

## Ocelová konstrukce hangáru na letišti Ostrava-Mošnov

Realizační projekt ocelové konstrukce a opláštění nového hangáru v Mošnově jsme zpracovali na základě požadavku generálního dodavatele optimalizovat konstrukci z hlediska hmotnosti a ceny při významném zjednodušení montáže a zkrácení doby výstavby. Toho se dosáhlo masivním použitím moderní technologie předpjatých táhel Macalloy, užitých jako spodní pasy obloukových příhradových vazníků na rozpětí 143,5 m, jako horizontální ztužidla v rovině dolních pasů a jako křížová ztužidla ve stěnách hangáru.

Ocelová konstrukce střechy hangáru je bezvaznicová. Jsou použity panely na rozpětí 12 m, uložené přímo na horní pasy vazníků a překonzolované o 6 m na obou stranách. Poprvé v ČR byla ocelová konstrukce navržena pro technologický postup spočívající ve zvedání na zemi předmontované kompletní střešní konstrukce opatřené střešním pláštěm a střešní technologií do finální pozice na sloupech v 21 m.

### KONCEPČNÍ NÁVRH A DISPOZICE

Mošnovský hangár se skládá ze dvou objektů – hlavní hangárové haly o rozměrech 143,5 × 80 m a přilehlé servisní pětipatrové budovy, která zároveň tvoří zadní stěnu hangárové haly.

Konstrukci střechy hlavní hangárové haly tvoří sedm příhradových obloukových vazníků o rozpětí 143,5 m s konstrukční výškou 12 m uprostřed rozpětí, kloubově uložené na 14 vetknutých příhradových obdélníkových sloupech. Osová vzdálenost vazníků 12 m byla zvolena jako optimální pro použití velkorozponových střešních panelů.

Čela střešní konstrukce tvoří prostorové příhradové konstrukce nad vraty a nad servisní budovou vytvářející 4 m konzolu zavěšenou z krajního vazníku. Tyto čelní konstrukce jsou podélně rozdilátovány do 12 m bloků tak, aby se hlavní vazníky mohly volně prohýbat a protahovat vlivem zatížení a teploty, aniž by zatěžovaly těmito vynucenými deformacemi čelní konstrukce. Takto zvolená

dispozice zajistila, že všech sedm hlavních vazníků je přibližně stejně zatíženo.

Ve střešním prostoru jsou dva systémy ztužidel. S ohledem na použitý bezvaznicový systém je horní ztužení v rovině obloukového horního pasu z tyčových trubkových prvků a ztužení v rovině spodních pasů vazníků tvoří křížová ztužidla, která přenášejí zejména část vodorovného silového působení větru na vrata (prostřednictvím horní kolejnice připevněné k nadvratovému nosníku).

Stabilita konstrukce je zajištěna ve směru délky vazníku ohybovou tuhostí vetknutých sloupů a v druhém směru dvěma křížovými ztužidly v každé stěně tvořenými předpjatými táhly. Konstrukce hlavní hangárové haly je staticky nezávislá na přilehlé servisní bu-



Ocelová konstrukce hangáru na letišti Ostrava-Mošnov, čelní pohled



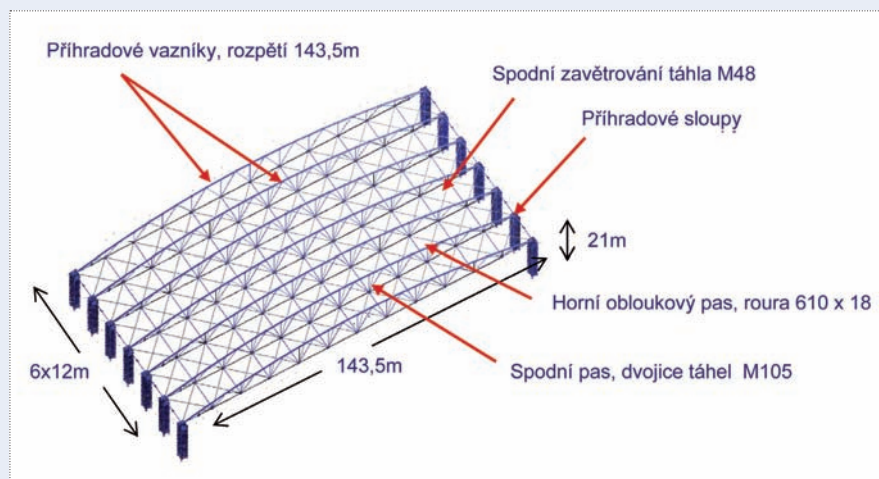
Spojení hlavních táhel vazníku, mezipasových prvků a vodorovného zavětrování

dově. Proto musel být řešen trojsměrný dilatační detail mezi oběma objekty, který umožňuje jejich vzájemné pohyby ve třech směrech o více než 100 mm a zároveň plní funkci vodotěsné a tepelné izolace.

### MATERIÁLY A KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Horní pas všech obloukových příhradových vazníků má konstantní dimenzi – je tvořen trubkou 610 × 18 mm. Diagonály a svislice vazníků jsou rovněž trubkové. Dolní pas vazníků je tvořen dvojicí táhel Macalloy o průměru 102 mm z oceli S520, opatřených na koncích válcovaným závitkem M105. Jednotlivé 6 m dílce táhel jsou spojeny napínákovými maticemi a na koncích vazníků jsou pomocí koncovek s čepy připojeny na koncový svařenec.

Na tento svařenec dobíhá i obloukový horní pas. Vodorovné zavětrování v úrovni spodních pasů vazníků tvoří po celé ploše křížová ztužidla z táhel průměru 45 mm z oceli S460. Křížení táhel je provedeno přes speciální styčník, který zajišťuje samostatnou funkci a předpínání každého z táhel



Dispozice hangárové haly



Horní (trubkové) a spodní (předpjatá táhla M48) úroveň ztužení



Fáze zvedání – sloupy



Předmontáž dvojic táhel



Aktivace konstrukce zvednutím konců vazníků



Křížení táhel průměru 45 mm a akcelerometry

v křížích. Originální konstrukční řešení bylo vyvinuto také pro křížení příhradových prvků vazníku, vodorovného ztužení a táhla spodního pasu vazníku. Přenos sil mezi všemi prvky zajišťuje svařenec, přes jehož svíslý plech jsou připojena hlavní táhla pomocí dvojice matic.

Příhradové obdélníkové hlavní sloupy o rozměru 2,5 x 2 m jsou tvořeny nárožníky

z truhlíkových profilů a přivařenými prvky zavětrování ve třech stěnách. Vnitřní stěna sloupu je tvořena šroubovanými prvky zavětrování, které nejsou namontovány v době zdvihu střešní konstrukce. Vazníky jsou na sloupech kloubově uloženy v geometrickém středu sloupů na příčnicích ve tvaru vzpínadla. Tuhost sloupů musela být vhodně zvolena tak, aby sloupy unesly příčné zatížení větrem a zároveň nebyly přetíženy vynucenými deformacemi způsobenými změnou délky vazníků při svislém zatížení a při změnách teploty.

Boční stěny jsou tvořeny příhradovými pažďíky mezi hlavními sloupy a sloupky po 6 m pro připevnění prvků opláštění. Hlavní zavětrování stěn tvoří v každé stěně dvě dvojice křížových ztužidel z táhel průměru 72 mm z oceli S460 s plechem pro křížení, obdobným jako u horizontálních ztužidel ve stěnách.

## MONTÁŽ, AKTIVACE A PŘEDPÍNÁNÍ KONSTRUKCE

Montáž ocelové konstrukce střechy začala sestavením dvojic táhel spodního pasu vazníku a jejich spojením po 12 m na svařenci umístěném na provizorní podpoře. Potom byly dokořetovány ostatní prvky vazníků a ztužidla. Po dokončení montáže se konstrukce provizorně podepřela v rástru 12 x 12 m. Konstrukce byla smontována v nadvýšeném a zkráceném stavu tak, aby se eliminoval její pozdější průhyb a protažení od stálého zatížení.

Po dokončení předmontáže byla táhla vazníku i ztužidel předepnuta na stanovenou úroveň. Následně byla konstrukce aktivována nadzdvížením konců, při němž se konstrukce nadzvedla z provizorních podpor. Tak bylo do táhel vneseno další předpětí vlivem vlastní hmotnosti.

Na aktivovanou konstrukci byly namon-



Zdvihové jednotky na vrcholech sloupů



Konstrukce při zdvihu – nadvrátový nosník

► továny střešní plášť a střešní technologie. Konstrukce pak byla na vrchol sloupů vytažena na laněch pomocí 14 hydraulických zdvihových jednotek. Stěnová ztužidla byla předepnuta hydraulickým napínacím zařízením Technotensioner na napínacích maticích, a to ve dvou krocích.

První krok byl proveden před zdvihem konstrukce, aby se zvýšila tuhost stěny pro vodorovné silové účinky během zvedání, druhý krok se provedl po zdvihu tak, aby se odstranil vliv zkrácení sloupů po jejich zatížení. Úroveň předpětí byla zvolena tak, aby při následném zatížení sněhem a větrem v průběhu životnosti nedošlo k uvolnění táhel.

Během procesu aktivace, montáže a předpínání byla konstrukce sledována z několika hledisek:

- Předpětí táhel v průběhu aktivace bylo měřeno tenzometry a souběžně akcelerometry (k určení vlastních frekvencí táhel).
- Předpětí bylo také sledováno přímo na hydraulické jednotce při předpínání technotensionery.
- Dále byly sledovány deformace konstrukce ve svislém i podélném směru.

- Všechny naměřené hodnoty byly průběžně srovnávány s teoretickými projektovanými hodnotami.

#### ZÁVĚR

Díky použití technologie předpjatých táhel bylo dosaženo hmotnosti ocelové konstrukce zastřešení 79 kg/m<sup>2</sup> včetně táhel a všech pomocných konstrukcí. Obecně lze konstatovat, že při použití předpjatých táhel ve vhodných případech lze ušetřit přibližně 25 % hmotnosti konstrukce. Technologie zdvihu střešní konstrukce po montáži střešního pláště a technologií výrazně pomohla zkrátit dobu výstavby.

Vladimír Janata, Miloslav Lukeš,  
Dalibor Gregor, David Jermoljev,  
Excon, a. s.

#### REFERENCE:

- [1] V. Janata (2005), Sazka Arena, Prague, Czech Republic, Structural Engineering International Vol. 15, Number 1, 40–43
- [2] V. Janata (2006), Prestressed tendons in steel structures IASS-APCS, China 2006

*The author describes the realization project for the steel structure and cladding of the new hangar in Mošnov according to the general supplier's requirement to optimize the weight and cost of the structure while significantly simplifying the assembly and reducing the construction time. Due to the use of pre-stressed tie rods, it was possible to reach a weight of the roof steel structure of 79 kg/m<sup>2</sup>, including tie rods and all auxiliary structures. Generally, it is possible to say that approximately 25 % of the structure weight can be saved by using pre-stressed tie rods. The method of lifting the roof structure after the roof cladding and the equipment had been mounted, helped reduce the construction time significantly.*

## Mimořádná stavba přináší i mimořádné zkušenosti

Projektantem ocelové konstrukce a opláštění obřího hangáru pro opravy velkých dopravních letadel v těsné blízkosti ostravského letiště v Mošnově byla pražská společnost Excon. Její výkonnou ředitelku Kateřinu Čapkovou jsme v této souvislosti požádali o odpověď na tři otázky.

### Jak hodnotíte účast společnosti Excon na této mimořádné zakázce?

Strategií naší společnosti je být u všech technicky mimořádných zakázek realizovaných v České republice. Stavba hangáru v Mošnově bezpochyby do této skupiny zakázek patří, a proto jsme na ni zaměřili pozornost. Technické řešení ocelové konstrukce přineslo značnou úsporu její hmotnosti, zjednodušení montáže a zkrácení doby výstavby. Díky zkušenostem s obdobnými stavbami jsme ovlivnili i technické řešení opláštění a hangárových vrat. Mimořádná stavba přinese i mimořádné zkušenosti a to je to, o co nám jde především. S průměrnými výsledky lze uspět jen krátkodobě.

### V čem byla z technického a odborného hlediska z vašeho pohledu konstrukce hangáru zajímavá, unikátní?

Ocelová konstrukce je unikátní použitím předpjatých táhel ve spodním pasu vazníků, v plošném vodorovném zavětrování

střechy a ve stěnách hangáru. Poprvé bylo použito několik způsobů předpínání a měření předpětí a muselo být vyvinuto několik unikátních konstrukčních detailů. Konstrukce byla navržena tak, aby mohla být kompletně předmontována na zemi (včetně opláštění a technologie) a následně vyzdvihnuta na sloupy. Tento systém byl navržen a realizován v České republice poprvé.

### Vyskytl se v rámci přípravy, výroby nebo samotné výstavby nějaký technický problém? Pokud ano, jak jste jej vyřešili?

Velkým problémem bylo vyřešení dilatace ve třech směrech v řádech desítek centimetrů. Jednalo se o dilataci vlastního hangáru a přílehlé provozní budovy, která zároveň plní funkci vodotěsné a tepelné izolace. Výroba a montáž vlastní ocelové konstrukce probíhaly bez větších komplikací, a to především díky pečlivé přípravě a trvalé úzké spolupráci projektanta a dodavatelů. Ta je u staveb tohoto typu nezbytná.



Kateřina Čapková

Z mého pohledu byl tým všech zúčastněných subjektů nejen technicky zdatný, ale v jednání též velmi konstruktivní, a v tom vidím základ úspěchu.

(red)