

EUROKÓD EN 1991-1-5 ZATÍŽENÍ TEPLOTOU

EUROCODE EN 1991-1-5 THERMAL ACTIONS

SERIÁL
EN 1991

MILAN HOLICKÝ, JANA MARKOVÁ

Norma EN 1991-1-5 uvádí zatížení klimatickými teplotami pro různé druhy staveb. Do soustavy českých norem je zavedena jako ČSN EN 1991-1-5. V české národní příloze jsou zvoleny alternativní postupy a zpřesněny některé pokyny pro navrhování konstrukcí na zatížení teplotou. Součástí národní přílohy jsou dvě mapy minimálních a maximálních teplot vzduchu ve stínu s padesátiletou dobou návratu podle nových evropských definic.

Eurocode EN 1991-1-5 gives guidance for climatic thermal actions on various types of construction works. This Part of EN 1991 was implemented into the system of Czech national standards as ČSN EN 1991-1-5. The selection of alternative procedures and supplementary information is given in the National Annex. Two maps of minimum and maximum shade air temperatures based on fifty year return period according to the new European definitions are included in the National Annex.

Norma ČSN EN 1991-1-5 [1] Zatížení teplotou poskytuje zásady a aplikační pravidla pro zatížení budov, mostů a dalších konstrukcí teplotou od klimatických změn. Pro průmyslové konstrukce, např. potrubí, chladicí věže, nádrže a skladovací prostory, uvádí zásady, jak uvažovat v kombinaci technologické a klimatické teploty. Norma [1] byla zavedena do soustavy ČSN v roce 2005 a po zavedení souboru ČSN EN Eurokódů nahradí předběžnou normu ČSN P ENV 1991-2-5 [2].

Norma ČSN EN 1991-1-5 [1] na rozdíl od předběžné normy [2] podrobněji uvádí pokyny pro pozemní stavby a nově i ma-

py maximálních a minimálních teplot vzduchu ve stínu s padesátiletou střední dobou návratu zpracované ve spolupráci Kloknerova ústavu ČVUT s Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ).

Norma ČSN P ENV 1991-2-5 [2] se zabývá hlavně zatížením teplotou na mostech, protože tato zatížení mohou být případně rozhodující. Podkladem pro zatížení mostů teplotou byl dokument [3], který vznikl v mezinárodní spolupráci několika členských států CEN a výsledků analýz dlouhodobého experimentálního měření na mostech, ve Velké Británii, Německu, Itálii a Španělsku. Většina evropských států měla již k dispozici i svá národní normativní pravidla pro navrhování mostů na účinky teploty a různá konstrukční opatření. Pokyny pro pozemní stavby nebyly v celé řadě národních norem dostatečně zpracované a předběžná norma [2] uváděla jen obecné informace. Během transformace [2] na ČSN EN 1991-1-5 [1] byly použity jako podkladové materiály také české normy ČSN 73 0035 [6], ČSN 73 6203 [7] a ČSN 73 1211 [8].

V normě ČSN EN 1991-1-5 [1] je uvedeno celkem 23 národně stanovených parametrů, prostřednictvím kterých je umožněna volba alternativních postupů navrhování a charakteristických hodnot složek teploty pro různé typy staveb.

Norma ČSN EN 1991-1-5 [1] kromě úvodu obsahuje sedm kapitol a čtyři přílohy A až D (dvě normativní a dvě informativní).

Obsahem kapitoly 1 jsou termíny a definice specifické pro tuto část Eurokódu 1. Poznámává se, že značení použité pro zatížení teplotou u pozemních staveb a mostů není úplně konzistentní.

Kapitola 2 se zabývá klasifikací zatížení teplotou, které se uvažuje jako proměnné a nepřímé zatížení. Charakteristické hodnoty zatížení teplotou, které jsou doporučeny v ČSN EN 1991-1-5 [1], jsou hodnoty s roční pravděpodobností překro-

čení $p = 0,02$. Tyto hodnoty lze upravit pro kratší doby návratu na základě vztahů v normativní příloze A a použít pro navrhování konstrukcí v dočasných návrhových situacích.

Kapitola 3 pojednává o návrhových situacích a odkazuje se na základní normu ČSN EN 1990 [4] pro zásady navrhování konstrukcí.

Kapitola 4 popisuje jednotlivé složky teploty, které jsou používány pro stanovení účinků teploty na konstrukci.

Kapitola 5 poskytuje pokyny pro navrhování pozemních staveb na účinky teploty. Kapitola byla zpracována na základě původních českých norem.

Kapitola 6 se zabývá teplotními změnami u mostů. Jsou zde umožněny dva alternativní postupy výpočtu účinku zatížení nosné konstrukce mostu.

Kapitola 7 uvádí pokyny pro stanovení teplotních změn u průmyslových komínů, potrubí, zásobníků a dalších konstrukcí, které jsou kromě klimatických teplot ovlivňované také provozními teplotami.

Doporučení pro odvození národních izoterm minimálních a maximálních teplot vzduchu ve stínu jsou uvedeny v příloze A, hodnoty rozdílů teplot pro různé tloušťky mostního svršku v příloze B, součinitele teplotní délkové roztažnosti jsou doporučeny v příloze C a příloha D se zabývá pokyny pro stanovení průběhu teplot v pozemních stavbách a přenosem tepla ve stavebních prvcích.

SLOŽKY TEPLoty

Zatížení teplotou se klasifikují jako proměnná a nepřímá zatížení. Teplota vzduchu ve stínu, sluneční záření, rychlost větru a další klimatické podmínky mají vliv na nelineární průběh teplot v konstrukci. V ČSN EN 1991-1-5 [1] jsou rozlišeny čtyři základní složky zatížení teplotou:

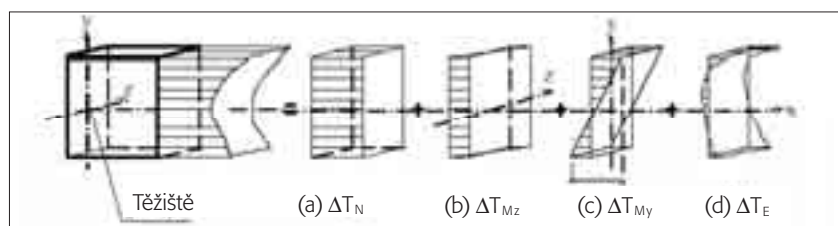
- rovnoměrná složka teploty ΔT_N ;
- rozdíl teplot ve směru osy z ΔT_{Mz} ;
- rozdíl teplot ve směru osy y ΔT_{My} ;
- nelineární složka ΔT_E .

Velikost účinků teplot, např. délkové změny, přetvoření nebo vznik napětí, závisí na geometrii a okrajových podmínkách uvažovaného stavebního prvku a na fyzikálních vlastnostech použitých materiálů.

Rovnoměrná složka teploty ΔT_N (složka (a) na obr. 1) se používá pro stano-

Obr. 1 Schematické znázornění složek teploty

Fig. 1 Components of a temperature profile



vení délkových změn vlivem roztahování a smršťování konstrukce.

Teplotní rozdíly ΔT_M (vodorovná (b) a svislá (c) složka na obr. 1) způsobují deformace a v případě omezení konstrukce také ohybové momenty.

Složka ΔT_E způsobuje nelineární rozdělení teplot po průřezu (složka (d) na obr. 1), o níž se předpokládá, že se vzájemně po průřezu vyrovnává.

TEPLOTNÍ ZMĚNY U POZEMNÍCH STAVEB

Pokud se očekává, že jsou účinky zatížení teplotou podstatné a mezní stavy únosnosti nebo použitelnosti mohou být překročeny, pak musí být při navrhování budovy uvažovány. Je potřebné zohlednit rozdílné materiály, tvary konstrukce a polohu staveniště.

STANOVENÍ TEPLOT

Pro budovy se zatížení teplotou stanoví podle zásad Kapitoly 5 v ČSN EN 1991-1-5 [1] s přihlédnutím k národním klimatickým údajům. Zpravidla jsou uvažovány následující základní veličiny:

- rovnoměrná složka teploty ΔT_N stanovená jako rozdíl mezi průměrnou teplotou nosného prvku T a počáteční teplotou T_0 ,
- rozdíl teplot ΔT_M po průřezu prvku, uvažovaný mezi vnějším a vnitřním povrchem průřezu, nebo na povrchu jednotlivých vrstev,
- rozdíl teplot ΔT_p jednotlivých částí konstrukce, který je dán průměrným rozdílem teplot těchto částí.

Kromě těchto složek mají být příslušně uvažovány místní účinky zatížení teplotou (umístění stavby, konstrukční detaily).

Rovnoměrná složka teploty ΔT_N se stanoví ze vztahu

$$\Delta T_N = T - T_0 \quad (1)$$

kde T je průměrná teplota nosného prvku od klimatických teplot a T_0 je počáteční teplota, při které nastane omezení nosného prvku.

STANOVENÍ ZATÍŽENÍ TEPLOTOU

Teplota T v rovnici (1) se stanoví jako průměrná teplota nosného prvku v letním nebo zimním období a určí se příslušný průběh teploty po průřezu. Je-li prvek složen z několika vrstev materiálu, je teplota T uvažována jako průměrná teplota příslušné vrstvy (na základě teorie přenosu tepla podle přílohy E). Má-li prvek jen jednu vrstvu a podmínky prostředí jsou na jeho vně-

Tab. 1 Informativní teploty vnitřního prostředí T_{in}

Tab. 1 Indicative temperatures of inner environment T_{in}

Období	Teplota T_{in} [°C]
léto	$T_1 = 25$
zima	$T_2 = 20$

Období	Součinitel významu	Teplota T_{out} [°C]
léto	relativní pohltivost podle barvy povrchu	0,5 povrch jasně světlý $T_{max} + T_3$
		0,7 povrch světle zbarvený $T_{max} + T_4$
		0,9 povrch tmavý $T_{max} + T_5$
zima		T_{min}

Tab. 2 Informativní teplota T_{out} pro nadzemní konstrukce.

Tab. 2 Indicative temperatures T_{out} for buildings above the ground level

Tab. 3 Informativní teplota T_{out} pro podzemní konstrukce

Tab. 3 Indicative temperatures T_{out} for underground parts of buildings

Období	Podzemní hloubka [m]	Teplota T_{out} [°C]
léto	< 1	T_6
	> 1	T_7
zima	< 1	T_8
	> 1	T_9

ší i vnitřní straně obdobné, pak se T může přibližně určit jako průměr vnější teploty T_{out} a vnitřní teploty T_{in} . Teplota vnitřního prostředí T_{in} se stanoví podle tab. 1, teplota vnějšího prostředí T_{out} závisí na pohltivosti a orientaci konstrukce a je určena

- pro nadzemní části konstrukce podle tab. 2,
- pro podzemní části konstrukce podle tab. 3.

Maxima je obvykle dosaženo u povrchů orientovaných na západ, jihozápad nebo pro vodorovné povrchy, minima u povrchů orientovaných na sever. Podle orientace konstrukce ke slunečnímu záření se pohybují teploty v rozmezí: T_3 od 0 do 18 °C, T_4 od 2 do 30 °C a T_5 od 4 do 42 °C. Podle ČSN EN 1991-1-5 [1] jsou doporučeny $T_6 = 8$ °C, $T_7 = 5$ °C, $T_8 = -5$ °C a $T_9 = -3$ °C.

ZATÍŽENÍ MOSTŮ TEPLOTOU

Nosné konstrukce mostů se podle ČSN EN 1991-1-5 [1] dělí na tři typy:

- 1 – ocelové nosné konstrukce (ocelové komorové, příhradové nebo plnostěnné nosníky)
- 2 – ocelobetonové nosné konstrukce
- 3 – betonové nosné konstrukce (betonové desky, betonové nosníky, betonové komorové nosníky).

Zatížení mostů teplotou se stanovuje pomocí rovnoměrné a rozdílové složky teploty. V ČSN EN 1991-1-5 [1] jsou doporučeny dva alternativní postupy (lineární nebo nelineární průběh teplot po průřezu), výběr má být proveden v národní příloze (NP).

Rovnoměrná složka teploty závisí na

minimální a maximální teplotě vzduchu ve stínu, které může most v předepsaném časovém období dosáhnout. Výsledkem je řada rovnoměrných teplotních změn, způsobujících délkové změny u prvků, jejichž přetvoření není omezeno.

Minimální a maximální rovnoměrné teploty mostu se stanoví z izoterm minimálních a maximálních teplot vzduchu ve stínu (obr. 2). Hodnoty vycházejí z denního rozsahu teplot 10 °C. Charakteristické hodnoty minimální a maximální teploty vzduchu ve stínu se mají uvažovat podle umístění stavby, s ohledem na národní mapy izoterm. Ve spolupráci s ČHMÚ byly zpracovány dvě mapy s rozsahy maximálních teplot od +32 do +40 °C (průměrná teplota 37,4 °C) a minimálních teplot od -28 do -36 °C (průměrná teplota je -31,3 °C), které jsou uvedeny v NP.

Teploty vzduchu ve stínu jsou vztaženy k průměrné nadmořské výšce ve volné krajině s padesátiletou střední dobou návratu. Pro jiné doby návratu, nadmořské výšky a místní podmínky, např. pro oblasti větších mrazů, lze tyto hodnoty upravit podle doporučení v příloze A.

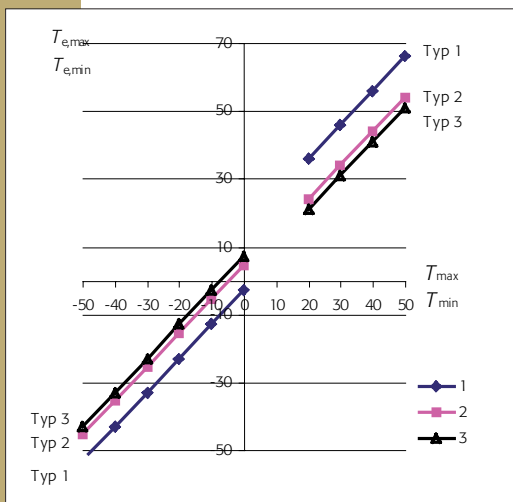
ROZSAH ROVNOMĚRNÝCH TEPLOT

Charakteristická hodnota maximálního rozsahu záporných rovnoměrných teplot mostu $\Delta T_{N,neg}$ se určí podle vztahu

$$\Delta T_{N,neg} = T_0 - T_{e,min} \quad (2)$$

a charakteristická hodnota maximálního rozsahu kladných účinných teplot mostu $\Delta T_{N,pos}$ podle vztahu

$$\Delta T_{N,pos} = T_{e,max} - T_0 \quad (3)$$



Obr. 2 Vztah mezi minimální/maximální teplotou vzduchu ve stínu (T_{\min}/T_{\max}) a minimální/maximální rovnoměrnou teplotou mostu ($T_{e,\min}/T_{e,\max}$)

Fig. 2 Relationship between minimum/maximum shade air temperature (T_{\min}/T_{\max}) and minimum/maximum uniform bridge temperature component ($T_{e,\min}/T_{e,\max}$).

Celkový rozsah účinných teplot mostu je tedy $T_N = T_{e,\max} - T_{e,\min}$.

ROZDÍLOVÁ SLOŽKA TEPLOT

Oteplování a ochlazování horního povrchu nosné konstrukce mostu v daném časovém intervalu vyvodí největší kladnou změnu teploty (horní povrch je teplejší) a největší zápornou změnu teploty (dolní povrch je teplejší).

Účinky v konstrukci způsobují tyto vlivy:

- omezení volné křivosti způsobené typem konstrukce (např. spojitě nosníky);
- valivé tření v ložiscích;
- nelineární geometrické účinky (účinky 2. řádu).

V NP k ČSN EN 1991-1-5 [1] byl vybrán postup s nelineárním průběhem teplot (postup 2), který přesněji vystihuje průběh teplot po průřezu. Ve specifických případech konkrétního projektu se umožňuje zvolit zjednodušený postup 1 a použít doporučené hodnoty rozdílů teplot $\Delta T_{M,\text{heat}}$ a $\Delta T_{M,\text{cool}}$ podle tab. 4. Použití postupu 1 se pro spřažené ocelobetonové nosné konstrukce typu 2 nedoporučuje.

Lineární rozdílly teplot jsou uvedeny

Tab. 4 Charakteristické hodnoty lineárních rozdílů teplot pro mostní konstrukce typu 1 a 3

Tab. 4 Characteristic values of linear temperature difference component for bridge decks of type 1 and 3

Typ nosné konstrukce	Horní povrch teplejší než dolní	Dolní povrch teplejší než horní
	$\Delta T_{M,\text{heat}}$ [°C]	$\Delta T_{M,\text{cool}}$ [°C]
1 – ocelová nosná konstrukce	18	13
3 – betonová nosná konstrukce		
– betonový komorový nosník	10	5
– betonový nosník	15	8
– betonová deska	15	8

v tabulce 4. Hodnoty teplot vycházejí z tloušťky mostního svršku 50 mm. Pro jiné tloušťky mostního svršku lze hodnoty vynásobit součinitelem k_{sur} dle tab. 5.

Modely nelineárních rozdílů teplot jsou doporučené podle typu nosné konstrukce mostu v normativní příloze B, hodnoty se téměř neliší od tabulek v ČSN 73 6203 [7].

Většinou stačí uvažovat rozdělení teplot ve svislém směru průřezu. V některých případech je však potřeba počítat s rozdílem teplot ve vodorovném směru, např. z hlediska orientace mostu vůči slunečnímu záření. Nejsou-li přesnější údaje, předpokládá se lineární rozdíl teplot 5 °C.

V některých případech je nutné uvažovat současné působení rozdílů teplot T_M s rovnoměrnou složkou teploty T_N , a to např. u rámových konstrukcí. ČSN EN 1991-1-5 [1] doporučuje následující vztahy:

$$\Delta T_{M,\text{heat}} \text{ (nebo } \Delta T_{M,\text{cool}}) + \omega_N \Delta T_{N,\text{exp}} \text{ (nebo } \Delta T_{N,\text{con}}) \text{ nebo (4)}$$

$$\omega_M \Delta T_{M,\text{heat}} \text{ (nebo } \Delta T_{M,\text{cool}}) + \Delta T_{N,\text{exp}} \text{ (nebo } \Delta T_{N,\text{con}}), \text{ (5)}$$

kde se má stanovit nejméně příznivý účinek a doporučuje se použít hodnot $\omega_N = 0,35$ a $\omega_M = 0,75$.

Pokud mohou vyvolat rozdíly účinných teplot mezi různými typy prvků nepříznivé zatěžovací účinky, pak je zapotřebí s těmito účinky počítat. Navíc se doporučuje ve všech prvcích přepokládat vliv vyvolaný rozdílem účinné teploty 15 °C

mezi hlavními nosnými prvky (např. mezi táhlem a obloukem, mezi nosnými kabelemi a hlavní nosnou konstrukcí).

TEPLOTNÍ ZMĚNY U PRŮMYSLYVÝCH KOMÍNŮ, POTRUBÍ, ZÁSOBNÍKŮ A CHLADICÍCH VĚŽÍ

Konstrukce, které jsou ve styku s horkými kouřovými plyny nebo s horkými materiály (např. komíny, potrubí a nádrže), se musí navrhovat na zatížení teplotou. Hodnoty provozní teploty se získají z projektových specifikací a zohlední průběh teplot v normálních provozních podmínkách a také v mimořádných situacích.

Při stanovení účinků klimatických teplot se má vycházet z národních map izoterm. Na rozdíl od mostů neuvádí norma ČSN EN 1991-1-5 [1] vztah mezi rovnoměrnou složkou teploty a teplotou vzduchu ve stínu pro průmyslové objekty. Odvození charakteristických hodnot zatížení teplotou závisí na vlastnostech materiálu, orientaci a umístění prvku a je funkcí maximálních a minimálních teplot vzduchu ve stínu, slunečního záření a technologických teplot.

Komíny a potrubí jsou také vystaveny slunečnímu záření. Charakteristické hodnoty slunečního záření se musí stanovit v souladu s meteorologickými stanicemi příslušné členské země nebo podle projektových specifikací.

SOUČASNÉ PŮSOBENÍ SLOŽEK TEPLOT

Jestliže je přihlédnuto pouze k účinkům zatížení teplotou od klimatických vlivů, doporučuje se uvažovat současně tyto složky (obr. 3):

- rovnoměrná složka teploty (a),
- stupňovitý průběh (b),
- lineární rozdílly teplot mezi vnitřním a vnějším povrchem stěny (c).

Je-li brán zřetel na kombinaci zatížení

Tab. 5 Součinitele k_{sur} pro různé tloušťky mostního svršku.

Tab. 5 Coefficients k_{sur} for different surfacing thickness

Mosty pozemních komunikací, lávky pro chodce a železniční mosty – k_{sur}	ocelové		betonové	
	horní povrch teplejší než dolní	dolní povrch teplejší než horní	horní povrch teplejší než dolní	dolní povrch teplejší než horní
Tloušťka mostního svršku [mm]				
bez svršku	0,7	0,9	0,8	1,1
hydroizolace	1,6	0,6	1,5	1,0
50	1,0	1,0	1,0	1,0
100	0,7	1,2	0,7	1,0
150	0,7	1,2	0,5	1,0
štěrkové lože	0,6	1,4	0,6	1,0

teplotou od klimatických účinků a provozních vlivů (např. u tekutin nebo kouřových plynů), mají být vzaty v úvahu současně:

- rovnoměrná složka teploty způsobená teplotou kouřových plynů,
- lineární rozdíly teplot,
- stupňovitý průběh.

Jestliže je uvažován stupňovitý průběh teplot, má být kombinován s účinky větru příslušné rychlosti (včetně kmitání konstrukce účinky větru a oválování) tak, aby bylo získáno maximální namáhání od těchto klimatických jevů.

PŘÍKLAD STANOVENÍ ZATÍŽENÍ

TEPLOU NA MOSTĚ

Nosná konstrukce mostu o dvou polích (obr. 4) je typu 3 (betonový dvoutrám). Stavba se nachází u Prahy.

Charakteristické hodnoty minimální teploty vzduchu ve stínu $T_{\min} = -32\text{ °C}$ a maximální teploty $T_{\max} = +40\text{ °C}$ lze odečíst v NP z map izoterm. Rovnoměrná složka teploty je stanovena z obr. 2:

pro $T_{\min} = -32\text{ °C}$ je minimální rovnoměrná teplota $T_{e,\min} = -22\text{ °C}$,

pro $T_{\max} = +40\text{ °C}$ je maximální rovnoměrná teplota $T_{e,\max} = +41\text{ °C}$.

Charakteristická hodnota rovnoměrné teploty je dána

$$\Delta T_{N,\text{neg}} = T_{e,\min} - T_0 = -22 - 10 = -32\text{ [°C]};$$

$$\Delta T_{N,\text{pos}} = T_{e,\max} - T_0 = 40 - 10 = 30\text{ [°C]},$$

kde T_0 je počáteční teplota mostu, uvažuje se $T_0 = 10\text{ °C}$. Celkový rozsah účinné teploty mostu je $\Delta T_N = 62\text{ °C}$.

Rozdílová složka ΔT_M je stanovena pro tloušťku svršku 50 mm (tab. 4). Pro tloušťku svršku 0,09 m se uváží redukční součinitel k_{sur} (tab. 5):

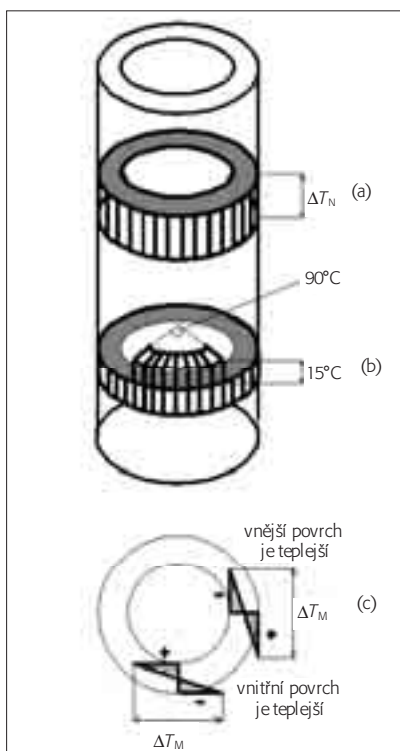
$$\Delta T_{M,\text{pos}} = 15 k_{\text{sur}} = 15 \cdot 0,76 = 11,4\text{ [°C]};$$

$$\Delta T_{M,\text{neg}} = -8 k_{\text{sur}} = -8 \cdot 1 = -8\text{ [°C]}.$$

Návrhové hodnoty zatížení teplotou se stanoví přenásobením charakteristických hodnot příslušnými dílčími součiniteli zatížení γ_θ . Pokud by se ověřoval mezní stav únosnosti typu STR, pak je podle ČSN EN 1990 doporučena hodnota $\gamma_\theta = 1,5$, což představuje zvýšení proti

Obr. 4 Průřez silničního mostu

Fig. 4 Cross-section of a road bridge



Obr. 3 Složky teploty pro potrubí, síla, nádrže a chladičové věže

Fig. 3 Temperature components for pipelines, silos, tanks and cooling towers

původní ČSN, kde byla doporučena nižší hodnota $\gamma_\theta = 1,3$.

ZÁVĚREČNÉ POZNÁMKY

Norma ČSN EN 1991-1-5 popisuje zásady a aplikační pravidla pro zatížení pozemních staveb, mostů a dalších staveb teplotou.

Pro používání ČSN EN 1991-1-5 je důležité znát informace o teplotách v místě stavby. Základní údaje jsou uvedeny v NP včetně dvou map maximálních a minimálních teplot vzduchu ve stínu s padesátiletou dobou návratu. U mostů se v NP upřednostnil model nelineárního

průběhu teplot po průřezu před modelem lineárním.

V současné době se na našem území provádějí měření teplot na několika vybraných mostech. Experimentální výsledky budou porovnány s doporučenými teoretickými modely a případně v budoucnosti zohledněny v NP.

Příspěvek vznikl jako součást řešení projektu č. 1H-PK/26 „Optimalizace spolehlivosti staveb a kalibrace norem EU“ podporovaného MPO ČR.

Prof. Ing. Milan Holický, DrSc.

e-mail: holicky@klok.cvut.cz

Ing. Jana Marková, Ph.D.

oba: Kloknerův ústav ČVUT v Praze

Šolínova 7, 166 08 Praha 6

tel.: 224 343 842, fax: 224 355 232

Literatura:

- [1] ČSN EN 1991-1-5 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou, ČNI, 2005
- [2] ČSN P ENV 1991-2-5 Eurokód 1: Zásady navrhování a zatížení konstrukcí – Část 2-5: Zatížení konstrukcí – Zatížení teplotou, ČNI, 1999
- [3] König G.: New European code for thermal actions, Background documents, Italy, 1996
- [4] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, ČNI, 2004
- [5] ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou, ČNI, 2005
- [6] ČSN 73 0035 Zatížení stavebních konstrukcí, ČNI, 1986
- [7] ČSN 73 6203 Zatížení mostů, ČNI, 1986
- [8] ČSN 73 1211 Navrhování betonových konstrukcí panelových budov, ČNI, 1988

