

Mieczysław LEŚKO, Mirosław KOTASIŃSKI

TEMPERATURA POWIERZCHNIOWA NAWIERZCHNI Z BETONU CEMENTOWEGO

Streszczenie. W opracowaniu omówiono metodę określania obliczeniowej temperatury powierzchniowej wywołanej zmianami temperatury otaczającego powietrza z uwzględnieniem jej rozkładu w czasie doby. Wymieniona temperatura ma istotny wpływ na naprężenia termiczne w nawierzchniach z betonu cementowego.

SURFACE TEMPERATURE OF THE CEMENT CONCRETE PAVEMENT

Summary. This study presents the method of defining analytical surface temperature caused by temperature changes of the ambient air, including the twenty-four hours' distribution. This temperature has got essential influence on thermal stresses of the cement concrete pavement.

OBERFLÄCHENTEMPERATUR DER ZEMENTBETONDECKEN

Zusammenfassung. In dieser Bearbeitung wird die Bestimmungsmethode der rechnerischen Oberflächentemperatur besprochen. Bei dieser Bestimmung berücksichtigt man die Lufttemperaturänderungen und ihrer Einteilung binnen 24 Stunden. Die Oberflächentemperatur übt einen wesentlichen Einfluss auf Temperaturspannungen in Zementbetondecken aus.

1. OBLICZENIOWA TEMPERATURA POWIERZCHNIOWA NAWIERZCHNI Z BETONU CEMENTOWEGO

Obliczeniową temperaturę powierzchniową nawierzchni z betonu cementowego należy przyjmować na podstawie danych meteorologicznych jako maksymalną lub minimalną temperaturę otaczającego powietrza dla danego miesiąca roku $t_0^{\max/\min}$ skorygowaną o równoważny wskaźnik powiększenia temperatury Δt_{row} oraz poprawkę Δt_{op} uwzględniającą stopień bezpieczeństwa p . Dla nawierzchni o obliczeniowym okresie n lat eksploatacji stopień bezpieczeństwa p temperatury obliczeniowej przyjmuje się równy $n^{-1} \cdot 100\%$. Przy takich założeniach maksymalna (minimalna) temperatura obliczeniowa powierzchni płyt nawierzchni $t_{p,p}^{\max/\min}$ jest równa [1]:

$$t_{p,p}^{\max/\min} = t_0^{\max/\min} + \Delta t_{\text{row}} \pm \Delta t_{\text{op}}, \quad (1)$$

$$\Delta t_{\text{row}} = \frac{e \cdot J \cdot K_{12}}{a_n}, \quad (2)$$

$$J = S + D, \quad (3)$$

gdzie:

$t_{p,p}^{\max/\min}$ - maksymalna/minimalna powierzchniowa temperatura obliczeniowa nawierzchni, °C,

$t_0^{\max/\min}$ - średnia maksymalna/minimalna temperatura dobowa otaczającego powietrza dla danego miesiąca roku, °C,

Δt_{row} - równoważny wskaźnik zwiększenia temperatury pochodzącego od promieniowania słonecznego, °C,

Δt_{op} - poprawka, °C,

znak "+", "-" - przyjmuje się odpowiednio przy określaniu temperatury maksymalnej i minimalnej,

J - natężenie promieniowania słonecznego w ciągu doby, W/m^2 ,

a_n - współczynnik przejmowania (wnikania) ciepła przez nawierzchnię, $W/m^2 \cdot K$,

K_{12} - współczynnik przeliczeniowy równy 0,112,

S - natężenie promieniowania bezpośredniego na płaszczyznę poziomą w ciągu doby, W/m^2 ,

D - natężenie promieniowania rozproszonego w ciągu doby, W/m^2 .

Na górnej granicy atmosfery natężenie promieniowania odpowiada stałej słonecznej $J_0 = 1,396 \times 10^{-7} W \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}$. W miarę wnikania wiązki promieni w atmosferę obserwuje się zjawisko odbicia od drobin gazów, pyłów, a zwłaszcza powierzchni chmur części promieni, które powracają w przestrzeń międzyplanetarną. Pozostała część promieniowania bierze udział w procesach rozpraszania (zmiana pierwotnego, prostoliniowego przebiegu promieni) i pochłaniania.

Przy całkowitym zachmurzeniu do powierzchni Ziemi dociera wyłącznie promieniowanie rozproszone D . Natomiast przy braku chmur energia słoneczna dociera głównie w postaci promieniowania bezpośredniego, jednak promieniowanie całkowite zawiera, nawet w takim przypadku, również promieniowanie rozproszone przez drobiny gazów, pyły itp.

Z badań [1] wynika, że maksymalne natężenie promieniowania słonecznego ulega obniżeniu pod wpływem zanieczyszczeń powietrza o $30 \div 50\%$.

W celu określenia $\Delta t_{r\acute{o}w}$ należy wprowadzić poprawkę K_z uwzględniającą stopień osłabienia promieniowania słonecznego wynikającego z ewentualnego zapylenia powietrza w rejonie portu lotniczego lub drogi samochodowej.

W tablicach 1, 2, 3 zestawiono wyniki obliczeń $\Delta t_{r\acute{o}w}$ oraz t_p^{\max} dla nawierzchni z betonu cementowego o współczynniku pochłaniania promieniowania słonecznego e_z , równym odpowiednio 0,65, 0,76 i 0,83. Współczynnik K_z uwzględniającego zapylenie powietrza w rejonie portu lotniczego lub drogi przyjęto równy 0,65.

Wartości w °C równoważnego wskaźnika powiększenia temperatury pod wpływem promieniowania słonecznego $\Delta t_{r\acute{o}w}$,

średniej maksymalnej dobowej temperatury otaczającego powietrza t_o^{max} oraz maksymalnej temperatury powierzchniowej t_p^{max} nawierzchni z betonu cementowego o współczynniku pochłaniania promieniowania słonecznego $e = 0,65$

Strefa klimatyczna	Marzec			Kwiecień			Maj			Czerwiec			Lipiec			Sierpień			Wrzesień			Październik			Listopad		
	$\Delta t_{r\acute{o}w}$	t_o^{max}	t_p^{max}	$\Delta t_{r\acute{o}w}$	t_o^{max}	t_p^{max}	$\Delta t_{r\acute{o}w}$	t_o^{max}	t_p^{max}	$\Delta t_{r\acute{o}w}$	t_o^{max}	t_p^{max}	$\Delta t_{r\acute{o}w}$	t_o^{max}	t_p^{max}	$\Delta t_{r\acute{o}w}$	t_o^{max}	t_p^{max}	$\Delta t_{r\acute{o}w}$	t_o^{max}	t_p^{max}	$\Delta t_{r\acute{o}w}$	t_o^{max}	t_p^{max}	$\Delta t_{r\acute{o}w}$	t_o^{max}	t_p^{max}
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
I	5,4	2,0	7,7	7,8	10,0	17,8	9,8	18,4	28,2	11,3	23,3	34,6	10,7	22,7	33,4	8,5	20,7	29,2	6,6	18,2	24,8	4,3	12,0	16,3	1,2	5,6	6,8
II	5,4	2,5	7,9	7,7	9,4	17,1	9,8	17,1	26,9	12,5	21,6	34,1	11,2	22,4	33,6	8,8	19,9	28,7	7,5	18,5	26,0	4,4	11,9	16,3	1,2	1,9	3,1
III	5,3	5,1	10,4	7,7	11,0	18,7	9,8	18,2	28,0	11,0	20,7	31,7	11,0	23,1	34,1	8,7	20,9	29,6	6,1	20,2	26,3	4,2	13,7	17,9	1,0	2,9	3,9
IV	5,2	4,1	9,3	7,6	6,2	13,8	10,6	15,8	26,4	11,8	19,1	30,9	10,7	27,0	37,7	8,5	17,5	26,0	7,3	17,8	25,1	3,1	11,2	14,3	1,0	3,9	4,9
V	5,0	5,7	10,7	7,4	7,1	14,5	10,5	16,5	27,0	11,8	19,4	31,2	10,4	21,3	31,7	9,8	19,1	28,9	7,0	19,2	26,2	3,2	12,1	15,3	1,0	4,6	5,6
VI	5,0	3,5	8,5	7,2	6,9	14,1	10,4	18,9	29,3	13,1	21,0	34,1	10,3	29,0	39,3	9,5	19,0	28,5	6,5	18,7	25,6	3,0	12,2	15,2	1,8	4,1	5,9
VII	5,1	1,8	6,9	7,7	8,4	16,1	10,2	17,6	27,8	12,0	22,6	34,6	10,6	21,0	31,6	10,0	18,3	28,3	7,2	17,4	24,6	3,1	10,8	13,9	1,1	1,2	2,3
VIII	5,1	2,0	7,1	7,5	9,0	16,5	11,1	18,1	29,2	12,0	24,2	36,2	12,0	22,2	34,2	9,8	19,3	29,1	7,1	17,6	24,7	3,3	10,9	14,2	1,3	0,6	1,9
IX	5,6	1,4	7,0	7,8	10,6	18,4	10,1	18,0	28,1	12,6	23,3	35,9	12,6	22,8	33,7	10,2	21,0	31,2	6,4	18,4	24,8	4,3	12,3	16,6	1,2	1,1	2,3
X	5,3	2,7	8,0	7,7	11,4	19,1	9,9	18,0	27,9	12,6	22,5	35,1	12,6	23,2	34,0	10,0	21,2	31,2	7,6	18,4	26,0	4,4	12,5	16,9	2,2	1,3	3,5
XI	5,6	4,8	10,4	7,9	9,6	17,5	10,0	16,8	26,8	11,2	17,9	29,1	11,2	21,1	32,6	10,2	19,5	29,7	6,5	18,9	25,4	4,4	13,1	17,5	1,2	3,0	4,2
XII	5,9	1,8	7,7	8,2	6,3	14,5	10,1	13,6	23,7	10,2	15,0	25,2	10,2	18,6	28,5	9,2	16,5	25,7	6,7	16,0	22,7	4,5	9,9	14,4	1,2	0,6	1,8
XIII	5,9	2,2	8,1	8,2	12,2	20,4	8,8	17,6	26,4	10,3	22,1	32,4	10,3	22,6	34,0	9,2	22,6	31,8	6,6	19,3	25,9	4,3	13,4	17,7	2,1	1,8	3,9
XIV	5,9	1,9	7,8	8,2	8,3	16,5	8,8	13,8	22,6	10,4	17,2	27,6	10,4	19,4	29,5	9,2	19,4	28,6	6,8	17,0	23,8	5,2	11,2	16,4	2,7	0,0	2,7
War. śred. dla całej Polski	5,4	3,0	8,4	7,8	9,0	16,8	10,0	17,0	27,0	11,6	20,7	32,3	10,8	22,6	33,4	9,4	19,6	29,0	6,9	18,3	25,1	14,0	11,9	15,9	1,4	2,3	3,8
Odechylenie standardowe S	0,3	1,3	1,2	0,3	1,9	1,9	0,6	1,6	1,8	0,9	2,5	3,1	0,6	2,5	2,7	0,6	1,5	1,7	0,4	1,0	0,9	0,6	1,0	1,3	0,5	1,6	1,5

Wartości w °C równoważnego wskaźnika powiększenia temperatury pod wpływem promieniowania słonecznego Δt_{rdw} ,średniej maksymalnej dobowej temperatury otaczającego powietrza t_o^{max} oraz maksymalnej temperatury powierzchniowej t_p^{max} nawierzchni z betonu cementowego o współczynniku pochłaniania promieniowania słonecznego $\epsilon = 0,76$

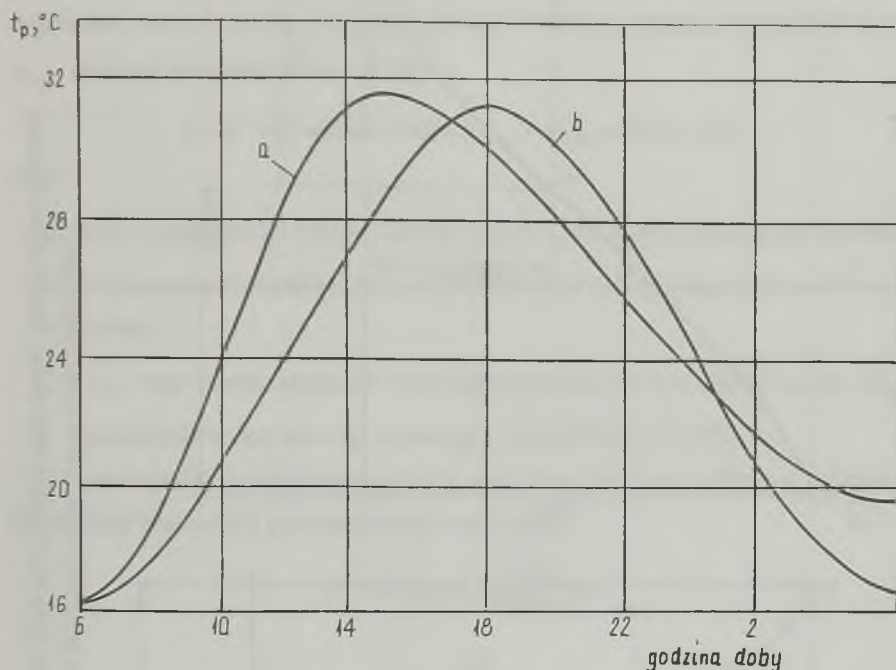
Strefa klimatyczna	Marzec			Kwiecień			Maj			Czerwiec			Lipiec			Sierpień			Wrzesień			Październik			Listopad		
	Δt_{rdw}	t_o^{max}	t_p^{max}	Δt_{rdw}	t_o^{max}	t_p^{max}	Δt_{rdw}	t_o^{max}	t_p^{max}	Δt_{rdw}	t_o^{max}	t_p^{max}	Δt_{rdw}	t_o^{max}	t_p^{max}	Δt_{rdw}	t_o^{max}	t_p^{max}	Δt_{rdw}	t_o^{max}	t_p^{max}	Δt_{rdw}	t_o^{max}	t_p^{max}	Δt_{rdw}	t_o^{max}	t_p^{max}
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
I	6,3	2,0	8,3	9,1	10,0	19,1	11,4	18,4	29,8	13,2	23,3	36,5	12,5	22,7	35,2	9,9	20,7	30,6	7,7	18,2	25,9	5,0	12,0	17,0	1,4	5,6	7,0
II	6,3	2,5	8,8	9,0	9,4	18,4	11,4	17,1	28,5	14,7	21,6	36,3	13,1	22,4	35,5	10,3	19,9	30,2	8,7	18,5	27,2	5,1	11,9	17,0	1,4	1,9	3,3
III	6,3	5,1	11,4	9,0	11,0	20,0	11,4	18,2	29,6	12,9	20,7	33,6	12,9	23,1	36,0	10,2	20,9	31,1	7,1	20,2	27,3	4,9	13,7	18,6	1,2	2,9	4,1
IV	6,1	4,1	10,2	8,8	6,2	15,0	12,4	15,8	28,2	13,8	19,1	32,9	12,6	27,0	39,6	10,0	17,5	27,5	8,5	17,8	26,3	3,7	11,2	14,9	1,2	3,9	5,1
V	5,9	5,7	11,6	8,7	7,1	15,8	12,3	16,5	28,8	13,8	19,4	33,2	12,2	21,3	33,5	11,4	19,1	30,5	8,2	19,2	27,4	3,7	12,1	15,8	1,1	4,6	5,7
VI	5,8	3,5	9,3	8,5	6,9	15,4	12,2	18,9	31,1	15,3	21,0	36,3	12,1	29,0	41,1	11,1	19,0	30,1	8,1	18,7	26,8	3,5	12,2	15,7	2,1	4,1	6,2
VII	5,9	1,8	7,7	8,9	8,4	17,3	11,9	17,6	29,5	14,1	22,6	36,7	12,4	21,0	33,4	11,7	18,3	30,0	8,4	17,4	25,8	3,6	10,8	14,4	1,3	1,2	2,5
VIII	5,9	2,0	7,9	8,8	9,0	17,8	12,9	18,1	31,0	14,0	24,2	38,2	14,0	22,2	36,2	11,5	19,3	30,8	8,3	17,6	25,9	3,8	10,9	14,7	1,5	0,6	2,1
IX	6,6	1,4	8,0	9,2	10,6	19,8	11,8	18,0	29,8	14,7	23,3	38,0	12,7	22,8	35,5	11,9	21,0	32,9	7,5	18,4	25,9	5,0	12,3	17,3	1,4	1,1	2,5
X	6,2	2,7	8,9	9,0	11,4	20,4	11,6	18,0	29,6	14,7	22,5	37,2	12,6	23,2	35,8	11,7	21,2	32,9	8,9	18,4	27,3	5,1	12,5	17,6	2,5	1,3	3,8
XI	6,6	4,8	9,3	9,3	9,6	18,9	11,7	16,8	28,5	13,1	17,9	31,0	13,4	21,1	34,5	11,9	19,5	31,4	7,6	18,9	26,5	5,1	13,1	18,2	1,4	3,0	4,4
XII	7,0	1,8	8,8	9,6	6,3	15,9	11,9	13,6	25,5	11,9	15,0	26,9	11,6	18,6	30,2	10,8	16,5	27,3	7,9	16,0	23,9	5,2	9,9	15,1	1,5	0,6	2,1
XIII	6,9	2,2	9,1	9,5	12,2	21,7	10,3	17,6	27,9	12,0	22,1	34,1	13,3	22,6	35,9	10,7	22,6	33,4	7,7	19,3	27,0	5,0	13,4	18,4	2,5	1,8	4,3
XIV	6,9	1,9	8,8	9,6	8,3	17,9	10,3	13,8	24,1	12,1	17,2	29,3	11,8	19,4	31,2	10,8	19,4	30,1	8,0	17,0	25,0	6,1	11,2	17,3	3,2	0,0	3,2
Wart. śred. dla całej Polski	6,3	3,0	9,2	9,1	9,0	18,1	11,7	17,0	28,7	13,6	20,7	34,3	12,7	22,6	35,3	11,0	19,6	30,6	8,0	18,3	26,3	4,6	11,9	16,6	1,7	2,3	4,0
OchYLECIE standardowe S	0,2	1,3	1,1	0,3	1,9	1,9	0,7	1,6	1,8	1,1	2,5	3,2	0,6	2,5	2,7	0,7	1,5	1,7	0,5	1,0	0,9	0,7	1,0	1,4	0,6	1,6	1,4

Wartości w °C równoważnego wskaźnika powiększenia temperatury pod wpływem promieniowania słonecznego Δt_{rdw} ,
 średniej maksymalnej dobowej temperatury otaczającego powietrza t_o^{max} oraz maksymalnej temperatury powierzchniowej t_p^{max} nawierzchni z betonu cementowego
 o współczynniku pochłaniania promieniowania słonecznego $e = 0,83$

Strefa klimatyczna	Marzec			Kwiecień			Maj			Czerwiec			Lipiec			Sierpień			Wrzesień			Październik			Listopad				
	Δt_{rdw}	t_o^{max}	t_p^{max}	Δt_{rdw}	t_o^{max}	t_p^{max}	Δt_{rdw}	t_o^{max}	t_p^{max}	Δt_{rdw}	t_o^{max}	t_p^{max}	Δt_{rdw}	t_o^{max}	t_p^{max}	Δt_{rdw}	t_o^{max}	t_p^{max}	Δt_{rdw}	t_o^{max}	t_p^{max}	Δt_{rdw}	t_o^{max}	t_p^{max}	Δt_{rdw}	t_o^{max}	t_p^{max}	Δt_{rdw}	t_o^{max}
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
I	6,9	2,0	8,9	9,9	10,0	19,9	12,5	18,4	30,9	14,4	23,3	37,7	13,7	22,7	36,4	10,8	20,7	31,5	8,4	18,2	26,6	5,5	12,0	17,5	1,5	5,6	7,1		
II	6,9	2,5	9,4	9,8	9,4	19,2	12,5	17,1	29,6	16,0	21,6	37,6	14,3	22,4	36,7	11,3	19,9	31,2	9,5	18,5	28,0	5,6	11,9	17,5	1,6	1,9	3,5		
III	6,8	5,1	11,9	9,8	11,0	20,8	12,5	18,2	30,7	14,0	20,7	34,7	14,1	23,1	37,2	11,1	20,9	32,0	7,8	20,2	28,0	5,4	13,7	19,1	1,3	2,9	4,2		
IV	6,6	4,1	10,7	9,6	6,2	15,8	13,5	15,8	29,3	15,1	19,1	34,2	13,7	27,0	40,7	10,9	17,5	28,4	9,3	17,8	27,1	4,0	11,2	15,2	1,3	3,9	5,2		
V	6,4	5,7	12,1	9,5	7,1	16,6	13,4	16,5	29,9	15,1	19,4	34,5	13,3	21,3	34,6	12,5	19,1	31,6	8,9	19,2	28,1	4,0	12,1	16,1	1,2	4,6	5,8		
VI	6,3	3,5	9,8	9,2	6,9	16,1	13,3	18,9	32,2	16,7	21,0	37,7	13,2	29,0	42,2	12,1	19,0	31,1	8,9	18,7	27,6	3,8	12,2	16,0	2,3	4,1	6,4		
VII	6,5	1,8	8,3	9,8	8,4	18,2	13,0	17,6	30,6	15,3	22,6	37,9	13,6	21,0	34,6	12,8	18,3	31,1	9,2	17,4	26,6	4,0	10,8	14,8	1,4	1,2	2,6		
VIII	6,5	2,0	8,5	9,6	9,0	18,6	14,1	18,1	32,2	15,3	24,2	39,5	15,3	22,2	37,5	12,5	19,3	31,8	9,1	17,6	26,7	4,2	10,9	15,1	1,5	0,6	2,2		
IX	7,2	1,4	8,6	10,0	10,6	20,6	12,9	18,0	30,9	16,1	23,3	39,4	13,9	22,8	36,7	13,0	21,0	34,0	8,2	18,4	26,6	5,4	12,3	17,7	1,6	1,1	2,7		
X	6,8	2,7	9,5	9,8	11,4	21,2	12,7	16,8	29,5	16,0	22,5	38,5	13,8	23,2	37,0	12,8	21,2	34,0	9,7	18,4	28,1	5,6	12,5	18,1	2,8	1,3	4,1		
XI	7,2	4,8	12,0	10,1	9,6	19,7	12,7	13,6	26,3	14,3	17,9	32,2	14,6	21,1	35,7	13,0	19,5	32,5	8,3	18,9	27,2	5,6	13,1	18,7	1,5	3,0	4,5		
XII	7,6	1,8	9,4	10,5	6,3	16,8	13,0	17,6	30,6	13,0	15,0	28,0	12,7	18,6	31,3	11,8	16,5	28,3	8,6	16,0	24,6	5,7	9,9	15,6	1,6	0,6	2,2		
XIII	7,5	2,2	9,7	10,4	12,2	22,6	11,2	13,8	25,0	13,1	22,1	35,2	14,6	22,6	37,2	11,7	22,6	34,3	8,4	19,3	27,7	5,5	13,4	18,9	2,7	1,8	4,5		
XIV	7,5	1,9	9,4	10,5	8,3	18,8	11,3	13,8	25,1	13,2	17,2	30,4	12,9	19,4	32,3	11,7	19,4	31,1	8,7	17,0	25,7	6,7	11,2	17,9	3,5	0,0	3,5		
War. śred. dla całej Polski	6,9	3,0	9,9	9,9	9,0	18,9	12,8	17,0	29,8	14,8	20,7	35,5	13,8	22,6	36,4	12,0	19,6	31,6	8,8	18,3	27,0	5,1	11,9	17,0	2,0	2,3	4,3		
Odczytanie standardowe S	0,4	1,3	1,3	0,4	1,9	1,9	0,8	1,6	1,9	1,2	2,5	3,3	0,6	2,5	2,7	0,8	1,5	1,7	0,5	1,0	0,9	0,8	1,0	1,5	0,7	1,6	1,5		

2. DOBOWE ZMIANY TEMPERATURY POWIERZCHNIOWEJ NAWIERZCHNI Z BETONU CEMENTOWEGO

Zmianę temperatury powierzchni płyt drogowych i lotniskowych z betonu cementowego w czasie doby w przybliżeniu przyjmuje się z krzywej harmonicznej (rys. 1). Jednak ten sposób rozwiązania odbiega od wyników empirycznych.

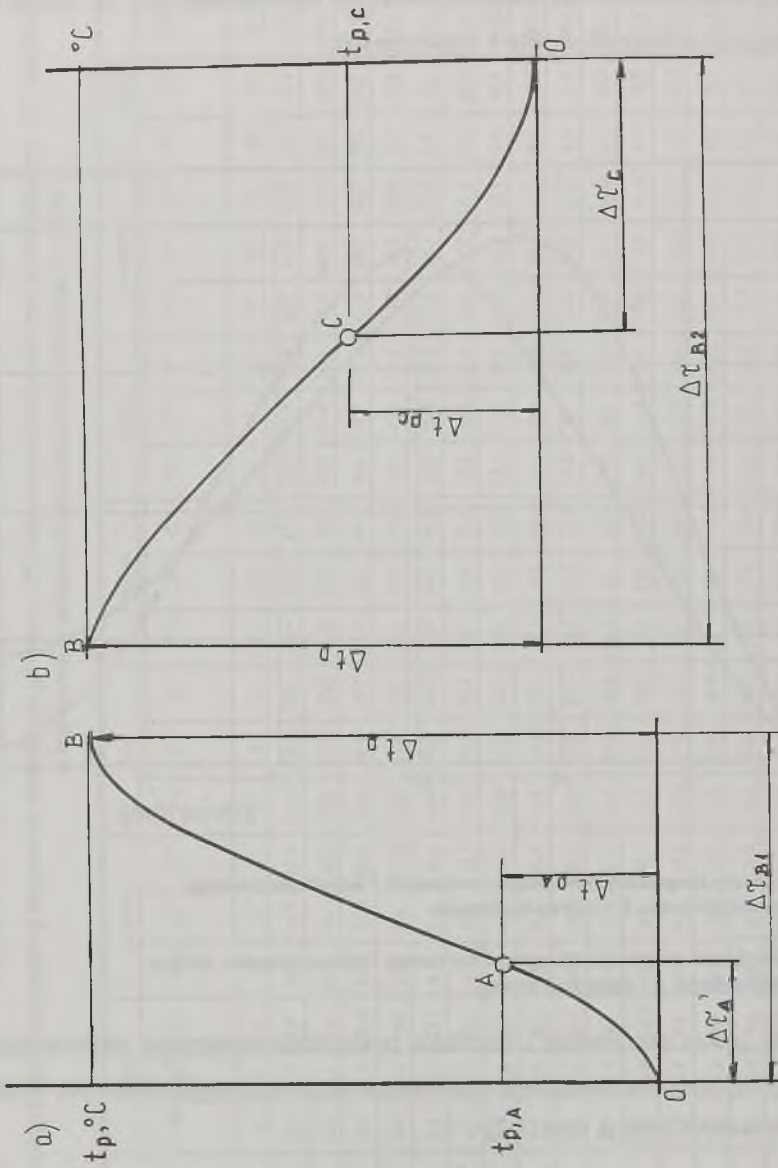


Rys.1. Dobowe zmiany temperatury powierzchni nawierzchni z betonu cementowego:
a - krzywa empiryczna, b - krzywa teoretyczna

Fig.1. Twenty-four hours' temperature changes of the cement concrete pavement surface:
a - empirical curve, b - theoretical curve

Rzeczywisty proces nagrzewania i oziębiania powierzchni nawierzchni odpowiadający danym empirycznym można przedstawić odpowiednio za pomocą dwóch krzywych OAB i BCO (rys.2) opisanych funkcją typu [1,2]:

$$Y = K \cdot X^b \cdot \exp(-cx), \quad (4)$$



Rys. 2. Krzywa dobowych zmian temperatury powierzchni nawierzchni z betonu cementowego
 Fig. 2. The curve reflecting twenty-four hours' temperature changes of the cement concrete pavement surface

Punkty A i C (rys.2) są punktami przebiegu obu krzywych, a ich położenie zależy od natężenia procesów termicznych.

Czas $\Delta\tau_{BI}$ osiągnięcia maksymalnej temperatury powierzchniowej (t_p^{max}) przez nawierzchnię nie pokrywa się z czasami występowania maksymalnych temperatur otaczającego powietrza (t_0) oraz nagrzania powierzchni od promieniowania słonecznego ($\Delta t_{r\acute{o}w}$), ponieważ swoje maksimum $\Delta t_{r\acute{o}w}$ osiąga o godz. 12⁰⁰, natomiast t_0 o godzinie 15⁰⁰. Aby wyznaczyć dokładną godzinę, w której powierzchnia nawierzchni osiągnie maksymalną dobową temperaturę, należy określić ekstremum funkcji z dwóch cosinusoid, opisujących t_0 oraz $\Delta t_{r\acute{o}w}$, mających przesunięcie faz o 3h [1]:

$$t_{\tau} = t_0^{sr} + t_0^n \cos[\omega(\tau - 15)] + \Delta t_{r\acute{o}w} + \Delta t_{r\acute{o}w}^n \cos[\omega(\tau - 12)], \quad (5)$$

gdzie:

t_0^{sr} , $\Delta t_{r\acute{o}w}^{sr}$ - odpowiednio średnie dobowe wartości temperatury otaczającego powietrza oraz równoważnego wskaźnika zwiększenia temperatury pochodzącego od promieniowania słonecznego,

t_0^n , $\Delta t_{r\acute{o}w}^n$ - odpowiednio amplitudy wahań (odchylenia od wartości średniej) t_0 oraz $\Delta t_{r\acute{o}w}$,
 ω - częstotliwość wahań dobowej temperatury równa $2\pi/24 = 0,262$.

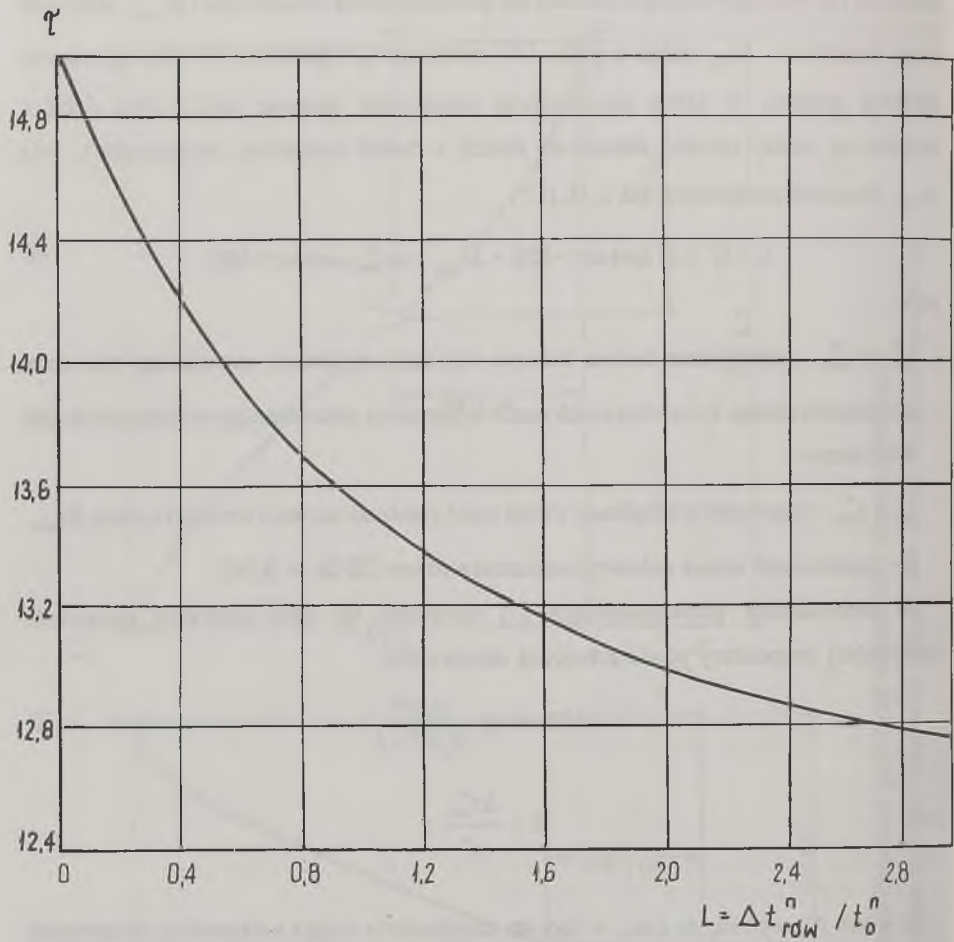
Po odpowiednich przekształceniach [1] otrzymuje się czas zegarowy osiągnięcia maksymalnej temperatury powierzchniowej nawierzchni:

$$\tau = 3,82 \arctg \left(\frac{0,707}{0,707 + L} \right), \quad (6)$$

gdzie

$$L = \frac{\Delta t_{r\acute{o}w}^n}{t_0^n}$$

Ze wzoru (6) wynika, że czas, w którym nawierzchnia osiąga maksymalną temperaturę powierzchniową, zależy od wartości stosunku L amplitud wahań t_0^n i $\Delta t_{r\acute{o}w}^n$. Na podstawie analizy wielkości t_0^n i $\Delta t_{r\acute{o}w}^n$ stwierdzono, że L wynosi od 0,5 do 1,5. Dla tych wartości, z równania (6) określono godziny, w których powierzchnia nawierzchni osiąga swoją maksymalną temperaturę (rys.3).



Rys.3. Godziny osiągnięcia przez powierzchnię nawierzchni maksymalnej dobowej temperatury w zależności od $\Delta t_{r0w}^n / t_0^n$

Fig.3. The time when the pavement surface achieves the maximum temperature during twenty-four hours, $\Delta t_{r0w}^n / t_0^n$ varying

3. PODSUMOWANIE

Znajomość temperatury powierzchniowej nawierzchni z betonu cementowego jest istotna w określaniu odkształceń i naprężeń termicznych. Zagadnienie to jest ważne szczególnie w klimacie polskim, w którym występuje znaczna zmienność typów pogody, a tym samym znaczne zmiany wielkości parametrów meteorologicznych w krótkich przedziałach czasu. W efekcie w płytach nawierzchniowych mogą powstać naprężenia termiczne dochodzące do 50% wartości naprężeń pochodzących od obciążeń ruchem drogowym lub lotniczym.

LITERATURA

- [1] Leško M., Kotasiński M.: "Analiza czynników wpływających na powstanie rys w nawierzchniach drogowych i lotniskowych z betonu cementowego" BW-73/3/RB-3/94.
- [2] Ponomarjew I.N.: Opriedielenije rasczotnoj tiempieratury wożducha raznoj obespiecznosti. Awtomobilnyje drogi. 11/1990.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Tadeusz Hop

Wpłynęło do Redakcji: 22.05.1995 r.

Abstract

The study concerns the following subjects:

- the method of defining analytical surface temperature of the cement concrete pavement, including the temperature of the ambient air, sun radiation intensity, surface film conductance, dustiness of the air in the area of an airport or a road,
- twenty-four hours' actual temperature changes of the cement concrete pavement surface, including the time of the maximum surface temperature.

The temperature mentioned above has got essential influence on thermal stresses of the road and airport cement concrete pavements.