

Atmosférická stanice Křešín: nový kotvený stožár 250 m



Ing. Vladimír Janata, CSc.

Absolvent FSv ČVUT. V roce 1990 založil s kolegy projekční firmu EXCON, a.s. K jeho stěžejním projektům patří např. zastřešení Sazka arény v Praze, hangár v Mošnově, nová aréna v Chomutově a v Třinci, ocelové konstrukce pro Trojský most a přeměna plynojemů ve Vítkovicích na multifunkční aulu. Specializuje se na předpjaté ocelové konstrukce.

E-mail: janata@excon.cz

Spoluautoři:

Ing. Jiří Lahodný, Ph.D.

E-mail: lahodny@excon.cz

Ing. Miloslav Lukeš

E-mail: lukes@excon.cz

Výzkum globální změny AV ČR, v. v. i.:

Ing. Alice Dvorská

E-mail: dvorska.a@czechglobe.cz

Ing. Vlastimil Hanuš

E-mail: hanus.v@czechglobe.cz

Atmosférická stanice Křešín u Pacova, jejíž součástí je nový příhradový kotvený stožár o výšce 250 m určený výhradně pro vědecké účely, byla vybudována v období 6/2012–6/2013. Je součástí projektu CzechGlobe (Centrum výzkumu globální změny), který se zaměřuje na zkoumání změn klimatu v České republice.

Provoz atmosférické stanice byl zahájen v roce 2013. Stanici je přiřazena funkce Českého národního monitorovacího bodu se zaměřením na skleníkové plyny, kvalitu ovzduší (aerosoly, reaktivní plyny) a meteorologické parametry. Atmosférická stanice Křešín u Pacova, která je součástí evropské sítě vysokých věží budovaných v rámci výzkumných infrastruktur ICOS (Integrated Carbon Observation System), je projektována na základě doporučení a norem ICOS a představuje špičkovou součást evropské výzkumné infrastruktury.

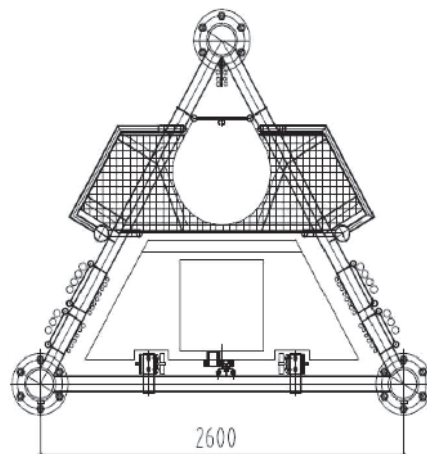
Na základě předběžné dohody s majitelem je stožár využit rovněž pro výzkumy v oboru větrného inženýrství. Plánuje se měření rychlostí a charakteristik větru souběžně s měřením odezvy konstrukce stožáru. Výsledky budou využity pro výzkum turbulentního proudění vzduchu, pro výzkum skutečného chování konstrukce při zatížení turbulentním větrem a následně k jeho porovnání s teoretickými modely.

Situace a dispozice stožáru

Kotvený příhradový stožár o celkové výšce 250 m je kotven v pěti kotevních úrovních do tří směrů. Lana každého směru jsou zakotvena s ohledem na majetkové a pozemkové poměry v místě stavby do jedné centrální



▲ Těleso stožáru tvořené příhradovými ocelovými celosvařovanými díly



▲ Příčný řez příhradovým dřikem stožáru

gravitační patky ve vzdálenosti cca 106 m od paty stožáru. Sklon horních kotevních lan je tak nezvykle velký, až 64°. Vzhledem ke konfiguraci terénu jsou patky kotevních lan umístěny v rozdílných výškových úrovních. Dřík stožáru je příhradový trojboký o šířce stěny 2600 mm do úrovně 232,54 m. Šířka stěny vrcholové části nad 237,58 m je 1500 mm. Mezi úrovněmi 232,54 m a 237,58 m se stožár kónicky zužuje.

Nosná konstrukce tělesa stožáru

Těleso stožáru

Těleso stožáru sestává z trojbokých příhradových celosvařovaných dílů vyrobených z oceli S355. Běžné díly mají délku 6160 mm. Nosná konstrukce běžného dílu až do úrovně 232,54 má tři trubkové nárožníky o průměru 219 mm proměnné tloušťky stěny (8–16 mm) a trubkové



▲ Montážní pomůcka

▼ Dispozice stožáru

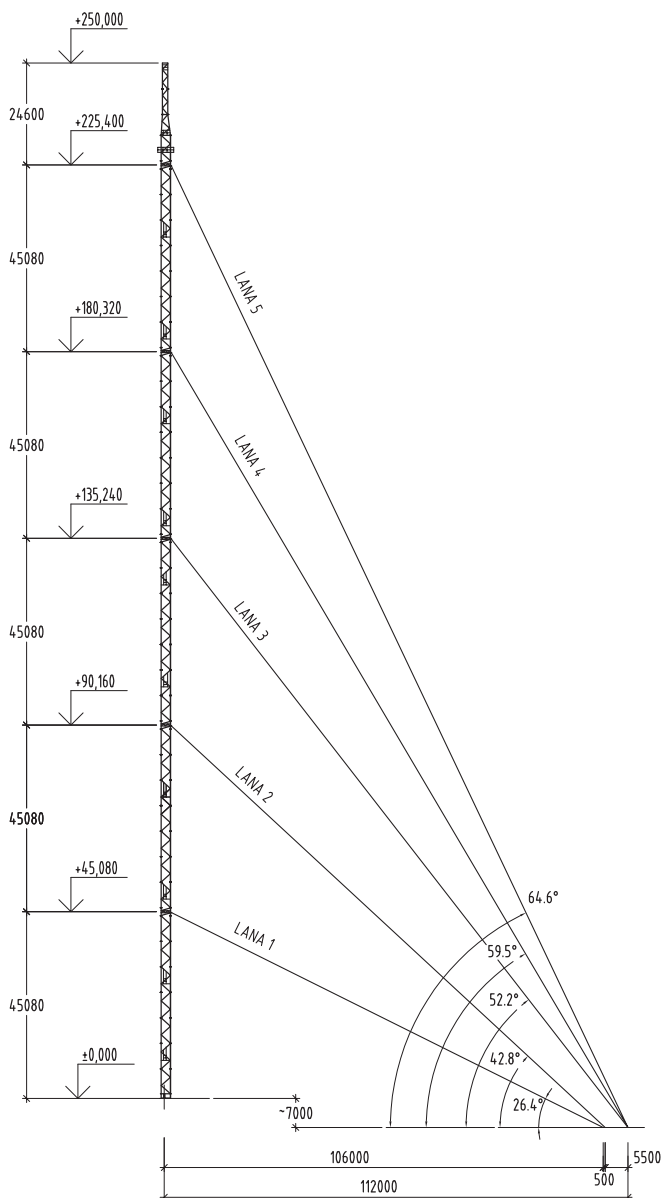


▲ Kotevní díl a ochoz



▲ Patní díl

▼ Pohled na stožár od kotevního bloku





▲ Kotevní rošty před zabetonováním

diagonály 108/5 v každé stěně. Diagonály jsou k nárožníkům vařeny přes proniky. Nárožníky jsou stykovány přes příruby tloušťky 30 mm šesti předepnutými šrouby M30, kvality 10.9. Kotevní díly délky 1960 mm zajišťují kotvení lan do tělesa stožáru. Nosná konstrukce kotevního dílu sestává ze tří nárožníků z trubky o průměru 219/16. Pro zakotvení lan jsou na nárožnicích přivařeny dva svislé plechy tloušťky 30 mm s otvory pro čep. Stěna kotevního dílu se skládá ze dvou diagonál a dvou horizontál s příhradovým trubkovým výpletem. Patní díl délky 1110 mm je navržen ze tří trubkovými nárožníků 219/16 a svařeného I profilu ve třech směrech od středové trubky 245/25 k nárožníkům. Patní díl je v ose stožáru uložen na kulové ploše o poloměru 1000 mm z vysokopevnostní oceli S690Q. Tři kotevní protikusy z trubek 219/16 jsou zabetonovány do základu dříku stožáru. Konstrukční řešení patního dílu zajišťuje torzní vetknutí stožáru při zachování možnosti prostorového kloubového natočení.

▼ Stožár Křešín po dokončení



▲ Montáž kotevních lan

Kotevní lana a jejich kotvení

Kotevní lana jsou jednopramenná vinutá, z pozinkovaných patentových drátů o jmenovité pevnosti 1570 mm s výškou vinutí 1:12. Kotevní lana prvních třech kotevních úrovní o \varnothing 40 mm jsou spletena z 61 drátů o \varnothing 4,25 mm. Kotvení horních dvou kotevních úrovní o \varnothing 50 mm jsou spletena z 91 drátů o \varnothing 4,5 mm. Lana zakončují zalévané svařované koncovky.

U tělesa stožáru je koncovka lana kotvena přes čep do spojky s funkcí kardanu, připojené druhým kolmo orientovaným čepem k tělesu stožáru. Kloubová spojka tak zajišťuje volný prostorový pohyb lana v jeho zakončení a minimalizuje ohyb samotného lana při prostorovém pohybu dříku a lana a rovněž od výrobních a montážních tolerancí. Na dolních koncích lan je instalováno napínací zařízení sestávající z kotevního šroubu Macalloy M76, respektive M85 s válcovaným závitem, dvou koncovek, do kterých je šroub zašroubován, a z napínacové matice. Lano se napíná dvěma hydraulickými lisami pomocí tří příčníků a dvou závitových tyčí M24. Kotevní lana budou po zjištění jejich dynamických vlastností opatřena tlumiči kmitání.

Kotevní bloky a rošty

Kotevní rošty tvoří ocelové konstrukce zabetonované do kotevních bloků. Nad povrch bloků vyčnívají plechy pro zakotvení napínacích zařízení, které je navrženo přes kulový čep umožňující natáčení v rovině průvěsu lana i v rovině kolmé. Tak je omezen ohyb prvků napínacího zařízení při kmitání lan a od výrobních a montážních tolerancí. Konstrukce uvnitř bloků stabilizují polohu kotevních plechů a zajišťují přenos tahových sil do betonových bloků.

Doplňkové konstrukce a vybavení stožáru

Stožár disponuje doplňkovými konstrukcemi: žebříkem, kabelovými lávkami, třinácti plošinami pro odpočinek a umístění technologických zařízení, třemi ochozy, konzolami pro osvětlení a pro měřicí zařízení a rovněž prvky pro kotvení výtahu.

Žebřík je navržen bez ochranného koše se zachycovačem pádu na pevném vedení, které je umístěno na žebříku a tvoří nezbytnou součást systému bezpečného pohybu po stožáru. Výstražné osvětlení odpovídá předpisům Mezinárodní organizace pro civilní letectví ICAO. Stožár má dále elektrorozvody a prvky uzemnění. Výtah s nosností 320 kg se pohybuje rychlostí 0,3 m/s do úrovně 230 m.

Zatížení a výpočet

Zatížení a posouzení stožáru proběhlo v souladu s platnými evropskými normami. Statická a dynamická analýza konstrukce byla provedena pomocí vlastních speciálně vyvinutých výpočetních programů. Mimorezonanční odezvu, tj. odezvu na střední a základní zatížení větrem, stanovil nelineární statický výpočet metodou náhradních zatížení (patch loads) pomocí programu Stožár, jehož autorem je



▲ Kotvení lan, napínací zařízení

Vladimír Janata (EXCON, a.s.). Rezonanční část odezvy byla řešena spektrální analýzou se zahrnutím všech významných vlastních tvarů kmitání. Autorem programu je Jiří Lahodný (EXCON, a.s.). Vlastní frekvence a tvary kmitání byly určeny s použitím programu GMAST, jehož autorem je Stanislav Hračov (ÚTAM AV ČR, v.v.i.). Software umožnil náročné výpočty a optimalizaci návrhu konstrukce v poměrně krátkém čase.

Jednotlivé části programu se dále rozšiřují a vytvoří kompaktní softwarový balík určený pro praktické navrhování a posuzování vysokých štíhlých konstrukcí podle soustavy norem EN. Vývoj softwaru probíhá v rámci projektu TIP FR-TI3/654 Ministerstva průmyslu a obchodu ČR a po jeho dokončení (v roce 2014) bude dostupný i dalším subjektům.

Montáž

Prostorové trojboké díly opatřené nátěrovým systémem a dopravené na stavbu byly následně vzájemně šroubovány. Nejprve byl pomocí jeřábu postaven patní díl a dva běžné díly. V této fázi se mezi příruby patního dílu a kotevních protikusů umístily vložky a příruby se sešroubovaly. Konstrukce tak působila jako vetknutá. Na takto smontovanou konstrukci byla instalována montážní pomůcka speciálně vyrobená pro tento účel. Jedná se o tyč (trubku) s mechanicky otočnou konzolou kotvenou k tělesu přes dva příčnický. Jednotlivé díly se zvedaly přes trojbokou šablonu zavěšenou na háku pomůcky. Zdvihové lano bylo vedeno vnitřkem roury pomůcky a převedeno dvěma kladkami na otočnou konzolu. Zdvihové lano táhl desetitunový vrátek.

Další díl byl vyzdvižen nad úroveň stávající konstrukce a po otočení konzoly pomůcky usazen na její vrchol. Poté se pomůcka zakotvila do nového příčnicku, předem připraveného na zdvihání dílu, a zdvihla se o délku jednoho dílu. Výše uvedený postup se opakoval až po dosažení kotevního dílu. Po montáži kotevního dílu byl obdobným způsobem namontován ještě jeden běžný díl a následovala montáž kotevních lan. Kotevní lana se zdvihala přes kladky umístěné na koncích trojboké šablony. Zdvihové lano bylo vedeno přes kladku příslušného kotevního směru. Následoval zdvih kotevního lana a jeho připojení do kotevního dílu přes kloubovou spojku. Po zakotvení třech kotevních lan ke dřívku stožáru se lana pomocí vrátek a kladkostroje natáhla k základovým blokům a připojila k napínacím zařízením s vyvozením síly cca 10 t. Zbýlé předpětí bylo vnášeno dvěma hydraulickými lisami přes tři příčnický a dvě závitové tyče M24. Předpětí měřily tenzometry nalepené v konfiguraci úplného můstku na tyč napínacího zařízení. Stožár byl v průběhu montáže provizorně kotven (lany o průměru minimálně 20 mm) vždy v polovině délky polí. Po dokončení hrubé montáže nosné konstrukce se montovaly další konstrukce vybavení a příslušenství (ochozy, konzoly pro osvětlení, osvětlení, elektro atd). Na závěr se rektifikoval stožár, tedy vnesly se projektované síly do kotevních lan spolu s kontrolou svislosti a přímosti stožáru.

Závěr

Stožár AS Křešín byl vybudován výhradně pro vědecké účely. Byl vyprojektován a postaven v rekordně krátké době v obtížných prostorových podmínkách. Návrh je v souladu se současnými evropskými normami a s využitím nově vyvíjeného softwaru. Při jeho budování se použila nová konstrukční řešení, např. napínací zařízení lan. Nově se měřily síly v lanech tenzometricky. Stožár je po více než třiceti letech první konstrukcí tohoto druhu a významu postavenou v ČR, která ukázala, že know-how v této oblasti nezaniklo a předalo se prostřednictvím této stavby dalším generacím. ■

Základní údaje o stavbě

Investor: Centrum výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i.

Projekt ocelové konstrukce a montáže: EXCON, a.s., Ing. Vladimír Janata, CSc., Ing. Jiří Lahodný, Ph.D.

Generální projektant a dodavatel: EXCON, a.s., Ing. Miloslav Lukeš

Výroba ocelové konstrukce stožáru: Metrostav a.s., Divize 3

Montáž ocelové konstrukce: ALLMONT STEEL, s.r.o.

Dodávka lan: ŽDB DRÁTOVNA a.s.

Výroba výtahu a montážní pomůcky: NOVÉ VÝTAHY 2000, s.r.o.

Základy a stavební práce: Svoboda a syn, s.r.o.

Poděkování:

Atmosférická stanice Křešín u Pacova byla postavena v rámci OP VaVpl a spolufinancována z fondů EU a státního rozpočtu České republiky (Projekt: CzechGlobe – Centre for Global Climate Change Impacts Studies, Reg. No. CZ.1.05/1.1.00. / 02,0073).

Konstrukce stožáru byla navržena s využitím výsledků projektu Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky TIP FR-TI3/654.

english synopsis

The Atmospheric Station Křešín – a New Guyed Mast 250 m

The atmospheric station at Křešín u Pacova was built during the period 6/2012–6/2013. It is a part of the project CzechGlobe (The Global Change Research Centre) which focuses on the examination of global climate changes in the Czech Republic. It includes a new guyed latticed mast of 250 m consisting of three-side latticed all-welded parts made of S355 steel. The mast was designed in line with the applicable European standards using newly developed software. New structure design solutions were applied here, such as for the rope tightening device. The mast is the first structure of its kind and importance in the Czech Republic after more than thirty years.

klíčová slova:

atmosférická stanice Křešín, projekt CzechGlobe, příhradový ocelový kotvený stožár

keywords:

atmospheric station Křešín, CzechGlobe project, guyed latticed steel mast