

POROVNÁNÍ ZATÍŽENÍ VĚTREM DLE EN 1991-1-4 A ČSN 730035 NA STĚNY BĚŽNÉHO POZEMNÍHO OBJEKTU

Ing. Jaroslav Vácha – EXCON a.s.

1. Úvod

K datu 1.4.2010 končí možnost používání dvou souběžně platných norem pro navrhování stavebních konstrukcí (původních ČSN a nově zaváděných EN). Nadále lze používat pouze EN a tím končí možnost vybrat si pro návrh ekonomicky výhodnější postup. Zatímco pro navrhování ocelových konstrukcí byl rozdíl mezi ČSN a EN zanedbatelný a výpočetní postupy byly analogické, pro stanovení hodnot jednotlivých typů zatížení je postup dle EN v některých případech velmi odlišný a stejně odlišné jsou i výsledné hodnoty tohoto zatížení. V tomto článku se zabývám stanovením zatížení větrem dle ČSN 730035 a ČSN EN 1991-1-4 v případě běžné konstrukce pozemních staveb pro vzájemné srovnání globálního zatížení celé konstrukce a lokálního zatížení prvků stěnového pláště.

2. Vstupní parametry srovnávacího výpočtu

Srovnávací výpočet je proveden pro konkrétní objekt, ve kterém v současné době provádíme výměnu stěnového pláště. Jedná se o Elektrárnu Tušimice nedaleko Kadaně. Dle ČSN 730035 se objekt nalézá v I. větrové oblasti a terénu typu A. Dle ČSN EN 1991-1-4 se objekt nalézá ve II. větrové oblasti a terénu kategorie II.

Pro zjednodušení stanovení zatížení je uvažován ocelový skelet o půdorysných rozměrech 30x30 m a o výšce 30 nebo 60 m, v obou případech se sedlovou střechou ve sklonu 5% bez atiky nebo zábradlí. Jako nosný prvek stěn je uvažována kazeta o rozpětí 6 m a výšce 600 mm.

Pro stanovení účinků větru na celý objekt nebo na samostatné stěnové prvky jsou uvažovány pouze vnější účinky kolmo na stěny (tření o plášť ani vnitřní tlaky uvažovány nejsou). Zatížení je pro srovnání vyčísleno v charakteristických hodnotách.

3. Globální účinky dle ČSN 730035

Základní tlak větru pro danou větrovou oblast a typ terénu je 0,45 kN/m². Oba objekty jsou po výšce rozděleny na pásy po 10 m, ve kterých je jednotlivě vyčíslen tlak větru pro střed pásu. Tvarové součinitele pro stěny jsou stanoveny dle tab. 20 poř. 3. normy.

C_e (návětrná stěna) = +0,8

C_e (boční a závětrná stěna) = -0,5 pro objekt výšky 30 m ($l/b=1$ a $h/b=1$)

C_e (boční a závětrná stěna) = -0,6 pro objekt výšky 60 m ($l/b=1$ a $h/b=2$)

$w_{n,i} = w_0 \cdot K_w \cdot \Sigma C_e$

$W_i = w_{n,i} \cdot A_i$ – celková vodorovná síla na objekt v každém výškovém pásu

$M_{wi} = W_i \cdot h_i$ – celkový ohybový moment síly v pásu k úrovni založení

Objekt H=30 m					Objekt H=60 m				
w_n [kN/m ²]	h_i [m]	A_i [m ²]	W_i [kN]	M_{wi} [kNm]	w_n [kN/m ²]	h_i [m]	A_i [m ²]	W_i [kN]	M_{wi} [kNm]
0.45	5	300	176	878	0.45	5	300	189	945
0.50	15	300	195	2925	0.50	15	300	210	3150
0.57	25	300	222	5558	0.57	25	300	239	5985
					0.62	35	300	260	9114
					0.67	45	300	281	12663
					0.70	55	300	294	16170
CELKEM			593	9360	CELKEM			1474	48027

Tab. 1 Globální účinky zatížení větrem dle ČSN 730035

4. Globální účinky dle ČSN EN 1991-1-4

Charakteristická desetiminutová střední rychlost větru ve výšce 10 m pro uvažovanou větrovou oblast je $v_{b,0} = 25$ m/s. Součinitel terénu $k_r = 0,19$ (pro uvažovanou kategorii terénu). Součinitele c_{dir} , c_{season} a $c_o(z)$ jsou rovny 1,0. Objekt výšky 30 m je řešen jako celek (referenční výška $z_e = 30$ m), objekt výšky 60 m je řešen ze dvou pásů jednotlivé výšky 30 m (referenční výška $z_{e,1} = 30$ m, $z_{e,2} = 60$ m).

Součinitele orografie jsou $c_r(z=30m) = 1,215$ a $c_r(z=60m) = 1,347$. Intenzity turbulence větru jsou $I_v(z=30m) = 0,156$ a $I_v(z=60m) = 0,141$. Střední rychlosti větru jsou $v_m(z=30m) = 30,38$ m/s a $v_m(z=60m) = 33,68$ m/s. Z těchto hodnot pak maximální dynamické tlaky jsou $q_p(=30m) = 1,21$ kN/m² a $q_p(=60m) = 1,41$ kN/m².

Součinitel konstrukce c_{scd} je uvažován roven 1,0 (přesnější analýza dle obr. D1 normy by se pohybovala v rozmezí 0,92 pro objekt výšky 30 m po 0,97 pro objekt výšky 60 m). Vliv nedostatečné korelace na návětrné a závětrné straně je uvažován hodnotou 0,85 pro objekt výšky 30 m ($h/d=1$) a 0,89 pro objekt výšky 60 m ($h/d=2$).

Součinitele tlaku pro pozemní stavby a plochu 10 m² jsou stanoveny dle tabulky 7.1 normy.

$C_{pe,10}$ (oblast D) = +0,8

$C_{pe,10}$ (oblast E) = -0,5 pro objekt výšky 30 m ($h/d=1$)

$C_{pe,10}$ (oblast E) = -0,55 pro objekt výšky 60 m ($h/d=2$)

$W_i = q_{p,i} \cdot A_i \cdot \Sigma C_{pe}$ – celková vodorovná síla na objekt v každém výškovém pásu

$M_{wi} = W_i \cdot r_i$ – celkový ohybový moment síly v pásu k úrovni založení

Objekt H=30 m					Objekt H=60 m				
q _{p,i} [kN/m ²]	h _i [m]	A _i [m ²]	W _i [kN]	M _{wi} [kNm]	q _{p,i} [kN/m ²]	h _i [m]	A _i [m ²]	W _i [kN]	M _{wi} [kNm]
1.21	30	900	1203	18050	1.21	30	900	1308	19627
					1.41	60	900	1525	68612
CELKEM			1203	18050	CELKEM			2833	88238

Tab. 2 Globální účinky zatížení větrem dle ČSN EN 1991-1-4

5. Lokální účinky dle ČSN 730035

Základní parametry pro vyčíslení lokálních účinků dle kapitoly 3 tohoto článku jsou zachovány. Lokální tvarové součinitele pro stěny jsou stanoveny dle tab. 23 poř. 1. normy:

C₁ (návětrná stěna) = +1,0

C₁ (závětrná stěna) = -0,8

Pro nároží dle tab. 23 poř. 3. normy je šířka svislého pásu zvýšeného účinku větru d=3,0 m od rohu s hodnotami:

C₁ = -1,2 (pro objekt výšky 30 m)

C₁ = -1,5 (pro objekt výšky 60 m).

Účinky větru jsou vyčísleny pro kazetu v krajním poli délky 6 m (kde se v úseku 3 m projeví zvýšené účinky v nároží, na zbytku kazety pak běžné účinky) a ve středním poli délky 6 m (kde jsou účinky rovnoměrné po celé délce kazety). Pro objekt výšky 30 m je uvažován kazeta v úrovni +25 m, pro objekt výšky 60 m pak kazeta v úrovni +55 m (pro oba objekty tedy v horních úsecích).

Objekt H=30 m									
Tlak		Sání v nároží		Sání zbytek		Krajní kazeta		Vnitřní kazeta	
c _l	w _n [kN/m ²]	c _l	w _n [kN/m ²]	c _l	w _n [kN/m ²]	tlak [kN/m ²]	sání [kN/m ²]	tlak [kN/m ²]	sání [kN/m ²]
1.0	0.57	-1.2	-0.68	-0.80	-0.46	0.57	-0.57	0.57	-0.46
Objekt H=60 m									
Tlak		Sání v nároží		Sání zbytek		Krajní kazeta		Vnitřní kazeta	
c _l	w _n [kN/m ²]	c _l	w _n [kN/m ²]	c _l	w _n [kN/m ²]	tlak [kN/m ²]	sání [kN/m ²]	tlak [kN/m ²]	sání [kN/m ²]
1.0	0.7	-1.5	-1.05	-0.80	-0.56	0.7	-0.81	0.70	-0.56

Tab. 3 Lokální účinky zatížení větrem dle ČSN 730035

6. Lokální účinky dle ČSN EN 1991-1-4

Základní parametry pro vyčíslení lokálních účinků dle kapitoly 4 tohoto článku jsou zachovány. Součinitele tlaku pro pozemní stavby jsou stanoveny dle tabulky 7.1 normy s tím, že pro plochu kazety 0,6x6=3,6 m

jsou součinitele přepočteny z hodnot $C_{pe,1}$ a $C_{pe,10}$ na hodnotu $C_{pe,3.6}$. Tlak je řešen pro oblast D (návětrná stěna), sání je řešeno pro boční stěny a oblast A (se zvýšeným účinkem sání v délce 6 m od nároží) a oblast B ve zbytku boční stěny.

$$C_{p,3.6}(\text{oblast D}) = +0,89$$

$$C_{p,3.6}(\text{oblast A}) = -1,29$$

$$C_{p,3.6}(\text{oblast B}) = -0,93$$

Účinky větru jsou vyčísleny pro kazetu v krajním poli délky 6 m (kde se v celé délce projeví vliv oblasti A) a kazetu ve vnitřním poli (oblast B). Pro objekt výšky 30 m je uvažován kazeta v referenční výšce +30 m, , pro objekt výšky 60 m pak kazeta v referenční výšce +60 m.

Objekt H=30 m									
Tlak oblast D		Sání oblast A		Sání oblast B		Krajní kazeta		Vnitřní kazeta	
$C_{pe,3.6}$	W_n	$C_{pe,3.6}$	W_n	$C_{pe,3.6}$	W_n	tlak	sání	tlak	sání
	[kN/m ²]		[kN/m ²]		[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
0.89	1.08	-1.29	-1.56	-0.93	-1.13	1.08	-1.56	1.08	-1.13
Objekt H=60 m									
Tlak oblast D		Sání oblast A		Sání oblast B		Krajní kazeta		Vnitřní kazeta	
$C_{pe,3.6}$	W_n	$C_{pe,3.6}$	W_n	$C_{pe,3.6}$	W_n	tlak	sání	tlak	sání
	[kN/m ²]		[kN/m ²]		[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
0.89	1.25	-1.29	-1.82	-0.93	-1.31	1.25	-1.82	1.25	-1.31

Tab. 4 Lokální účinky zatížení větrem dle ČSN EN 1991-1-4

7. Závěr

Jak vyplývá z porovnání výsledků modelového příkladu pro konkrétní lokalitu, jsou hodnoty zatížení dle nové ČSN EN 1991-1-4 výrazně nepříznivější než dle již neplatné ČSN 730035 (pro konkrétní příklad jsou hodnoty více než dvojnásobné).

Protože běžné pozemní stavby, které byly na našem území dosud realizovány v souladu s rušenou ČSN 730035, nevykazují žádnou mimořádnou míru poruch způsobených větrem, je třeba si položit otázku o ekonomickém důsledku tak výrazného zpřísnění hodnot zatížení.

Pro většinu běžných konstrukcí pozemních staveb s lehkými pláštěmi je z hlediska účinku větru nejrizikovějším místem přípoj prvků pláště vzájemně nebo do hlavní nosné konstrukce. Destrukce celého stěnového prvku působením větru je velmi neobvyklá. Přesto při aplikaci nové normy dojde nutnosti používat výrazně silnější stěnové prvky (kazety, sendvičové panely, paždíky) nebo bude nutné zmenšovat jejich rozpětí (a tím zvyšovat hmotnost hlavní nosné konstrukce).

Protože ČSN EN 1991-1-4 je proti ČSN 730035 méně uživatelsky vstřícná a výpočet zatížení je složitější a zdoluhavější, nedošlo zatím k masovému používání této nové metodiky. Jen tím si lze vysvětlit, že tak

významné navýšení hodnot zatížení nevyvolalo bouřlivější diskusi mezi projektanty a stavebníky.

Globální vodorovné účinky		
	ČSN EN 1991-1-4 W [kN]	ČSN 730035 W [kN]
Objekt H=30 m	1203	593
Objekt H=60 m	2833	1474
Lokální vodorovné účinky		
	Sání krajní kazety	
	w [kN/m ²]	w [kN/m ²]
Objekt H=30 m	-1.56	-0.57
Objekt H=60 m	-1.82	-0.81
	Sání vnitřní kazety	
	w [kN/m ²]	w [kN/m ²]
Objekt H=30 m	-1.13	-0.46
Objekt H=60 m	-1.31	-0.56
	Tlak kazety	
	w [kN/m ²]	w [kN/m ²]
Objekt H=30 m	1.08	0.57
Objekt H=60 m	1.25	0.70

Tab. 5 Výsledky srovnávacího výpočtu

Ing. Jaroslav Vácha
 Excon a.s.
 Sokolovská 187/203
 190 00, Praha 9
 tel.: +420 737 270 615
 email: vacha@excon.cz