahnutého nosníka [6] s priaznivými výsledkami, ktoré je však potrebné doplniť o ďalšie merania a analýzy (obr. 7).

ZÁVER

Uvedené príklady stavieb potvrdzujú, že vývojom nových konštrukčných materiálov je možné dosiahnuť netradičné riešenia drevených konštrukčných sústav a vniesť nové výrazové formy do architektonickej tvorby drevostavieb. Uve-

dené materiály vďaka svojim priaznivým environmentálnym, stavebno-fyzikálnym ako aj vizuálno-vnemovým vlastnostiam sa stávajú základnými materiálmi pri navrhovaní ekologickej, energeticky úspornej a udržateľnej architektúry budúcnosti.

POĎAKOVANIE

Tento článok vznikol v rámci riešenia grantového projektu KEGA 030 TUKE-4/2022 a vďaka podpore grantového projektu VEGA č.1/0374/19.

JÁN KANÓCZ
VIKTÓRIA BAJZECEROVÁ
VIKTOR KARĽA
MICHAL MIHAĽÁK
PETER PLATKO

Literatúra a použité zdroje:

[1] Prístavba Fakulty umení Technickej univerzity v Košiciach, Projekt stavby, Košice 2012. Autor: doc. Ing. Arch. Juraj Koban, doc. Ing. Ján Kanócz, CSc.

[2] Rekreačná chata Maša, Projekt stavby, Košice 2009. Autor: doc. Ing. Ján Kanócz, CSc., Ing. Arch. Michal Mihaľák, PhD.

[3] Kanócz, J. - Mihaľák, M.- Platko, P.: Vyhliadková veža Tokaj, Projekt stavby, Kanócz, CONSULTING, s.r.o., 2011

[4] Kanócz, J. & Bajzecerová V. 2015. Timber-concrete composite elements with various composite connections. Part 3: Adhesive connection. Wood research 60(6): 939-952.

[5] Kanócz, J. - Bajzecerová, V. - Mojdis, M.: Experimental and Numerical Analysis of Timber-Lightweight Concrete Composite with Adhesive Connection. Advanced Materials Research, Vol. 969, 2014, 155-160.

Doc. Ing. Ján Kanócz, PhD.

Fakulta umení, Technická univerzita v Košiciach.

Doc. Ing. Viktória Bajzecerová, PhD.

Stavebná fakulta, Technická univerzita v Košiciach.

Ing. Viktor Karľa, PhD.

Stavebná fakulta, Technická univerzita v Košiciach.

Ing. Michal Mihaľák, ArtD.

Fakulta umení, Technická univerzita v Košiciach.

Ing. Peter Platko, PhD.

Stavebná fakulta, Technická univerzita v Košiciach.

Kotevné prvky fasádnych elementov a výplní okenných otvorov – časť 2.

Obvodový plášť moderných budov má nielen architektonicko-estetickú funkciu, ale vytvára aj obálku budovy, ktorá zabezpečuje kvalitu vnútorného prostredia. Opláštenie chráni interiér proti poveternostným vplyvom (dážď, vietor) a zároveň musí spĺňať vysoké nároky na tepelnoizolačné vlastnosti. Veľmi dôležitým kritériom je aj pevnosť a bezpečnosť kotviaceho systému fasády k nosnej konštrukcii stavby. Ak tento systém nebol dostatočne tuhý, môže nastať roztváranie spojov a poruší sa vodotesnosť a vzduchotesnosť fasády. Pri zlyhaní systému môže dôjsť k prípadnému vypadnutiu celého fasádneho elementu.

ÚVOD

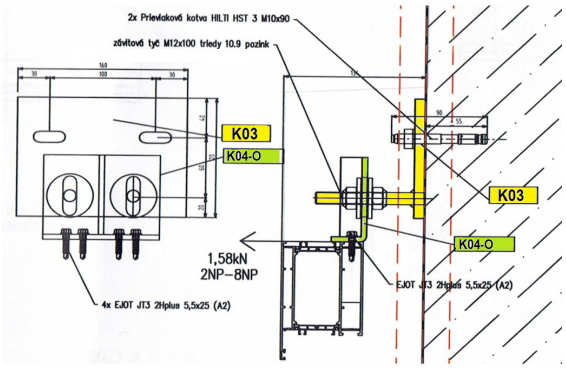
Tento článok nadväzuje na predchádzajúci, ktorý pojednával o plechových systémových úchytov (pracní) a popisuje postup experimentálneho overenia odolnosti masívnejšieho typu kotvenia určeného na vyššie hodnoty zaťažení.

Pri vyšších stavbách, kde sú účinky zaťaženia vetrom vyššie, prípadne je nutné prikotviť elementy vyšších hmotností, je nutné použiť masívnejšie elementy ako tie, ktoré boli prezentované v časti 1 (plechové systémové pracne). Masívnejší kotviaci element je vyrobený ako zvarenec v zmysle projektovej dokumentácie dodávateľskej firmy INGSTEEL, spol. s r.o.

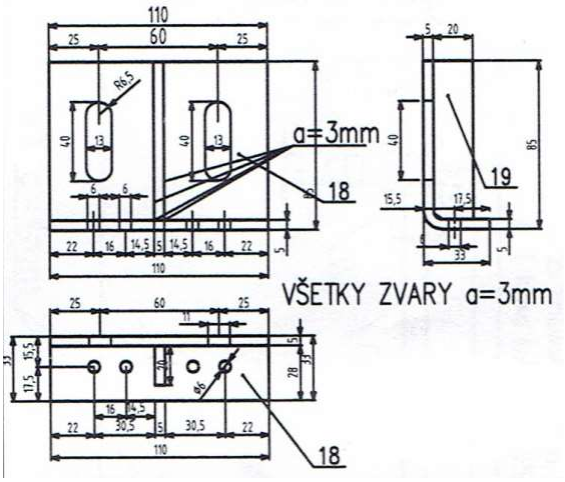
POPIS EXPERIMENTÁLNE OVEROVANÉHO PRVKU A JEHO ZAŤAŽENIE

Celý prvok kotvy pozostáva z dvojice segmentov. Segment K03 (žltá farba) je kotvený na železobetónový skelet. Vytvára ho platnička z plechu P10 (materiál S355) rozmeru 170x120mm. V platničke sú dva otvory do ktorých boli vovarené závitové tyče M12 dĺžky 100mm z materiálu 10.9. Platnička je pripojená ku železobetónovému skeletu dvojicou mechanických kotiev HILTI HST 3 M10x90.

Rám okna je uchytený druhým segmentom K04-O (zelená farba) z plechu P5 (materiál S355), ktorý je ohnutý do tvaru písmena L a doplnený privarenou výstuhou z plechu hrúbky 5mm. Vzájomný spoj kotevnej platničky je pomocou 2ks skrutiek, podložiek a matíc M10. Celý prvok je riešený v zmysle umožnenia rektifikácie v horizontálnom aj vertikálnom smere. Bližší popis zostavy je uvedený na obr. 1 a obr. 2. Samotný rám okna je pripojený ku segmentu K04-O pomocou štvorice samorezných skrutiek. Konfigurácia kotvy umožňuje rektifikáciu segmentu K04-O v dvoch smeroch. Vo vodorovnom smere a je možné dokonca meniť aj vzdialenosť segmentu od železobetónového skeletu.



Obr. 1 – Kotevný prvok okenného rámu s naznačenou maximálnou návrhovou silou 1,58kN a polohou a smerom silového účinku na prvok



Obr. 2 – Rektifikovateľný segment K04-O

Obr. 3 – Častá pozícia odsadenia L- profilu (s nepriaznivou výškovou polohou kotvy)

Obr. 4 – Hraničná pozícia odsadenia L- profilu (maximálne odsadenie K04-O)

Obr. 5 – Deformácia pri maximálnom dosiahnutom zaťažení 8,0kN

NÁVRH A POPIS EXPERIMENTÁLNEHO MERANIA

Pri realizácií merania boli použité komponenty meracej aparatúry HBM Spider 8, Silový článok S9, Deformačný snímač (ihla) WA50.

Overovaná kotva bola uchytená do koľajnice zaťažovacej dráhy pomocou dvojice závitových tyčí M10. Konzola bola pripojená o koľajnicu tak, aby bolo simulované skutočné pôsobenie elementu a platňa konzoly sa opierala v tých miestach, kde sa na reálnej konštrukcii bude opierať o železobetónový skelet.

Skúška prebehla v dvoch predpokladaných pozíciách kotviaceho L-profilu K04-O:

- Častá pozícia odsadenia L-profilu K04-O od steny cca 55mm + na okraji oválnych dier (obr.3),
- Hraničná pozícia odsadenia L-profilu K04-O na maximum od steny cca 80mm + na okraji oválnych dier (obr. 4).

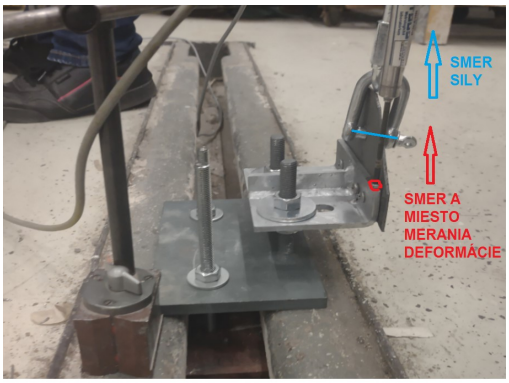
Na koniec L-konzoly pol pripojený plech na ktorý sa pripojila zaťažovacia sústava so silomerom. Na podlahu laboratória sa pevne osadil deformačný snímač, aby bolo možné zachytiť deformácie voči pevnému podkladu (železobetónovému skeletu).

V oboch prípadoch bola overovaná vzorka zaťažovaná cyklicky na hodnotu zaťaženia cca 5kN. Na maximálnu hodnotu bola zaťažovaná len vzorka s polohou L-profilu 2 (obr. 5). Overovala sa úroveň zaťažení nad charakteristickou hodnotou pre 2. Medzný stav (2,0kN) a nad návrhovú hodnotu zaťaženia pre 1. Medzný stav (5,0kN).Podrobnejšie sú zhrnuté výsledky v ďalšej kapitole.

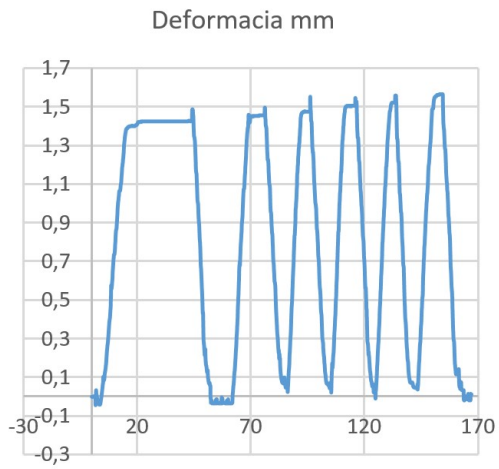
VYHODNOTENIE MERANIA

V nasledujúcej časti sú zhrnuté merania na rôznych konfigurácia polohy segmentu K04-O. Element bol ťahaný zvislo hore a meraná bola okrem sily aj deformácia – pridvihnutie ťahaného

konca od pôvodnej nulovej vodorovnej polohy pred zaťažením (obr. 6).

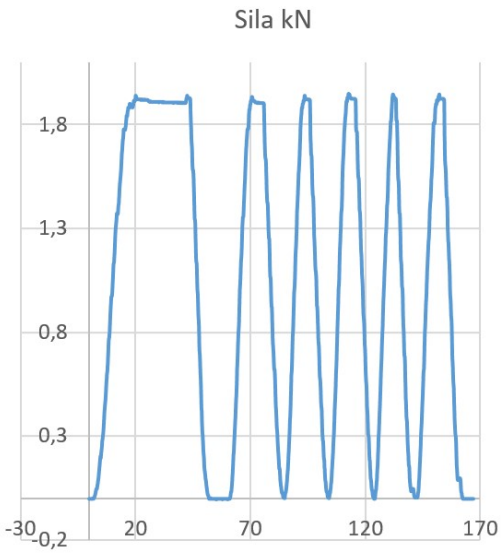


Obr. 6 – Označenie miesta merania deformácie (červená) a pôsobenia zaťažovacej sily (modrá)



Graf 2 – Časová závislosť (os X) a deformácie (os Y)

Meranie A: Poloha segmentu K04-O vo vzdialenosti 57mm od kotevného plechu (2kN)

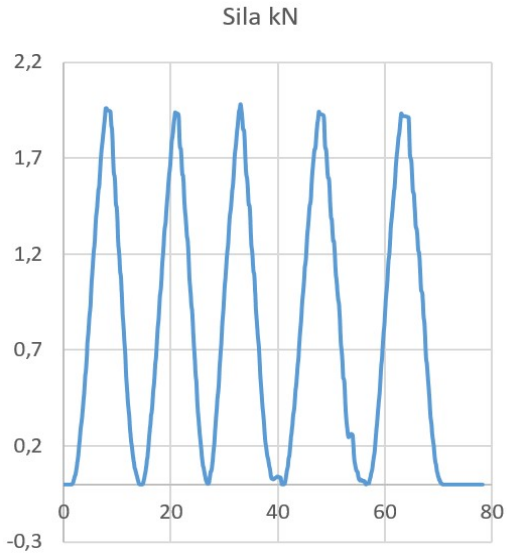


Graf 1 – Časová závislosť (os X) a meranej sily (os Y)

Tab. 1 – Ustálené hodnoty sily v jednotlivých krokoch merania A

Meranie	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Sila (kN)	1,908	1,905	1,884	1,926	1,899	1,911
Defo. (mm)	1,42	1,45	1,44	1,50	1,50	1,56

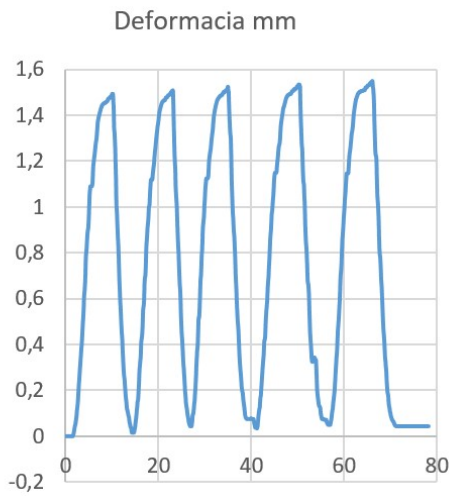
Meranie B: Poloha segmentu K04-O vo vzdialenosti 80mm od kotevného plechu (2kN)



Graf 3 – Časová závislosť (os X) a meranej sily (os Y)

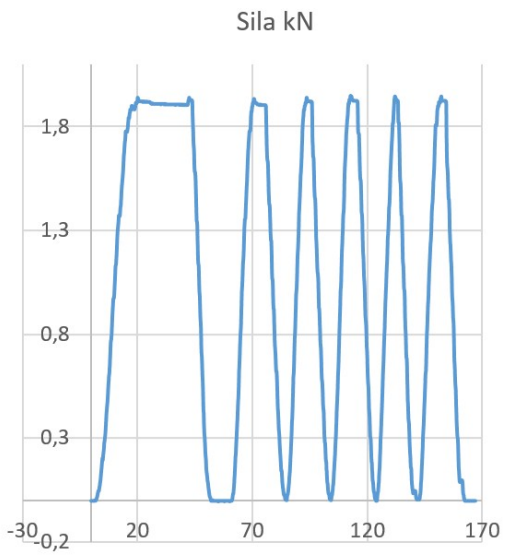
Tab. 2 – Ustálené hodnoty sily v jednotlivých krokoch merania B

Meranie	1.	2.	3.	4.	5.
Sila (kN)	1,94	1,90	1,971	1,887	1,914
Defo. (mm)	1,47	1,48	1,49	1,52	1,50



Graf 4 – Časová závislosť (os X) a deformácie (os Y)

Meranie C: Poloha segmentu K04-O vo vzdialenosti 80mm od kotevného plechu (5kN a viac)



Graf 5 – Časová závislosť (os X) a meranej sily (os Y)

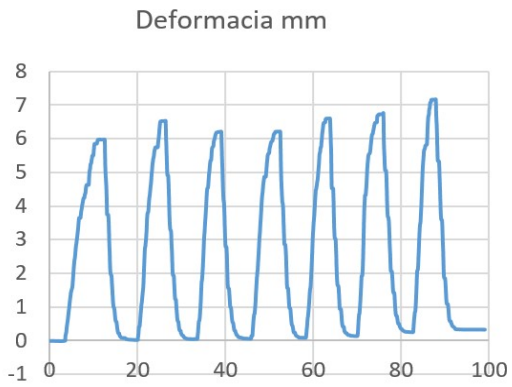
Tab. 3 – Ustálené hodnoty sily v jednotlivých krokoch merania C cca 5kN

Krok merania	1.	2.	3.	4.
Sila (kN)	5,01	5,65	5,54	5,46
Defo. (mm)	5,97	6,52	6,14	6,20

Tab. 4 – Ustálené hodnoty sily v jednotlivých krokoch merania C navyšované

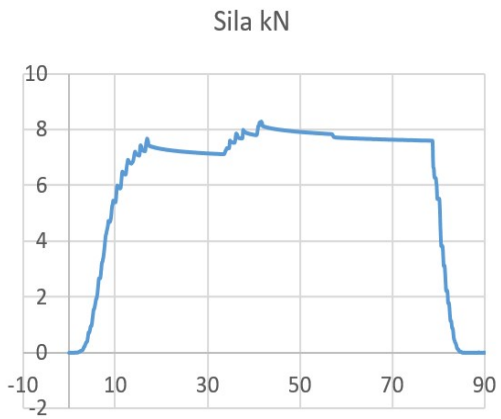
Krok merania	5.	6.	7.
Sila (kN)	5,87	5,99	6,13
Defo. (mm)	6,59	6,75	7,09

Pri skúškach nenastalo poškodenie prvkov konzoly ani L-profilu a deformácie boli pružné.

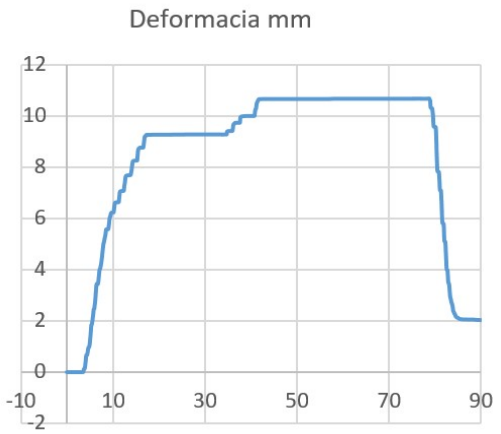


Graf 6 – Časová závislosť (os X) a deformácie (os Y)

Meranie D: Poloha segmentu K04-O vo vzdialenosti 80mm od kotevného plechu (plastizácia komponentov kotvenia)



Graf 7 – Časová závislosť (os X) a meranej sily (os Y)



Graf 8 – Časová závislosť (os X) a deformácie (os Y)

Tab. 5 – Maximálne namerané hodnoty, Ustálené namerané hodnoty a Zostatková deformácia

	Max. hodnoty	Ustá-lené hodnoty	Zostat-kové hodnoty
Sila (kN)	8,27	7,65	0
Defo (mm)	10,75	10,64	2,01

Pri skúškach nenastalo poškodenie kotviacich prvkov, ale na závitových tyčiach zostala plastická deformácia 2,01mm.

ZÁVER

Overovaná kotva bola laboratórne zaťažovaná v dvoch konfiguráciách – častej a hraničnej polohe L-profilu. Obe polohy boli cyklicky zaťažené silou 5 až 6kN a ani pri jednej skúške nebola závitová tyč M12 porušená alebo plasticky zdeformovaná. Konzola bola v hraničnej polohe L-profilu zaťažená silou 8kN a pri tejto skúške zostala na závitových tyčiach M12 plastická deformácia (ohnutie tyčí o 2mm). Ohnutie je viditeľné v hornej časti tyče, nie v zvare. Zvar stále pôsobí ako votknutie. Predpokladaná maximálna charakteristická sila uvedená v SP pre kotvou K03 v nárožných oblastiach obvodu objektu je 1,58kN (návrhová 1,58 x 1,5 = 2,37kN). Skúška potvrdila, že odolnosť kotviaceho prvku, vysokopevnostných tyčí M12 a pripojenia L-profilu VYHOVUJE.

Kotvenie samotnej konzoly do železobetónového skeletu overované nebolo.

POĎAKOVANIE

Vzorky na experimentálne overenie bezplatne dodala firma INGSTEEL, spol. s r. o. Bratislava.

Tento článok vznikol vďaka podpore MŠVVaŠ SR v rámci OP Výskum a vývoj pre projekt: Univerzitný vedecký park STU Bratislava (UVP STU Bratislava), ITMS 26240220084 a Univerzitný vedecký park STU Bratislava – II. Fáza ITMS 313021D243, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja. Ďalej vďaka podpory Grantovej agentúry Minis-terstva školstva v programe VEGA Nr.1/03397/22.

MARTIN MAGURA
JÁN BRODNIANSKY
TOMÁŠ KLAS

Literatúra a použité zdroje:

[1] Technické listy použitých materiálov Schueco

*Ing. Martin Magura, PhD. (*1982)*

Absolvent Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Pôsobí na Katedre kovových a drevených konštrukcií. Je autorizovaným inžinierom SKSI pre statiku stavieb.

*Prof. Ing. Ján Brodniansky, PhD. (*1955)*

Absolvent Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Pôsobí na Katedre kovových a drevených konštrukcií. Je autorizovaným inžinierom SKSI pre statiku stavieb.

*Ing. Tomáš Klas, PhD. (*1979)*

Absolvent Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Pôsobí na Katedre kovových a drevených konštrukcií SvF STU v Bratislave.

Diagnostika stavebnotechnického stavu konštrukcie

Pre správnu údržbu a zabezpečenie životnosti konštrukcie je potrebné poznať jej skutočný technický stav. Na jeho zistenie slúži diagnostika. Tá by mala dať odpovede na otázky ohľadom použitých materiálov a aj o celkovom stave konštrukcie. Mala by odhaliť nedostatky a na jej základe je možné vypracovať projekt obnovy.

STANOVENIE MATERIÁLU KONŠTRUKCIE NA ZÁKLADE JEJ VEKU

Pre konštrukcie kovových stavieb sa v minulosti používali tri typy materiálu, ktorý sa menil vplyvom vývoja. Tieto materiály boli liatina, zvárkové železo a plávková oceľ.

Liatina je zliatina železa s uhlíkom. Uhlíku obsahuje viac ako 2,14 %. Má vysokú odolnosť voči tlaku a teplote a zároveň nízku pružnosť.

Sivá liatina sa používa na odliatky, kde nie sú kladené vysoké nároky na pevnosť a húževnatosť. Teplota tavenia je relatívne nízka, 1100°C až 1300°C. Prednosťou je jej dobrá zabiehavosť aj do zložitých foriem a dobrá odolnosť proti korózii.

Temperovaná liatina je vytvorená tepelným spracovaním sivej liatiny kde dochádza k zvýšeniu tvrdosti. Dá sa deliť podľa druhu lomu. S bielim lomom (odolná voči korózii), s čiernym lomom (na dynamicky namáhané prvky) a s perlitickym lomom (konštrukčný materiál pre stredne namáhané odliatky).

Biela liatina má v štruktúre cementit a perlit. Z toho dôvodu má biely lom, vysokú tvrdosť a dobrú odolnosť proti opotrebeniu. Biele liatiny sú veľmi tvrdé, veľmi krehké, majú relatívne malú pevnosť a sú veľmi zle obrábateľné.

Presný typ liatiny je možné určiť len laboratórnou analýzou.

Zvárkové železo vznikalo dnes už nerealizovaným spôsobom výroby. Vyrábalo sa skujňovaním surového železa, teda znižovaním obsahu uhlíka a ďalších prvkov (S, Si, Mn, P) pomocou oxidácie v pudlovacej peci. Surové železo a šrot sa pri miešali (pudlovaní) a za prístupu vzduchu (alebo priamo kyslíku) spracovalo na cestovitú hmotu pri teplote 1300 °C (nebola dosiahnutá teplota tavenia a pri znižovaní obsahu uhlíka táto teplota tavenia ešte narastala). Z vyrobeného materiálu (čočky) sa následne bucharmi vykovávali tyče a taktiež sa odstraňovala struska. Tieto tyče sa následne rozvalcovaly na hrubé plechy, ktoré boli následne kováčsky, alebo tavením spojované. Následne sa z nich vyvalcovala tvarová oceľ (profily).

Vysoký obsah zapracovanej strusky spôsoboval vrstevnatosť materiálu. Vlastnosti ocele sú značne nehomogenné a dosahujú veľké rozdiely v smere valcovania (vyššie) a kolmo na smer valcovania.

Plávková oceľ je oceľ vyrábaná v tekutom stave, teda pri teplote 1600–1800 °C, teda pri prekročení teploty tavenia ocele. Názov je užívaný hlavne kvôli zlepšeniu spôsobu výrobu v 19. storočí pre odlíšenie od staršieho postupu výroby zvárkového železa. Táto oceľ je už takmer izotropná (vlastnosti sú vo všetkých smeroch takmer rovnaké), húževnatejšia a dosahuje vyššie pevnosti.

Typ použitého materiálu sa dá odhadnúť aj na základe veku konštrukcie.

Pri konštrukciách a stavbách postavených pred rokom 1895 sa predpokladá, že sú zhotovené z liatiny alebo zo zvárkového železa.

Konštrukcie stavieb realizované medzi rokmi 1895 až 1905 je potrebné zistiť, či boli zhotovené z liatiny, zvárkového železa alebo plavenej oceli. Na ich špecifikáciu je potrebné vykonať materiálové skúšky a následne ich vyhodnotiť podľa príslušnej normy.

Konštrukcie realizované po roku 1906 sú pravdepodobne zhotovené z plávkovej ocele alebo liatiny. Návrhové vlastnosti týchto materiálov sa stanovia na základe normových postupov (STN ISO 13 822).

Ocele vyrábaná v 20. a 21. storočí sú plávkové ocele.

URČENIE VLASTNOSTÍ MATERIÁLU

Hodnoty vlastností materiálov, ktoré sa zistia z pôvodnej projektovej dokumentácie sa musia overiť na neskorodovanej časti konštrukcie aspoň informačnými tvrdomernými skúškami (napr. Poldi kladivkom, obr.1). Materiálové skúšky by malo vykonať akreditované laboratórium.

Obr. 1 – Tvrdomer ocele

Informatívne návrhové hodnoty pevností liatiny sa dajú stanoviť podľa normy (STN ISO 13 822), ale odporúča sa ich spresnenie na základe materiálových skúšok.

Pri napadnutí koróziou treba určiť mieru korózie jednotlivých častí konštrukcie vrátane spojovacích prvkov a na jej základe stanoviť veľkosť zostatkových prierezov. Na toto určenie je potrebné konštrukciu očistiť od produktov korózie až na zdravý kov. Prípadné značne skorodované prvky (skrutky, nity...) je potrebné odstrániť.

Zostávajúce materiálové charakteristiky je potrebné stanoviť na základe materiálových skúšok podľa platných noriem.

Všetky tieto zistenia sa následne aplikujú do statických výpočtov resp. statických prepočtov konštrukcie.

SPÔSOBY DIAGNOSTIKY

Ak zoberieme objekt zvyčajne ho tvorí viac častí. Oceľová konštrukcia je spravidla nosnou. V tomto prípade je potrebná diagnostika viac menej hĺbková, nakoľko sa od tejto konštrukcie odvíja celkové „zdravie“ konštrukcie.

Objektívnou analýzou a posúdením celkového stavebnotechnického stavu konštrukcie sa vytvoria podklady pre návrh na opravu, obnovu, prípadne pre opatrenia na zlepšenie niektorých vlastností.

Pri diagnostikovaní sa vychádza zo súčasne platných noriem. Stav konštrukcie sa stanovuje diagnostickými metódami, ktorých členenie je závislé od významu diagnostiky.

Diagnostika konštrukcie môže byť periodická (táto sa spravidla okrem mostov nevykonáva), na výzvu používateľa alebo pred uvažovanou rekonštrukciou. Periodickú diagnostiku môže vykonať aj užívateľ a mala by sa zamerať na kontrolu korózie, deformácií, geometrického tvaru, zaťaženia a povrchovej teploty. Na základe zistení prípadných porúch by sa mala realizovať diagnostika na výzvu používateľa, ktorú už vykoná oprávnená osoba. V tomto prípade sa jedná o autorizovanú osobu, alebo organizáciu so skúsenosťami z diagnostiky a správania sa materiálov a konštrukcie. Pri tejto diagnostike sa zisťuje aj charakter a rozsah poruchy.

Na identifikáciu konštrukcie, kontrolu geometrického tvaru konštrukcie a stanovenie fyzikálnych veličín sa uplatňuje vizuálna alebo dotyková metóda.

Vizuálna metóda je metóda, kedy nie je potrebný priamy kontakt s konštrukciou. Dodávajú prvé informácie o technickom stave a slúžia na stanovenie rozsahu a metodiky diagnostických meraní.

Dotykové metódy používajú meracie zariadenia, ktoré sú umiestnené alebo zabudované priamo na konštrukcii (Obr.2). Pomocou nich sa sledujú deformácie, posuny, rozvinutie trhlín a iné fyzikálne veličiny, ktoré bližšie identifikujú technický stav konštrukcie.

Obr. 2 – Trvalé meranie deformácií a napätia konštrukcie

Na určenie materiálových vlastností sa dajú použiť nedeštruktívne alebo deštruktívne metódy. Medzi nedeštruktívne metódy patria ultrazvukové (obr.3), dynamické (obr.4), rádiografické a rádiometrické metódy a tvrdomerné skúšky (obr.1). Vlastnosti materiálu sa stanovujú spravidla fyzikálnymi závyslosťami medzi jednotlivými veličinami (tvrdosť, pružnosť, šírenie vĺn...). Deštruktívne metódy slúžia hlavne na určenie pevnostných charakteristík materiálu na skúšobných vzorkách odobraných z jestvujúcej konštrukcie. V tomto prípade spravidla dochádza k jej poškodeniu a preto sa spravidla nepoužívajú. Tieto skúšky sa využívajú aj pri zisťovaní zvariteľnosti alebo materiálovej štruktúry.

Obr. 3 – Meranie hrúbky materiálu ultrazvukom

Obr. 4 – Dynamické meranie konštrukcie

Kontrola geometrického tvaru je zameranie vybraných uzlov v zvislej aj vodorovnej rovine, ktorých poloha sa v vyhodnocuje v čase. Pri prekročení smerných hodnôt deformácie je potrebné vyhotoviť posudok vplyvu zvýšených deformácií na spoľahlivosť konštrukcie. Táto kontrola sa dá realizovať geodetickými metódami alebo aj pomocou fotogrametrie.

Lokálne deformácie sú často vyvolané miestnym preťažením (obr. 5), nárazom do konštrukcie (obr. 6) alebo teplotným vplyvom (požiarom). Pri teplotnom vplyve je potrebné preskúmať, či nedošlo aj k zmene mechanických vlastností materiálu. Výskyt lokálnych deformácií je potrebné zaznamenať a dokumentovať aj polohu (náčrt polohy). Vplyv týchto porúch posúdi odborník (hlavne v tlačených prvkoch, kedy výrazne ovplyvňujú odolnosť prvku).

Obr. 5 – Lokálna deformácia, vybočenie prúta

Obr. 6 – Poškodenie nárazom

Povrchová ochrana a korozívne úbytky je taktiež potrebné zaznamenať a zakresliť polohu. Zameriavame sa hlavne na miesta častého výskytu

korózie ako sú prieniky stĺpov cez podlahy, päty stĺpov, vodorovné zle vysušané časti konštrukcie, miesta so zvýšenou vlhkosťou alebo znečistením...(obr. 7, 8, 9, 10).

Obr. 7 – Znečistenie pevného ložiska

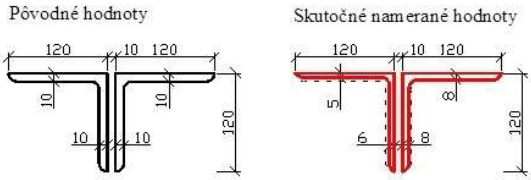
Obr. 8 – Zanesenie a zlá poloha ložiska

Obr. 9 – Zanesenie odvodnovacieho otvoru

Obr. 10 – Prestup kotvenia

Pri korozívnych úbytkoch je treba merať hrúbku zdravého kovu, to znamená, že povrch je očistený od korózie a prebrúsený. Meranie je možné realizovať posuvným meradlom, hmatadlom, ultrazvukom (obr. 11). Korozívne úbytky je potrebné zakresliť a určiť zostatkový prierez (obr. 12) a ich vplyv na konštrukciu musí posúdiť odborník.

Obr. 11 – Meranie hrúbky ultrazvukom



Obr. 12 – Redukovaný prierez

Staršie konštrukcie bývajú spravidla nitované novšie sú skrutkované alebo zvárané so skrutkovanými alebo zváranými montážnymi stykmi. Ak sa kontrolujú nitované spoje je potrebné sa zamerať na ich úplnosť (obr. 13) a chýbajúce alebo uvoľnené nity treba čo najskôr doplniť. Taktiež sa kontroluje korózia hlavy nitu kedy môže dôjsť k zníženiu jej plochy a spoj tým stráca únosnosť (obr. 14).

Obr. 13 – Chýbajúci spojovací prvok

Obr. 14 – Poškodenie spojovacích prvkov (nitov) koróziou

Pri skrutkových spojoch sa zameriavame znova na úplnosť spoja, zohľadňujeme aj uvoľnené matice, chýbajúce podložky (obr. 15). V prípade vysokopevnostných skrutiek treba kontrolovať hlavne uvoľnenie predpätia v skrutkách prípadné zatlačenie podložiek do spojovaného materiálu a mechanické poškodenie skrutiek. Námatkovo sa kontroluje predpätie v skrutkách a ak sa zistí nedostatočný uťahovací moment je potrebné prekontrolovať všetky skrutky daného spoja. Tieto poškodenia je potrebné čo najskôr doplniť a uvoľnené skrutky vymeniť. V tomto prípade môže byť ako dočasné riešenie použité nahradenie nitu skrutkou (obr. 17).

Obr. 15 – Chýbajúca matica

Obr. 16 – Nahradenie nitu skrutkou

Pri novších zvarových spojoch sa kontroluje výška zvaru (obr. 17) a treba sa zamerať na výskyt trhlín priamo vo zvaroch a v okolitom materiáli v tesnej blízkosti zvaru. Tieto trhliny je možné kontrolovať vizuálne (obr. 18). Ak sa zistí vizuálne trhlina treba v lokalite poruchy realizovať podrobnú kontrolu pomocou presnejších metód. Za tieto metódy sa považuje penetračná skúška (obr. 19), skúška ultrazvukom, röntgenom alebo magnetická skúška. Vplyv takýchto porúch na konštrukciu musí posúdiť odborník.

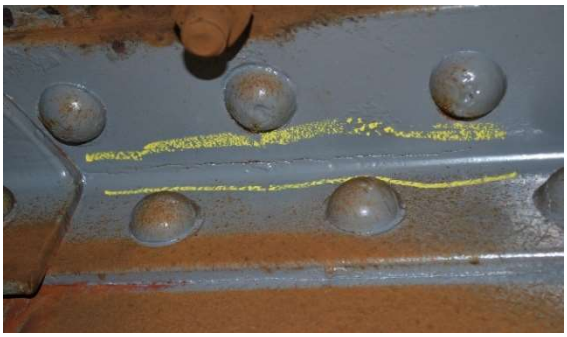
Obr. 17 – Meranie výšky zvaru

Obr. 18 – Zisťovanie trhlín vizuálne a ich vyznačenie

Obr. 19 – Zisťovanie trhlín penetračnou metódou

Vznik a šírenie trhlín je jednou zo základných porúch kovových konštrukcií. Ich vznik môže vyvolať mechanickým poškodením (nárazom) (obr. 20) alebo únavou pri dynamickom zaťažení konštrukcie (obr. 21).

Obr. 20 – Trhlina vzniknutá nárazom do konštrukcie



Obr. 22 – Trhlina od dynamického namáhania konštrukcie

Vznikajú v miestach koncentrácie napätí a sú ťažko zistiteľné. Preto je dôležitá preventívna kontrola zameraná na možné miesta výskytu ako sú napr. pri nitovaných spojoch to bývajú miesta napojenia piečnikov na pozdĺžniky, prípoje výplňových prútov priehradových konštrukcií... Pri zváraných konštrukciách vznikajú takéto trhliny v miestach zmien prierezov ťahaných prvkov, pri začiatkoch alebo koncoch zvarov a ich okolí... Vznik trhliny môžu vyvolať aj nesprávne detaily. Vplyv takýchto porúch na konštrukciu musí posúdiť odborník.

TOMÁŠ KLAS

Literatúra a použité zdroje:

[1] TP 061, Technické podmienky: Katalóg porúch mostných objektov na diaľniciach, rýchlostných cestách a cestách I., II. A III. Triedy, účinnosť od 20.12.2019, Ministerstvo dopravy a výstavby SR, Sekcia cestnej dopravy a pozemných komunikácií.

[2] TP 060, (TP 08/2012), Technické podmienky: Prehliadky, údržba a opravy cestných komunikácií. Mosty. účinnosť od 20.12.2012, Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR, Sekcia cestnej dopravy a pozemných komunikácií, november 2012.

[3] AGÓCS, Z., BRODNIANSKY, J., ZIÓLKO, J., VIČAN, J., Diagnostikovanie a rekonštruovanie oceľových konštrukcií. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 2004. ISBN 80-227-2115-8.

[4] RYJÁČEK, P., et al., Metody pro zajištění udržitelnosti ocelových mostních konstrukcí industriálního kulturního dědictví, Praha: ČVUT, 2022. ISBN 978-80-01-06990-5.

[5] STN ISO 13 822 Zásady navrhovania konštrukcií. Hodnotenie existujúcich konštrukcií.

[6] STN EN ISO 5817:2014 Zváranie. Zvarové spoje ocelí, niklu, titánu a ich zliatin zhotovené tavným zváraním (okrem lúčového zvárania). Stupne kvality

[7] ČSN 73 2601:1974 Provádění ocelových konstrukcí

*Ing. Tomáš Klas, PhD. (*1979)*

Absolvent Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Pôsobí na Katedre kovových a drevených konštrukcií SvF STU v Bratislave.

Stavebný rozvoj a priemyselné podniky v Užhorode medzi dvoma svetovými vojnami

Podkarpatská Rus bola až do 20. rokov 20. storočia hospodársky veľmi nerozvinutou krajinou. Medzi dvoma svetovými vojnami bola táto oblasť pripojená k prvej ČSR a Užhorod sa stal správnym strediskom Podkarpatskej Rusi. V krátkom čase bolo malé provinčné mesto prebudované na moderné mesto 20. storočia. Táto stavebná a ekonomická expanzia mala za následok nebývalý rozvoj priemyslu. Hospodárske pomery umožnili založiť priemyselné podniky, ktorých základom bola úroda a prírodné bohatstvo krajiny.

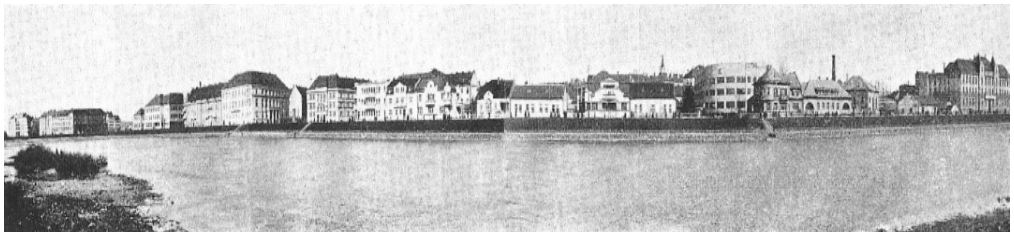
Príspevok popisuje, aké priemyselné podniky vznikli v Užhorode a zaoberá sa otázkou, ako sa to premietlo do urbanizmu, architektúry a bývania. Miestne obyvateľstvo získalo možnosť zárobku, no muselo sa prispôsobiť novým podmienkam. Pre rozvoj priemyslu bolo dôležité aj zvyšovanie vzdelanostnej úrovne obyvateľstva. Je pozoruhodné sledovať, ako tamojšia produkcia priemyselných podnikov mohla napĺňať prvorepublikové plány a ciele.

ÚVOD

Dnes sa mesto Užhorod nachádza v Zakarpatskej oblasti a patrí Ukrajine. Leží na úpätí Karpát, len 4 km od slovensko-ukrajinskej hranice, na rieke Už. Rieka rozdeľuje mesto na dve časti. Má 116 718 obyvateľov (sčítanie ľudu v roku 2006). Užhorod je vnímaný ako centrum zakarpatskej kultúry.

Slovo „už“ v rusínskom jazyku označuje hada, ale pôvod názvu rieky bude o inom (lingvisti sa nevedia dohodnúť). Slovo „gorod“ je rusínsky výraz pre mesto. Mesto je pomenované ako Užhorod od začiatku 20. storočia. Predtým sa používal maďarský názov Ungvár (opäť podľa rieky Už, ktorá sa v maďarčine nazýva Ung).

Obr. 1 – Mestská štvrť s názvom Malé Galago v roku 1920 (krátko pred novou výstavbou) [8]



Obr. 2 – Mestská štvrť s názvom Malé Galago v roku 1933 (po výstavbe nových budov) [8]

Podkarpatská Rus je historický názov oblasti, kde leží mesto Užhorod. Táto oblasť hraničí s Ukrajinou, Rumunskom, Maďarskom, Slovenskom a Poľskom. Medzi dvoma svetovými vojnami bola Podkarpatská Rus pripojená k Československej republike. V tom čase Československo tvorili štyri krajiny: Česká, Moravskosliezská, Slovenská a Podkarpatská Rus.

Keď na jar v roku 1919 začali československé úrady pôsobiť na Podkarpatskej Rusi, bol Užhorod malým provinčným mestom. Neboli tu žiadne úradné budovy s výnimkou bývalého okresného župného úradu. Užhorod sa stal novým hlavným mestom a administratívno-politickým centrom Podkarpatskej Rusi. Vzhľadom na túto situáciu bolo potrebné do tejto oblasti umiestniť predstaviteľov jednotlivých rezortov československej vlády. Títo úradníci pochádzali väčšinou z Česka.

Provinčné mestečko bolo v naozaj krátkom čase prebudované na moderné mesto 20. storočia (obr. 1, obr. 2). Boli postavené nové štvrte obytných domov, rodinných domov a nové administratívne budovy.

Miestna produkcia nedokázala naplniť nové plány na výstavbu mesta. Ekonomické podmienky umožnili začať využívať miestne prírodné zdroje a následne zakladať nové priemyselné podniky. Niektoré z nich mali základ v úrode a prírodnom bohatstve tohto regiónu, iné boli nápomocné pri budovaní a rozvoji nových mestských štruktúr v Užhorode, dôležitom administratívnom centre Podkarpatskej Rusi. To malo za následok nebývalý rozvoj priemyslu v celej oblasti Podkarpatskej Rusi, začali sa rozvíjať a rásť aj ďalšie mestá.

DREVÁRSKY PRIEM. NA PODKARPATSKEJ RUSI

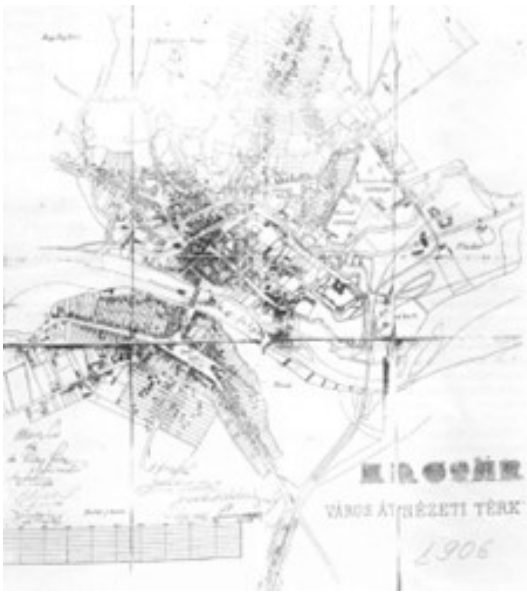
Podkarpatská Rus bola najlesnatejšou časťou vtedajšieho Československa. Takmer tri štvrtiny Rusínska tvoria hory. Túto časť tvoria Karpaty, ktoré sú pokryté listnatými lesmi (buk, dub) a ihličnatými lesmi (smrek, jedľa). V roku 1934 predstavovala plocha lesov 49,3 % z celého územia Podkarpatskej Rusi. Preto bol v tejto oblasti potenciál na rozvoj drevárskeho priemyslu. Až 70 % dreva tvorilo palivové drevo a len 30 % dreva sa použilo na priemyselné, stavebné účely a železničné podvaly. Lesné hospodárstvo poskytovalo trvalé zamestnanie len 7,83 % obyvateľstva na Podkarpatskej Rusi.

Užhorod leží na hlavnom ťahu z Košíc do Mukačeva (dnes južná časť Zakarpatskej oblasti Ukrajiny). Užhorod mal preto dobrú pozíciu na export surovín a výrobkov do zvyšku Československa. No na druhej strane Podkarpatská Rus sa nachádzala v odľahlej, okrajovej časti Československa a Užhorod bol ďaleko od hlavného mesta – Prahy. Vzhľadom na vysoké prepravné tarify Československých železníc pri preprave dreva do západnej časti krajiny sa drevo vyvážalo najmä do Maďarska.

V Užhorode bola Továreň na drevený nábytok a dýhy "Mundus", ale od prevratu nefungovala. V roku 1920 prevzala továreň Elektrická spoločnosť v Užhorode a opäť ju uviedla do prevádzky. Suroviny sa obstarávali z blízkeho okolia a výrobky sa vyvážali do USA, Kanady, Južnej Ameriky, Austrálie, Anglicka a Egypta, čiastočne aj do Nemecka, Francúzska, Talianska a Indie.

STAVEBNÝ ROZVOJ V UŽHORODE

Po zániku Rakúsko-Uhorska sa súkromné podnikanie na dlhší čas zastavilo. Do tejto situácie vstúpili československé orgány. Spočiatku sa preto pri novej výstavbe vyskytli mnohé prekážky.



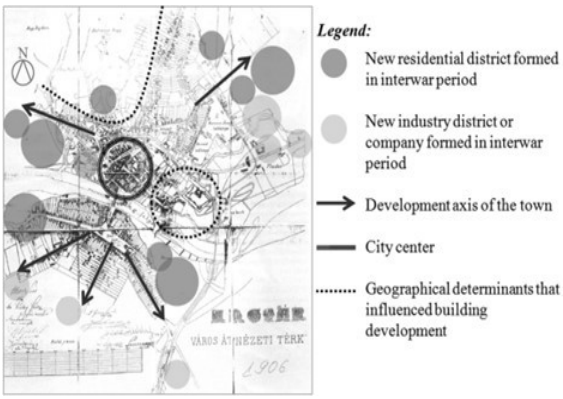
Obr. 3 – Užhorod v roku 1906 [7]

Hlavným problémom bol nedostatok odborných remeselníkov, živnostníkov a odborných staveb-

ných robotníkov. V novej kolónii drevených rodinných domov bolo dokonca nemožné zohnať potrebné množstvo tehál z miestnej tehelne na komíny. Až postupom času sa na Podkarpatskej Rusi usadili živnostníci a drobní podnikatelia.

Obr. 4 – Užhorod v roku 1930
http://ungvar.vox.com.ua/other.html

Pri porovnaní urbanizmu Užhorodu z roku 1906 s mapou z roku 1930 (obr. 3, obr. 4) je zrejmé, že sa mesto rozrastalo a jeho zástavba sa koncentrovala. Hlavné rozvojové osi a nová výstavba na nich boli ovplyvnené geografickými determinantmi. Zo severu je hora Kalvária a z východu Hradný vrch. Nová výstavba bola situovaná najskôr zo západu, potom z juhu na ľavom brehu rieky Už. Rozvojové osi mesta nadväzovali na existujúce ulice (obr. 5).



Obr. 5 – Územný plán mesta z roku 1906 a následná zástavba s hlavnou rozvojovou osou [7], grafická úprava autora

V blízkosti mestskej časti Malé Galago bol vybudovaný nový železobetónový most cez rieku Už. Pomohol odkloniť dopravu z centra mesta Užhorod na hlavný ťah z Košíc do Mukačeva. Kontrolovaný tak bol aj ľavý breh rieky Už. Ulice boli vydláždené kameňom, predĺžil sa prívod vody a vybudovala sa mestská kanalizácia. Bol vypracovaný regulačný plán mesta.

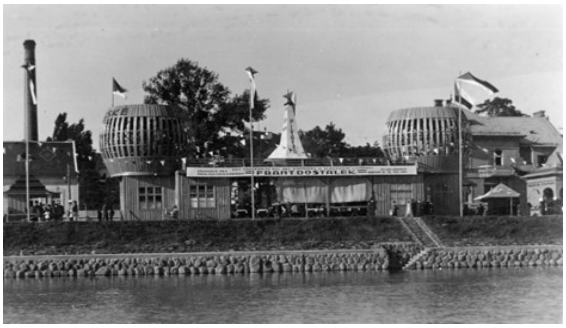
PRIEMYSELNÉ PODNIKY A PRÍRODNÉ BOHATSTVO V UŽHORODE

Podmienky na Podkarpatskej Rusi umožnili zakladať priemyselné podniky, ktorých základom boli plodiny a prírodné bohatstvo regiónu. V Užhorode boli dve skupiny priemyselnej výroby. Prvá zahŕňa podniky, ktorých produkty podporili výstavbu nových budov:
- Štátna píla (vodná píla, výkon 150 HP)
- Elektráreň
- Kameňolom (andezitový lom)
- Továreň na tehly a dlaždice
- Tehelňa
- Továreň na zámky a kovové výrobky

Ďalej to boli podniky, ktoré boli založené na plodinách a prírodnom bohatstve Podkarpatskej Rusi.

a/ výroba na báze dreva:
- Továreň na drevený nábytok a dyhu
- Továreň na kartónové a papierové výrobky
- Štátna píla (vodná píla, výkon 150 HP)
- Továreň na drevené sudy

b/ výroba na báze iných materiálov:
- Liehovar a rafinéria
- Rotmanova továreň na liehoviny
- Továreň na šumivé víno
- Továreň na margaríny
- Pivovar (obr. 6)
- Továreň na ocot
- Továreň na kávové náhrady
- Továreň na farby
- Továreň na sviečky
- Továreň na korkové zátky
- Továreň na pleteniny
- Mlyn
- Bitúnok



Obr. 6 – Budova pivovaru v Užhorode http://indafoto.hu/bdk/regi_ungvar

V Radvanke pri Užhorode bol rozsiahly andezitový lom doktora Jána Třebického. Andezit je trvanlivý a odolný voči vzduchu a vode, preto je veľmi užitočný ako stavebný kameň, dekoračný kameň a na štrk.

V Užhorodskej oblasti bolo ložisko hliny vhodnej na keramické výrobky. V Užhorode bola zriadená tehelňa a hrnčiarska manufaktúra, kde vyrábali ozdobnú keramiku (vázy, taniere) a úžitkovú keramiku (tehly, kachle).

V Užhorode sa našli zdroje liečivej vody. Boli identifikované zemito-alkalické železnaté kyselky a uhličité kyselky.

Štátna píla v Užhorode začala pracovať v máji 1920 so 75 pracovníkmi. Toto číslo neskôr narástlo. Jeho prevádzka bola v roku 1928 úplne zastavená.

Továreň na tehly a kachle začala pracovať v roku 1920 s 50 pracovníkmi a s kapacitou 1 200 000 kusov tehál ročne. Po náraste stavebných aktivít v Užhorode vyrábala ročne od 5 do 6 miliónov tehál a niekoľko stoviek tisíc škridiel. V tom čase zamestnávala od 160 do 180 pracovníkov. Tehly a dlaždice z tejto továrne sa dodávali len do Užhorodu a blízkeho okolia.

Tehliareň "Keramos" bola založená v roku 1929. Mala kruhovú pec, 50 m vysoký komín a dieselový motor s výkonom 160 HP.

V roku 1927 bola v Užhorode veľká výstava priemyselných výrobkov.

ODKAZY UŽHORODSKÉHO PRIEMYSLU V MIESTNYCH NÁZVOCH

V uliciach Užhorodu sa nachádza veľa odkazov na priemysel. Nehmotné dedičstvo je v názvoch miest, ulíc a obytných štvrtí. Niektoré z nich sú oficiálnymi názvami ulíc a niektoré z nich prežívajú len slovne z jednej generácie na druhú. Význam tohto nehmotného dedičstva je v tom, že zanecháva spojenie s hmotným dedičstvom, ktoré už dávno zaniklo.

Tab. 1 – Odkazy priemyslu v miestnych názvoch

UKRAJINSKÝ JAZYK	***SLOVENSKÝ JAZYK***
Ulice	
Цегольнянська вул.	Tehlová ul.
Заводська вул.	Továrenská ul.
Електрозаводська вул.	Elektrárenská ul.
Шумна вул.	Hlučná ulica
Obytné štvrte	
На Цегольни (Цегольня)	Obytná štvrť s názvom “Na Tehelni” (alebo len “Tehelňa”)
Квасна вода	Obytná štvrť s názvom „Kyslá voda“
Iné	
Церква На Цегольни	Gréckokatolícky kostol Na Tehelni
Аптека Квасна вода	Lekáreň "Kyslá voda"
Цегельне	Vodná nádrž s názvom “Tehla”

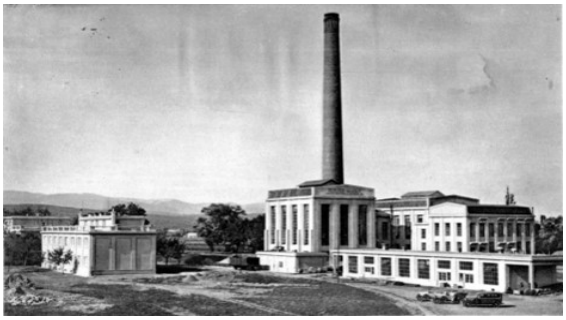
Kyslá voda“ je medzi miestnym obyvateľstvom dobre známa ako názov obytnej štvrte severne od Malého Uže, dnes severne od Pidhradskej ul. a ul. Fedyntsyja. Až do 1. svetovej vojny sa celá oblasť nazývala „Kraj kyselky“, práve podľa minerálneho prameňa. Nachádzali sa tu mestské balneologické kúpele „Červená voda“ (obr. 7) a čerpadlo na minerálnu vodu. Budova kúpeľov bola neskôr prerobená na iný účel a čerpadlo už nefunguje. Na tom mieste je dnes lekáreň nazývaná „Kyslá voda“.

Obr. 7 – Budova kúpeľov v Užhorode http://indafoto.hu/bdk/regi_ungvar

Dôležitým problémom v medzivojnovom období bolo zásobovanie mesta elektrickou energiou. Stará elektráreň, ktorá bola postavená v období monarchie, nevyhovovala požiadavkám

mesta. Preto bola v spolupráci Užhorodu s Mukačevom postavená nová elektráreň (obr. 8) s výkonom 5000 kW. V roku 1930 začala elektráreň dodávať elektrinu v Užhorode a následne v roku 1931 v Mukačeve. Celkové investičné náklady boli 70 miliónov korún.

„Tehelňa“ je pomerne malá, ale prestížna mestská štvrť. Nachádza sa na mieste, kde sa spájajú ulice Pidhirna a Berčeni. Nachádza sa na východnom svahu hory. Stál tu aj gréckokatolícky kostol „Na tehelni“, duchovné centrum miestneho obyvateľstva. Prvá písomná zmienka o tehelni na tomto mieste pochádza zo 17. storočia. V tom čase bolo v tejto obytnej štvrti 25 domácností. Rozsiahle stavebné práce na jezuitskom kolégiu zvýšili hospodársky život v Užhorode. Výroba kvalitných tehál bola v tom čase kľúčová. Do konca 1. svetovej vojny tu bola aj ulica s názvom „Tehelňa“.



Obr. 8 – Budova elektrárne v Užhorode
http://indafoto.hu/bdk/regi_ungvar

SOCIÁLNE POSTAVENIE ĽUDÍ

Človek a bývanie

Príchod nových štátnych úradníkov a ďalších zamestnancov správy Podkarpatskej Rusi si vyžadoval ubytovacie kapacity, ktoré Užhorod v tom čase neposkytoval. Preto situácia postupne viedla k bytovej kríze. Nevyužívaná časť mestskej nemocnice poskytla prechodné ubytovanie pre novoprichádzajúcich úradníkov. Toto hromadné ubytovanie však nespĺňalo požiadavky na slušné bývanie. Mnohí úradníci boli nútení spať v kanceláriách na stoloch, gaučoch a tiež na podlahe. Tieto podmienky neboli dlhodobo vyhovujúce.

Zmenené podmienky v celom regióne a novovzniknuté priemyselné podniky vytvorili pre ľudí nové možnosti a pracovné príležitosti. Firmy prilákali do mesta viac obyvateľov. Dali ľuďom aspoň nejaký zárobok. Napriek tomu žili pracujúce, nemajetné a chudobné vrstvy obyvateľstva v jednoduchých chatrčiach na periférii Užhorodu (obr. 9). V severovýchodnej časti Užhorodu bola vybudovaná vagónová kolónia (obr. 10), ktorá pozostávala zo starých vyradených vlakových vozňov. Toto bývanie bolo riešením pre najchudobnejšie vrstvy spoločnosti. V roku 1925 bol zriadený chudobinec pre 32 ľudí, vôbec prvý na Podkarpatskej Rusi.

Československo sa rozhodlo čeliť bytovej kríze výstavbou nových obytných budov. Začali s adaptáciou staršej zástavby a s výstavbou kolónie štátnych rodinných domov. Vznikli nové drevené domy, neskoršie potom murované domy. Postavilo sa aj niekoľko hrázdených objektov pre slobodných štátnych zamestnancov.

Rovnaký problém bol s ubytovaním civilných štátnych zamestnancov. Na začiatku boli umiestnení do väčších súkromných budov a škôl, toto riešenie bolo len dočasné. Československá vláda mala od začiatku pochopenie pre budovanie mesta. Snažili sa prispôsobiť novým okolnostiam. Vypracovaním regulačného plánu nových častí mesta bol poverený brnenský architekt Dr. Liebscher. Pripravil veľkorysý plán výstavby modernej novej štvrte s názvom Malé Galago. Ústrednou budovou bol objekt Zemského úradu, ktorý svojim pôdorysom s rozmermi 100 x 80 metrov bol v tom čase najväčšou administratívnou budovou v krajine. Ďalej tu vznikol okresný a krajský súd s väznicou, policajné riaditeľstvo, finančný úrad, budova vojenskej správy a školské budovy. Do novej výstavby a údržby budov boli investované desiatky miliónov korún zo štátneho rozpočtu ČSR. Stavebné náklady boli v rokoch 1919 až 1932 na Podkarpatskej Rusi 183 105 505 korún.

Nové obytné štvrte boli postavené len pre štátnych úradníkov a štátnu byrokraciu, nie pre robotníkov. Na ostatnom území Československa sa riešil „problém najmenšieho bytu“. Bola snaha stavať obytné domy pre sociálne slabé vrstvy obyvateľstva. V Užhorode nie je známa snaha o takýto typ stavieb. V tom čase sa v Československu hovorilo o relatívnom nedostatku bývania, ale v Užhorode bola celkom iná situácia. Tam sa dá hovoriť o absolútnom nedostatku bývania, pretože

neexistovali byty ani pre stredné a vyššie vrstvy spoločnosti.

Plánovanú výstavbu v Užhorode riadil predovšetkým štát a mesto. Neskôr k výstavbe rodinných domov pristúpil súkromný sektor. Na pomoc pri financovaní stavby založili stavebné združenia. Boli to: Stavebný spolok rodinných domov v Užhorode, Stavebný spolok štátnych zamestnancov s názvom „Svojpomoc“, Stavebný spolok štátnych poľnohospodárskych robotníkov s názvom „Vlasť“.

V Užhorode pôsobil Odbor sociálnej starostlivosti pre Podkarpatskú Rus, ktorý sa zaoberal ochranou pracovníkov a sprostredkovaním zamestnania.

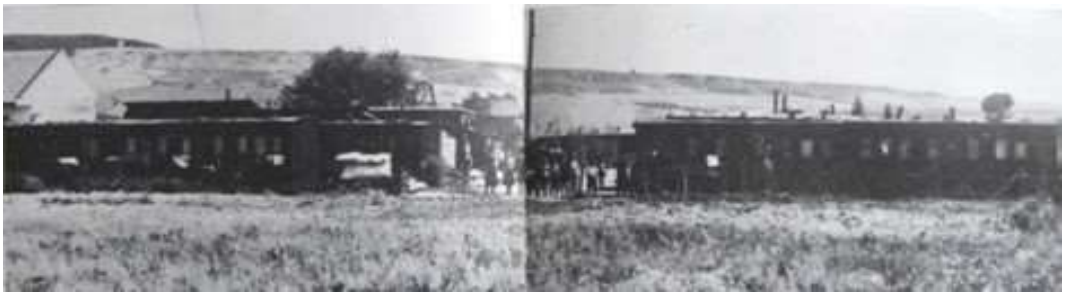
Sčítanie obyvateľstva v Užhorode v roku 1930 bolo 26 675 ľudí. V roku 1931 bolo v Užhorode 700 nezamestnaných a v roku 1932 to už bolo 1260 ľudí. V januári 1931 bol vyhlásený 8-hodinový pracovný čas, no v tlačovej správe sa uvádzalo, že robotníci pracovali od 12 do 16 hodín denne. Ich mzda bola 11,08 korún pre mužov na deň a 8,16 korún pre ženy na deň.

bolo dôležité zvýšiť vzdelanostnú úroveň obyvateľstva a zaradiť človeka do výrobného procesu na základe jeho schopností, čo úzko súvisí s rozvojom priemyslu a tiež s úspechmi priemyselných podnikov. Začiatkom 20. rokov 20. storočia bolo na Podkarpatskej Rusi 80 % negramotných ľudí. Z toho dôvodu s rozvojom stavebníctva a priemyslu bolo potrebné riešiť aj vzdelávanie ľudí. Preto sa začali zakladať školy.

Školy v Užhorode za 1. Československa: Štátna česká škola Tomáša Garrigua Masaryka, Gymnázium, Štátna obchodná akadémia, Keramická škola, Štátna škola pre pôrodné asistentky, Učiteľský ústav, Pedagogický ústav, Seminár, Cigánska škola (prvá cigánska škola v strednej Európe vôbec, bola otvorená 1. decembra 1926). Väčšina týchto škôl existuje v Užhorode dodnes, ale žiaci alebo študenti sa vyučujú v ukrajinskom jazyku.

V medzivojnovom období boli rozdiely medzi jazykom miestnych obyvateľov (rusínsky jazyk) a jazykom prichádzajúcich úradníkov (český jazyk), pričom v existujúcich školách sa vyučovalo v maďarskom jazyku.

Obr. 9 – Obydlia nemajetného obyvateľstva v Užhorode [3]



Obr. 10 – Vagónová kolónia v Užhorode [3]

Človek a vzdelanie

So stavebným rozvojom Podkarpatskej Rusi získavalo miestne obyvateľstvo pracovné príležitosti a aj možnosti zárobku. Museli sa však prispôsobiť novým podmienkam. Pre rozvoj priemyslu

Český a rusínsky jazyk sú oba slovanské jazyky, preto sú si blízke. Hlavný rozdiel je však v tom, že miestni ľudia s rusínskym jazykom používajú cyriliku, zatiaľ čo Česi a Slováci používajú latinku.

Fotografie a mapy z 20. a 30. rokov 20. storočia ukazujú, že rôzne jazyky – maďarčina, čeština/slovenčina a ukrajinčina/ruština – sa používali paralelne. Odrážajú to aj nápisy na obchodoch a budovách a tlačené texty na pohľadniciach.

Podkarpatská Rus je od ostatných regiónov špecifická tým, že hraničí so štyrmi štátnymi celkami (Slovensko, Maďarsko, Ukrajina, Poľsko). Preto je v tejto oblasti vysoká etnická koncentrácia. Slováci žili na Podkarpatskej Rusi dávno pred vznikom 1. ČSR v roku 1918. Išlo o prirodzené rozširovanie slovenského etnika na tomto území kvôli spoločnej hranici. Príchod Čechov podporila až potreba administratívnych a štátnych zamestnancov v medzivojnovom období.

ZÁVER

Nové podmienky na Podkarpatskej Rusi pomohli založiť priemyselné podniky, ktoré ponúkli nové možnosti a pracovné príležitosti pre miestnych obyvateľov. Do Užhorodu to prilákalo viac obyvateľov z okolia i z celej krajiny. Ľudia nemali lepšie, ale aspoň nejaké zárobky. Napriek tomu nemajetné a chudobné vrstvy obyvateľstva žili v jednoduchých chatrčiach na periférii Užhorodu. Nové obytné objekty sa stavali len pre štátnych zamestnancov.

Po pripojení Podkarpatskej Rusi k Československu nastal najväčší rozmach stavebnej činnosti v Užhorode za posledných 100 rokov. Miestna produkcia priemyselných podnikov v Užhorode pomáhala napĺňať jeho rozvojové ciele. Toto obdobie však netrvalo dlho. Keď oblasť tesne pred druhou svetovou vojnou obsadila maďarská armáda, všetka československá orientácia týmto smerom bola pozastavená. Vtedajšia politická situácia zastavila aktivity rozvíjané na tomto území a trvalo niekoľko desaťročí, kým sme obrátili našu pozornosť späť k tomuto územiu a jeho histórii. Dnes v Užhorode pôsobí viacero spolkov (Spolok T. G. Masaryka, Užhorodský spolok Slovákov a i.), ktoré sa snažia o rozvoj povedomia o tejto oblasti prostredníctvom publikácií a iných aktivít ako sú publikácie, konferencie či semináre.

ROMANA KLASOVÁ

Literatúra a použité zdroje:

[1] Adresář Republiky Československé pro průmysl, živnosti, obchod a zemědělství, (ed. Mosse, R.), Insertní kancelář Rudolf Mosse, Praha, 1931.

[2] Statistický lexikon obcí v republice Československé, IV Země Podkarpatoruská, Orbis, Praha, 1937.

[3] Grančak, I. M., Palek, V. V.: Gorod nad Užem, Karpaty, Užhorod, 1984.

[4] Hrbek, A.: Jak se stavěl Užhorod v letech 1924-1929, Podkarpatská Rus, Časopis Společnosti přátel Podkarpatské Rusi, no. 4/2013: 8-9, Společnost přátel Podkarpatské Rusi, Praha, 2013.

[5] Kobaľ, J. V.: Užhorod vidomyj ta nevidomyj, Svit, Lvov, 2008, ISBN 978-966-603-555-7.

[6] Kraft, J.: Průmyslové podniky v Užhorodě, (ed. Musil, J.), Technická práce v zemi Podkarpatoruské 1919-1933, 221-224. Klub T. G. Masaryka v Užhorodě, Uzhgorod, 2004.

[7] Larsson, B., Skoog, G.: Carpatho - Ruthenia (Transcarpathia): Užhorod, Tjačiv, Division of Urban Planning, Department of Architecture and Built Environment, LTH, Lund University, Lund, 2009, ISBN 978-91-7740-095-0.

[8] Merz, A.: Činnost státní správy v oboru pozemních staveb, (ed. Musil, J.), Technická práce v zemi Podkarpatoruské 1919-1933, 51-57. Klub T. G. Masaryka v Užhorodě, Uzhgorod, 2004.

[9] Pop, I.: Encyklopedija Podkarpatskoj Rusi, Carpatho-Russian Ethnic Research Center USA, Uzhgorod, 2006, ISBN 0-97201175-3-4.

[10] http://cs.wikipedia.org/wiki/Zakarpatsk%C3%A1_oblast

[11] http://indafoto.hu/bdk/regi_ungvar

[12] http://ungvar.vox.com.ua/other.html

*Ing. arch. Romana Klasová, PhD. (*1986)*

Absolventka Fakulty architektúry STU v Bratislave.

Pôsobí na Pamiatkovom úrade Slovenskej republiky.

Partneri časopisu

Slovenská spoločnosť pre oceľové konštrukcie

Zväz slovenských vedeckotechnických spoločností

Katedra kovových a drevených konštrukcií, Stavebná fakulta STU Bratislava

vydavateľstvo