

Vysílač Dubník ve Slánských vrších, 307 m, výměna kotevních lan



Ing. Jiří Lahodný, Ph.D.

Absolvent Fakulty stavební ČVUT v Praze, oboru konstrukce a dopravní stavby. Od roku 2001 působí ve firmě EXCON, a.s. Specializuje se na projekty dynamicky namáhaných konstrukcí, zejména vetknutých a kotvených stožárů, které byly tématem jeho doktorské práce. Je členem pracovních skupin CEN pro vývoj nové generace Eurokódů „Evolution of EN1993-3“ a „Ad-hoc group for towers, masts and chimneys“.



Ing. Vladimír Janata, CSc.

Absolvent Fakulty stavební ČVUT, doktorskou práci na téma statika a dynamika kotvených stožárů obhájil na ÚTAM AV ČR. V roce 1990 založil s kolegy společnost EXCON. Ve své praxi se věnoval projektům kotvených stožárů v ČR i v zahraničí a stožárům pro mobilní operátory. V projektech nosných ocelových a ocelobetonových konstrukcí zpravidla využívá globálního předpínání konstrukce za účelem nadvýšení a příznivé redistribuce vnitřních sil.



Ing. Jindřich Syrovátka

Absolvent Fakulty stavební ČVUT v Praze, oboru konstrukce a dopravní stavby. Od roku 2008 působí ve firmě EXCON, a.s. Po pěti letech, kdy pracoval jako projektant, se zaměřil na diagnostiku ocelových konstrukcí, pro kterou získal autorizaci ČKAIT. V současné době pak kromě diagnostiky a kontrol konstrukcí zajišťuje realizaci předpínaných konstrukcí a ostatních atypických projektů.

Spolupráce:

Ing. Shota Urushadze, Ph.D., ÚTAM AV ČR, v.v.i.

Ing. Stanislav Hračov, Ph.D., ÚTAM AV ČR, v.v.i.

Vysílač Dubník je se svou výškou 307 m nejvyšší stavbou na Slovensku. Stojí na stejnojmenném vrchu ve Slánských vrších v nadmořské výšce 874 m. Televizním a rozhlasovým vysíláním pokrývá většinu východního Slovenska. Štíhlý ocelový dřík stožáru je kotven lany v osmi úrovních do třech směrů (obr. 1, 2). Kotevní lana celkové délky 5,22 km dosáhla své plánované životnosti. Článek pojednává o výměně kotevních lan provedené během května až října 2022.

Popis konstrukce

Dřík stožáru je tvořen štíhlou ocelovou rourou o vnitřním průměru 2 500 mm do úrovně +251 m. Do této výšky je vysílač obsluhován výtahem. Nad úrovní +254,2 m pokračuje roura o vnitřním průměru 1 600 mm. Tloušťka stěny dříku je 10 mm, resp. 14 mm v patních dílech a v dílech se styčníky pro připojení lan, resp. 18 mm nad úrovní +254,2 m. Ve vrcholu ocelového dříku ve výškové úrovni +286 m je připojen laminátový válco-vý nástavec výšky 19,4 m. Na jeho vrcholu

je instalován v ocelovém dílu výšky 1,5 m pohlcovač kmitů.

Antény televizního vysílání jsou umístěny uvnitř laminátového nástavce. Radioprůzračný válec slouží jako kryt antén a zároveň je dostatečně únosný a trvanlivý. Antény rozhlasového vysílání jsou osazeny v nižších úrovních na ocelovém dříku stožáru.

V patě je dřík vetknut do základové patky. Lana jsou zakotvena v každém směru do třech betonových bloků. Lana jsou jednopramenná, vinutá z pozinkovaných drátů průměru 47,5 mm (po výměně 48 mm) shodně ve všech kotevních úrovních.

Zakončují je zalévané koncovky s čepem. Na dolním konci lan je napínací zařízení kotveno do základového bloku přes spojku s čepy umožňující natáčení ve svislém i vodorovném směru (kardan). Obdobně (přes kardan) jsou lana kotvena také u tělesa stožáru. Pod každou kotevní úroveň jsou na dříku umístěny vnější ochozy.

Kyvadlový pohlcovač kmitů ve vrcholu tlumí kmitání vyvolané odtrháváním vírů na válco-vém nástavci i na ocelovém dříku stožáru. K omezení pravidelného odtrhávání vírů slouží také spirálový aerodynamický rozrážecí osazený mezi II. a III. kotevní úrovní. Na kotevních lanech VI., VII. a VIII. úrovně byly původně zavěšeny řetězové pohlcovače kmitů (obr. 3), které omezují tzv. „galloping“ lan i kmitání od pravidelného odtrhávání vírů na lanech. V roce 2015 byly řetězy demontovány, neboť se zjistilo, že jsou prasklé dráty nosných lan v místě jejich zavěšení.

Historie

Předchůdce současného vysílače byl na vrchu Dubník postaven v roce 1961. Rourový kotvený stožár výšky 288 m v roce 1981 poškodil požár. Jeho dolní část s kabinou stojí vedle současného stožáru dodnes. Současný vysílač byl dokončen v roce 1984. Ve druhé polovině devadesátých let proběhla výměna laminátového nástavce s novou technologií vysílání.

Životnost kotevních lan

Životnost lan kotvených stožárů je obecně kratší v porovnání s životností dříků. Hlavním důvodem je jejich dynamické namáhání při působení větru a zejména při jevech aerodynamické a aeroelastické nestability, jako je odtrhávání víru nebo galloping. Počty cyklů namáhání lan mohou při těchto jevech snadno dosahovat vysokých hodnot a způsobovat únavové poškození materiálu. Vzniku těchto jevů nelze zabránit. Je možné je „pouze“ omezovat pohlcovači kmitů a volbou vhodného předpětí lan.

Dalším faktorem, který významně ovlivňuje životnost lan, je koroze. Korozní poškození vnitřních drátů lze obtížně diagnostikovat na běžné délce a zejména v místě jejich vstupu do koncovky, tj. v místě většinou

nejexponovanějším z pohledu únavy i koroze, je spolehlivě zjistit není možné. Korozní poškození vnitřních drátů v porovnání se stavem viditelné vrchní vrstvy je patrné na obr. 4.

Obvyklá doba života kotevních lan vysokých kotvených stožárů se udává třicet let. V některých případech bývá po podrobnějším vyhodnocení prodloužena až na 45 let.

V případě stožáru Dubník, na kterém bylo opakovaně pozorováno kmitání lan na vysokých frekvencích a v posledních letech bylo zjištěno porušení několika drátů lan v povrchové vrstvě, byla výměna lan provedena po 37 letech jejich provozu.

Současně s výměnou kotevních lan byla doporučena také výměna prvků zakončení lan včetně kardanových spojek, tedy prvků, které jsou při kmitání lan rovněž únavově namáhány.

Příprava výměny lan

Před začátkem podrobného projektu byla zpracována studie proveditelnosti. Ta měla odpovědět mimo jiné na následující otázky.

- Je vhodné zachovat stávající předpětí lan s ohledem na často pozorované kmitání?
- Je vhodné zachovat stávající průměry a typ lan s ohledem na volbu jiného předpětí a odlišné požadavky současných norem pro navrhování konstrukcí?

Předpětí původních lan bylo stanoveno hodnotou 217 MPa, vyjma tří dolních úrovní předepnutých na 78 MPa. Na základě zkušeností s chováním lan kotvených stožárů (převážně s lany o jmenovitých pevnostech 1 370 MPa nebo 1 570 MPa) se v současné době doporučuje volit hodnoty předpětí pod 10 % charakteristické síly při přetržení (viz [1]), tj. v případě původních lan 137 MPa.

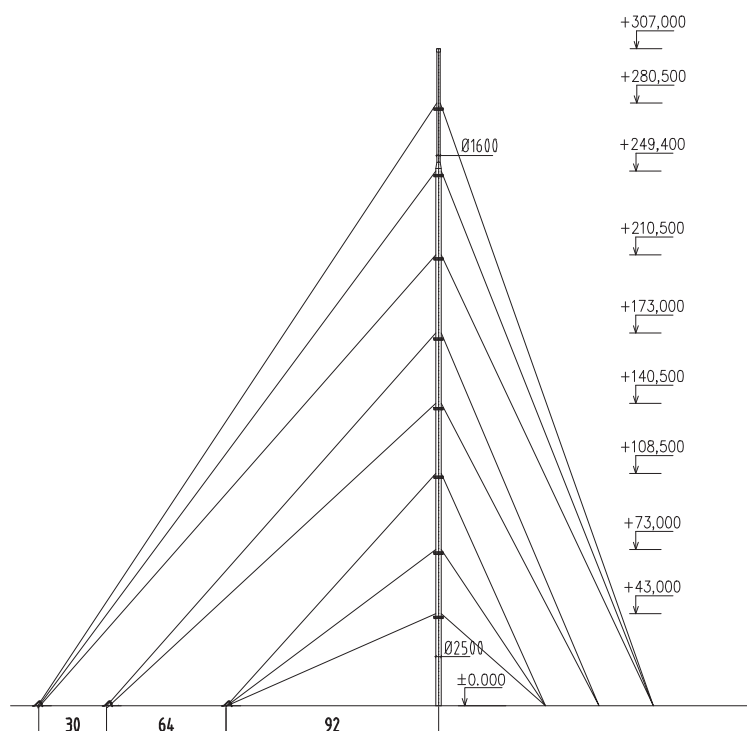
Jsou známy dva případy vysokých kotvených stožárů z nedávné doby postavené v zahraničí, jejichž lana byla předepnuta na vysoké hodnoty předpětí. V obou případech docházelo k výraznému kmitání lan a snížení předpětí lan vedlo k omezení výskytu kmitání.

V případě Dubníku bylo pro omezení kmitání lan doporučeno snížit jejich předpětí spolu s osazením vysokofrekvenčních a nízkofrekvenčních pohlcovačů. Použití dvou různých typů pohlcovačů má výhodu v pokrytí širšího frekvenčního pásma oproti pohlcovači řetězovému.

Dále byly provedeny výpočty pro nalezení optimálního předpětí současně s ověřováním vhodnosti volených průměrů nových lan.



▲ Obr. 1 Kotvený stožár Dubník (foto: Jiří Lahodný)



▲ Obr. 2 Kotvený stožár Dubník, dispoziční schéma (zdroj: EXCON, a.s.)



▲ Obr. 3 Původní řetězové pohlcovače kmitů (foto: Jiří Lahodný)

Statický a dynamický výpočet

Výpočty byly provedeny v souladu s aktuálně platnými normami soustavy STN EN, zejména [1]. Pro určení rezonanční odezvy posuzovaného stožáru je nutné použít plně dynamického výpočtu. Nelineární statické výpočty pro určení odezvy na střední zatížení větrem a základní části odezvy byly řešeny softwarem STOZAR, jehož autorem je Vladimír Janata. Rezananční část odezvy se řešila spektrální analýzou. Zohledňují se tak účinky všech důležitých tvarů kmitání a náhodnost zatížení větrem v čase i po výšce konstrukce. Spektrální analýza je řešena vlastními výpočetními procedurami (autor: Jiří Lahodný) v softwaru MATLAB. Vlastní tvary a frekvence kmitání byly vypočteny v softwaru GMAST (autor: Stanislav Hračov, ÚTAM AV ČR, v.v.i.). Automatizace výpočtů umožnila získávat výsledky v relativně krátkém čase, což je výhodné pro nalezení optimálního předpětí jednotlivých lan, případně i vhodných průměrů lan.

Výpočty prokázaly, že rovněž podle nových norem a pro jiné hodnoty předpětí byla

původní lana navržena optimálně vzhledem k dimenzím dřívku a požadavkům na obložení anténami. Bylo proto vhodné ponechat průměry a typ lan tak, jak byly navrženy původně.

Použila se jednopramenná vinutá lana průměru 48 mm otevřené konstrukce. Třída lana byla zvolena vyšší, 1 570 MPa, dráty žárově zinkované, třídy A, podle EN10264 (421072), vnitřní prostor lan je vyplněn inhibítorem koroze. Lana jsou zakončena koncovkami s čepem. Výplňový materiál zalévané koncovky je kovový s ohledem na požadavky slovenské národní přílohy normy pro navrhování stožárů [1].

Předpětí nových lan bylo zvoleno do 157 MPa pro horní čtyři kotevní úrovně, 143 MPa pro úroveň čtvrtou a 111 až 123 MPa pro dolní tři úrovně lan.

Napínací zařízení

Původní napínací zařízení bylo navrženo pro napínání lan při montáži, pro rektifikaci stožáru po dokončení montáže a rektifikaci po dvou letech provozu. Následně byly



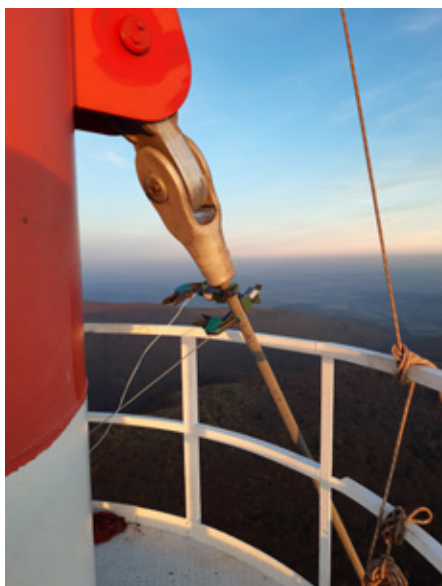
▲ Obr. 4 Korozní stav vnitřních drátů lana po 37 letech provozu (foto: Milan Dzurčanin)



▲ Obr. 5 Původní zakončení lan u kotevního bloku (foto: Jiří Lahodný)



▲ Obr. 6 Nové zakončení lan s montážním příčníkem pro rektifikaci (foto: Jindřich Syrovátka)



▲ Obr. 7 Zakotvení lana k dřívku stožáru, snímače zrychlení pro měření kmitání lan (foto: Jiří Lahodný)



▲ Obr. 8, 9 Montáž výložníků a kladek pro zdvihové lano (foto: Stanislav Pelikán, Jindřich Syrovátka)



závitové tyče napínacího zařízení nahrazeny plechy (viz obr. 5). Toto řešení neumožňovalo úpravy předpětí během dalšího provozu stavby.

Nové napínací zařízení bylo navrženo tak, aby pravidelné kontroly a rektifikace stožáru umožňovalo. Součástí zařízení jsou dvě závitové tyče M64, které spojují dolní a střední příčník napínacího zařízení. Nad středním příčníkem je navržen montážní příčník, který slouží jako opora hydraulickým lisům při napínání lana posunem středního příčníku (obr. 6). Prvky dovolující natáčení ve svislém i vodorovném směru (kardany) jsou navrženy jako svařence z plechů a zapojeny mezi kotevní blok a napínací zařízení na dolním konci lana a mezi horní koncovku lana a dřív stožáru (obr. 7).

Výměna lan

Pro povolování stávajících lan, instalaci provizorního lana, výměny a dopínání lan byl zpracován podrobný postup. Výměna všech lan proběhla celkem ve 49 základních krocích. Pro každý krok byly předepsány předpínací síly v jednotlivých lanech a byla ověřena únosnost a spolehlivost konstrukce.

Nejprve byly nad nejvyšší kotevní úroveň osazeny konzoly s kladkami do jednotlivých kotevních směrů (obr. 8, 9) a převodové kladky pro převod montážního zdvihového lana mezi jednotlivými směry.

Montážní práce probíhaly pomocí čtyř vrátek. Hlavní vrátek zdvihového lana je určen pro spuštění stávajících a zdvih nových kotevních lan. Zdvihové lano bylo vedeno přes



▲ Obr. 10 Odtahový vrátek, kotevní bloky lan (foto: Jindřich Syrovátka)

převáděcí kladku v blízkosti paty stožáru na kladky nad 8. kotevní úrovní tak, aby dřív stožáru byl při zdvihu břemen zatěžován co nejmenší vodorovnou silou.

Tzv. odtahový vrátek je určen k zajišťování dostatečné vzdálenosti zdvihových břemen od dřívku stožáru, antén a ochozů (obr. 10). Třetí vrátek sloužil k dotahům lan ke kotevním blokům a manipulaci s provizorní lanovou kotvou, čtvrtý byl využit na pomocné práce. Kromě provizorní lanové kotvy se použilo dalších 1 400 m montážních ocelových lan a 700 m textilních lan.

Byl zvolen postup, při kterém se postupně měnila lana jednoho kotevního směru od shora dolů a následně lana druhého a třetí směru.

Před výměnou lana byly vždy sníženy předpínací síly ve všech třech lanech příslušné kotevní úrovně. Následně bylo osazeno jedno provizorní lano do směru měněného

lana. Po plynulém povolování starého lana a dopínání lana provizorního bylo staré lano odpojeno z napínacího zařízení a horní konec byl spuštěn dolů pomocí zdvihového a odtahového vrátku. Nad betonový kotevní blok se namontovalo nové napínací zařízení. Následně byl vyzdvižen horní konec nového lana (obr. 11) a začepován do kardanové spojky u dřívku stožáru. Poté byl dolní konec lana dotahován k napínacímu zařízení kladkostrojem dotahového vrátku současně s povolováním provizorního lana. Po zapojení dolního konce lana do nového napínacího zařízení bylo lano odpojeno z dotahového vrátku a všechna tři kotevní lana dané kotevní úrovně byla napnuta hydraulickými lisami na síly předepsané pro daný montážní krok. Síly v lanech byly měřeny zkalibrovanými hydraulickými lisami převodem z tlaku měřeného ve válcích a na několika vybraných napínacích tyčích také



▲ Obr. 11 Zdvih nového lana (foto: Jindřich Syrovátka)

tenzometricky. Při všech montážních krocích byla kontrolována svislost dřívku dvěma teodolity v kolmých směrech, aby nebyly překročeny limitní hodnoty výchylek. Uvedený postup byl opakován pro všechna kotevní lana. Po dokončení výměny lan byla provedena rektifikace stožáru, tedy doladění sil ve všech lanech na předepsané hodnoty a zároveň finální dorovnání dřívku stožáru do svislosti a přímosti.

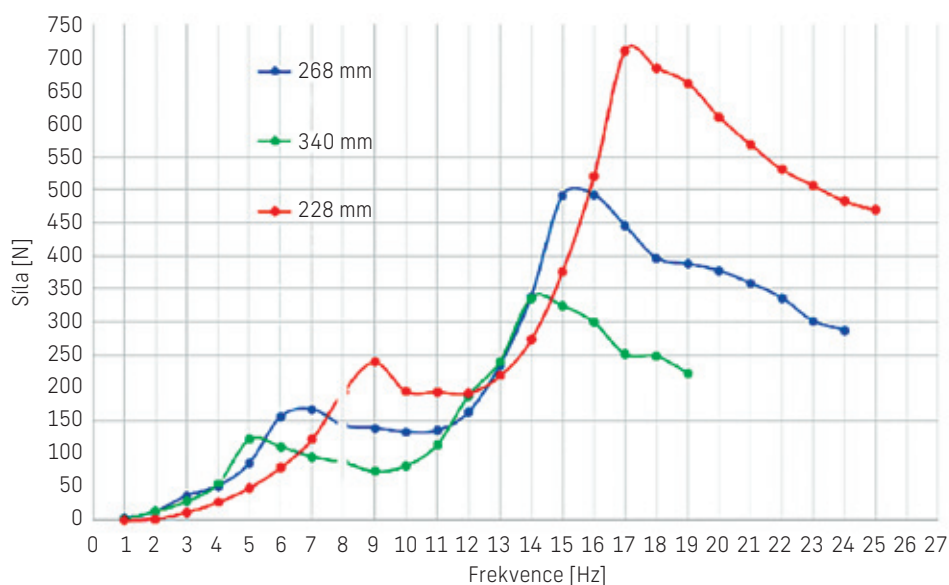
Tlumení kmitání lan

Současně s úpravou předpětí lan byly na lana instalovány vysokofrekvenční pohlcovače a nízkofrekvenční tlumiče kmitů. Pro tlumení kmitání o vysokých frekvencích, které vzniká nejčastěji při odtrhávání vírů na lanu, jsou navrženy pro lana IV. až VIII. úrovně pohlcovače typu „Stockbridge“ (obr. 12). Na jednopramenných lanech průměru 21 mm jsou zavěšeny hmoty. Při kmitání kotevního lana dochází k rozkmitání hmot a pohlcování energie během ohýbání lana pohlcovače. Hmoty jsou připevněny excentricky tak, aby se do tlumení zapojovalo více tvarů kmitání pohlcovače a bylo tak pokryto širší frekvenční spektrum. Na kotevních lanech jsou osazeny vždy dvě dvojice pohlcovačů. Pro každou dvojici je zvolena jiná poloha



▲ Obr. 12 Vysokofrekvenční pohlcovače typu Stockbridge (foto: Jindřich Syrovátka)

hmot, a tedy jiná účinnost ve frekvenčním spektru. Pohlcovače byly odladěny ve zkušební ÚTAM AV ČR, v.v.i., pro zvolenou sestavu lano – hmoty tak, aby byly účinné pro frekvence nad 4 Hz. Závislost tlumicí síly na budící frekvenci pro různé polohy hmot je patrná na obr. 13. Příklady měřených frekvencí lan jsou vykresleny na obr. 14 a 15.



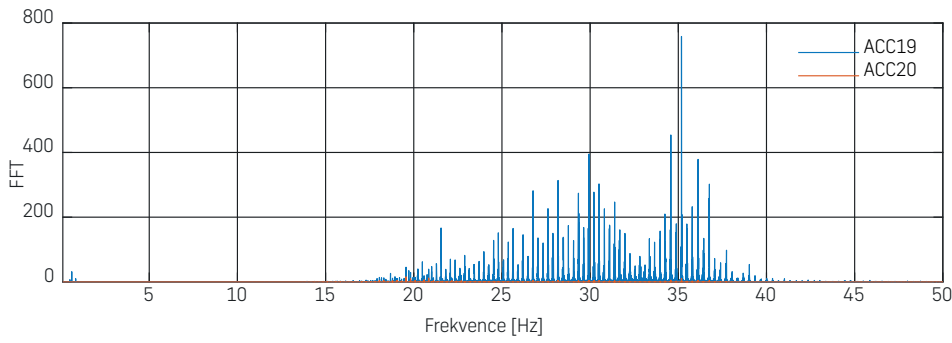
▲ Obr. 13 Závislost tlumicí síly zkušební sestavy (jedno lano se dvěma závažími) na budící frekvenci při amplitudě kmitání ± 5 mm (zdroj: ÚTAM AV ČR, v.v.i.)

Pro tlumení kmitání na nízkých frekvencích, které vzniká nejčastěji při gallopingu a jehož amplitudy mohou dosahovat velkých hodnot, jsou navrženy pro kotevní lana VI. až VIII. úrovně tzv. „žaluziové“ tlumiče. Jedná se o neladěné tlumiče účinné pro amplitudy nad cca 30 mm na různých budících frekvencích. Rozsah amplitud lze nastavit.

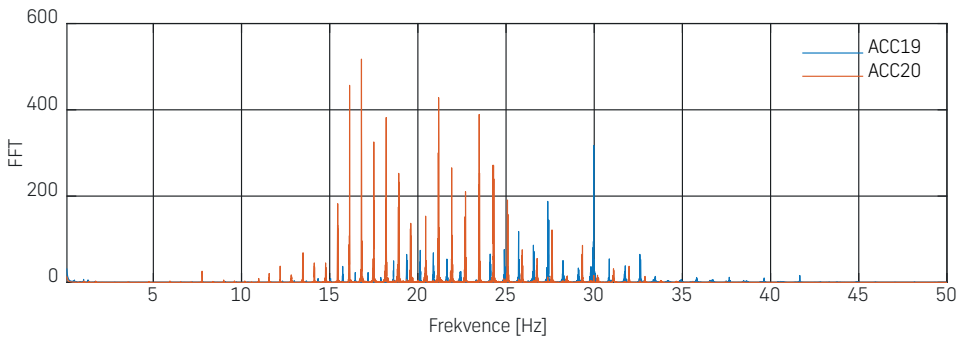
Ke každému tlumenému lanu jsou na zem umístěny dva tlumiče spojené s kotevním lanem lanky tak, aby tlumily pohyb lana ve všech směrech. Tlumič je tvořen soustavou hmot zavěšenou na pomocné ocelové konstrukci (obr. 16, 17). Lanko spojené s kotevním lanem je připojeno přes středovou tyč na spodní závaží. Při kmitání kotevního lana dochází k pohybu spodního závaží a postupnému načítání hmotnosti zdvíhaného balastu. Narůstající síla v lanku tlumiče působí proti pohybu kotevního lana a tlumí jeho kmitání. Tento jednoduchý způsob tlumení se ukázal jako velmi účinný. „Žaluziové“ tlumiče vyvinula firma EXCON, a.s. Byly odzkoušeny v laboratoři ÚTAM AV ČR, v.v.i., a následně v praxi na kotevních stožárech Javořice, 164 m, a Kojál, 340 m.

Měření dynamických charakteristik konstrukce

Po závěrečné rektifikaci stožáru jsme provedli měření vlastních frekvencí i tvarů kmitání a účinnosti kyvadlového pohlcovače kmitání ve vrcholu stožáru. Po výměně lan a odlišném naladění sil v lanech dochází k určité změně dynamických vlastností a možné změně účinnosti pohlcovače



▲ Obr. 14 Měřené spektrum odezvy zrychlení lana VII. kotvení úrovně (zdroj: ÚTAM AV ČR, v.v.i.)



▲ Obr. 15 Měřené spektrum odezvy zrychlení lana II. kotvení úrovně (zdroj: ÚTAM AV ČR, v.v.i.)

▼ Tab. 1 Porovnání teoretických a měřených rezonančních frekvencí

Číslo tvaru	Vlastní frekvence podle dynamického výpočtu $f_{(j) cal}$ [Hz]	Vybuzené frekvence, experiment $f_{(j) obs}$ [Hz]	Odchylka $\Delta_{(j)} = \frac{f_{(j) cal} - f_{(j) obs}}{f_{(j) cal}}$
1	0,195	0,200	-2,7 %
2	0,248	0,253	-1,9 %
3	0,289	0,291	-0,6 %
4	0,319	0,325	-2,0 %
5	0,370	0,383	-3,6 %
6	0,400	0,402	-
7	0,438	0,432	-
8	0,458	0,455	0,6 %
9	0,499	0,500	-0,2 %
10	0,536	0,531	0,9 %
11	0,567	0,574	-
12	0,593	0,605	-
13	0,647	0,646	0,2 %
14	0,672	0,689	-
15	0,699	0,710	-
16	0,775	0,783	-1,0 %
17	0,818	-	-
18	0,846	0,820	3,1 %
19	0,904	-	-
20	0,946	0,967	-2,2 %
21	0,976	1,053	-7,9 %
22	1,214	-	-
23	1,220	1,343	-10,1 %
24	1,539	1,640	-6,5 %
25	1,992	-	-



▲ Obr. 16 Vyskofrekvenční pohlcovače na lanech a nízkofrekvenční tlumiče na pomocné konstrukci na zemi (foto: Jindřich Syrovátka)



▲ Obr. 17 Nízkofrekvenční tlumiče v sestavě pro tři kotvení lana (foto: Jindřich Syrovátka)

kmitů. Výsledky měření budou sloužit k plánované repasi pohlcovače. Byly rovněž využity pro kontrolu teoretických modelů konstrukce a byly porovnány teoretické frekvence a tvary kmitání s měřeními. Byla zjištěna velmi dobrá shoda, viz tab. 1. Příklady porovnání dvou vlastních tvarů jsou na obr. 18 a 19.

Závěr

Výměna lan kotveného stožáru je náročnou operací. Chyba při montáži nebo rekonstrukci kotveného stožáru vede často k havárii. Příkladem havárie při výměně lan je i zřícení nejvyššího stožáru na světě Gąbin, 646 m, v Polsku v roce 1991. Pro úspěšně dokončenou výměnu kotevních lan kotveného stožáru vysílače Dubník výšky 307 m jsme využili cenné zkušenosti z obdobných realizací v minulých letech. Kromě výměny lan byla věnována pozornost omezení kmitání lan s cílem prodloužit jejich únavovou životnost. Nové napínací zařízení umožňuje pravidelně kontrolovat a případně upravovat napětí v lanech a svislost stožáru. ■

Poděkování

Zkoušky vysokofrekvenčního a nízkofrekvenčního pohlcovače kmitů v laboratoři a měření dynamických charakteristik na kotveném stožáru Dubník bylo provedeno Ústavem teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, v.v.i.

Identifikační údaje o stavbě

Návrh a stavba stožáru

Projektant stožáru (1982): J. Kozák, A. Bezák, S. Melichárek, Vítkovice, k.p., Bratislava

Kotevní lana (1983): Železářny a drátovny, n.p. Bohumín

Výroba a montáž (1983–1984): Vítkovice, k.p., Hutní montáže, k.p.

Překotvení (2022)

Investor, TDI: Towercom, a.s., M. Dzurčanin

Projektant překotvení stožáru, montážní postupy: EXCON, a.s.

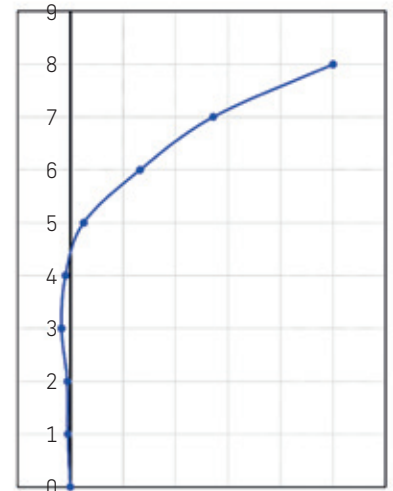
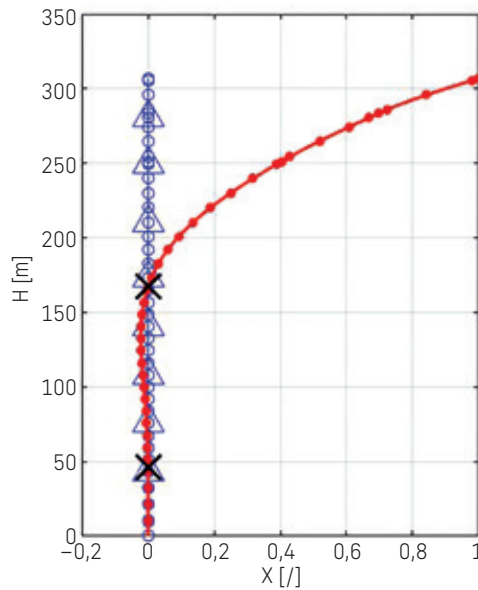
Kotevní lana: Redaelli prostřednictvím Tension Systems, s.r.o.

Realizace překotvení: EXCON, a.s., ALLMONT STEEL, s.r.o.

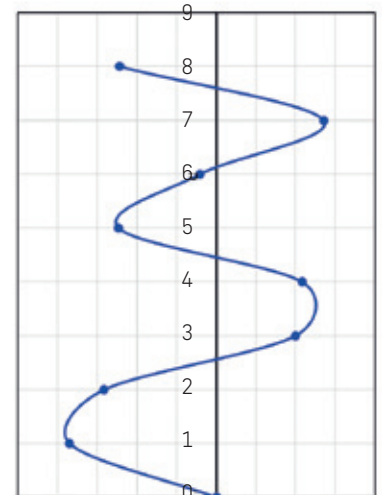
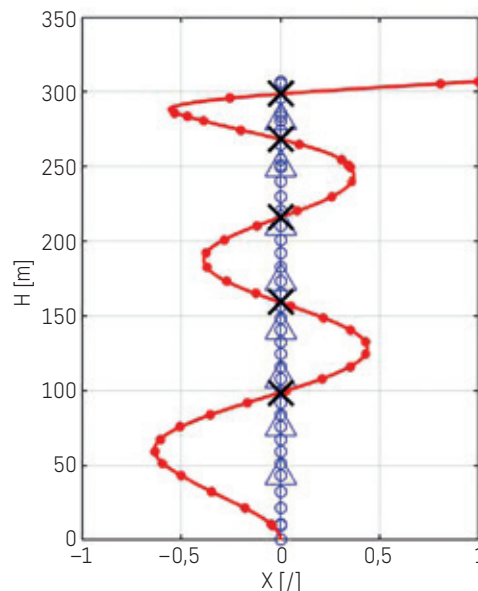
Zdroje:

[1] STN EN 1993-3-1 Eurokód 3. Navrhovanie ocelových konštrukcií. Časť 3-1: Veže, stožáre a komíny. Veže a stožiare, 2007.

[2] STN EN 1993-3-2 Eurokód 3. Navrhovanie ocelových konštrukcií. Časť 3-2: Veže, stožáre a komíny. Komíny, 2008.



▲ Obr. 18 Srovnání teoreticky stanoveného prvního vlastního tvaru $f_{\text{teor}} = 0,195$ Hz (vykreslen červeně) s ekvivalentním experimentálně vybuděným rezonančním tvarem $f_{\text{exp}} = 0,200$ Hz (zdroj: ÚTAM AV ČR, v.v.i.). Pozn.: Měřený tvar neobsahuje vrchol stožáru. Bod č. 8 leží v úrovni +278 m.



▲ Obr. 19 Srovnání teoreticky stanoveného 24. vlastního tvaru $f_{\text{teor}} = 1,539$ Hz (vykreslen červeně) s ekvivalentním experimentálně vybuděným rezonančním tvarem $f_{\text{exp}} = 1,640$ Hz (zdroj: ÚTAM AV ČR, v.v.i.). Pozn.: Měřený tvar neobsahuje vrchol stožáru. Bod č. 8 leží v úrovni +278 m.

Transmitter Dubník in the Slánské vrchy Mountains, 307 m, Replacement of Guy Cables

ENGLISH SYNOPSIS

With its height of 307 m, the Dubník transmitter is the highest structure in Slovakia. It stands on the hill of the same name in the Slánské vrchy Mountains at an altitude of 874 m. It covers most of eastern Slovakia with its television and radio broadcasts. The slender steel shaft of the mast is guyed by cables at eight levels in three directions. The total length of the guy cables, 5.22 km, has reached its planned lifetime. During May to October 2022, the guy cables were replaced. The prestressing forces in the individual guys were prescribed and the load-bearing capacity and reliability of the structure were verified. Attention was also paid to limiting the guy oscillations in order to extend their fatigue life. The new tensioning device allows the tension in the guys and the mast verticality to be checked regularly and adjusted if necessary.

KLÍČOVÁ SLOVA: stavby pozemní, lana kotevní, stožáry kotvené, síly předpínací, kmitání, výpočty

KEYWORDS: structural engineering, guy cables, guyed masts, prestressing forces, oscillation, calculations