

9. Liu Zheng, Ling Zhida, Tang Mingshu. Microstructure of the Interfacial Zone between Dolomite Aggregate and Cement Paste // *J. Chin. Silic. Soc.* – 1986. – № 4. – P. 400–405.

10. Bradley, G., Howarth, I.M. Water Soluble Polymers: the Relationship Between Structure, Dispersing Action, and Rate of Cement Hydration // *Cement, Concrete and Aggregates* – 1986. – Vol. 8. – P. 68–75.

11. Структура, прочность и деформации бетонов / Под ред. А.Е. Десова. – М.: Госстройиздат, 1966.

12. Bentz, D.P., Garboczi, E.J. Simulation studies of the effects of mineral admixtures on the cement paste – aggregate interfacial zone // *ACI Mater. J.* – 1991. – № 8 – P. 518–529.

13. Roy, D.M., Grutzeck, M.W., Shi, D., Lui, G. Cement paste Aggregate Interfacial Microstructure

PROPOZYCJA ALGORYTMU REALIZACJI OBIEKTÓW Z BETONU MONOLITYCZNEGO W TEMPERATURACH OBNIŻONYCH

Tadeusz Bobko

Wprowadzenie. W artykule jako podstawowe wymagania stawiane budynkom rozpatruje się:

1. Wymagania funkcjonalności które obejmują zakres charakterystyk jakim powinien odpowiadać budynek ze względu na przeznaczenie, tzn. zapewnienie normalnego poziomu funkcjonowania w budynku człowieka, urządzeń technologicznych, zachowywania wymaganych uwarunkowań eksploatacyjnych w zakresie wieku technicznego budynku. Tym wymaganiom podporządkowane są wszystkie komponenty budynku:

- rozplanowanie przestrzenne (zestawienie pomieszczeń, układ, powierzchnie i kubatura pomieszczeń);
- rodzaj i materiały budowlane niesiących i osłaniających elementów budynku;
- typ, udźwig maszyn do wykonywania procesów ładunkowych (w budynkach produkcyjnych);
- urządzenia inżynierii sanitarnej;
- warunki sanitarno - higieniczne (oświetlenie, wymiana powietrza, poziom hałasu, ciepło, temperatura, klimatyzacja i tp.);
- jakość robót wykończeniowych, ergonomia.

W celu zabezpieczenia budynku przed moralnym starzeniem się należy stosować rozwiązania przestrzenne i materiałowo-konstrukcyjne umożliwiające wprowadzenie zmian w celu udoskonalenia procesów technologicznych w budynku bez rekonstrukcji samego budynku

2. Wymagania techniczne polegają na zapewnieniu budynkowi wytrzymałości, stateczności, trwałości, niezawodności, racjonalnej energochłonności podczas eksploatacji budynku, uprzemysłowionego wznoszenia.

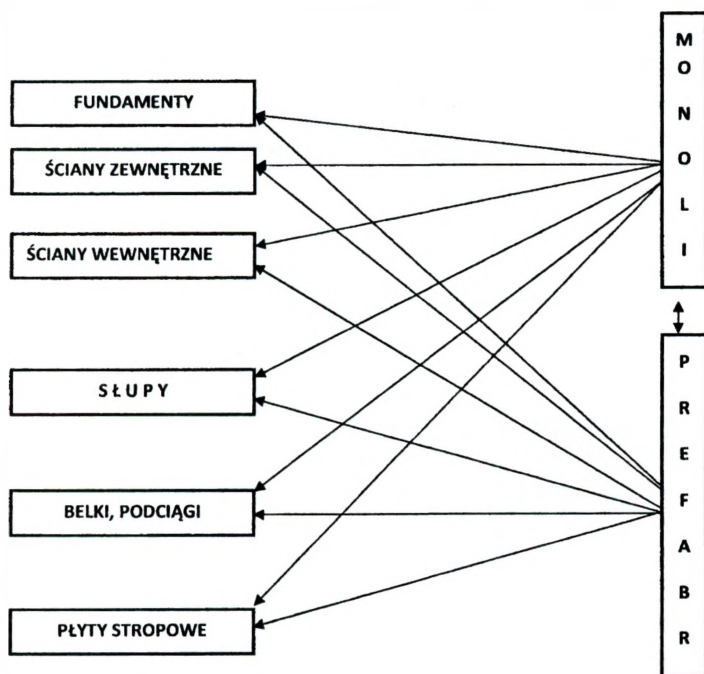
Konieczne jest również uwzględnienie wymagań przeciwpożarowych, ekologicznych, architektonicznych, ekonomicznych i oszczędności energetycznych podczas wykonywania procesów budowlanych, które mają bezpośredni wpływ na zakres i jakość rozwiązania funkcji budynku i jego charakterystyki techniczne.

W artykule przedstawiono propozycję algorytmu projektowania uwarunkowań technicznych procesu wznoszenia budynków z elementów prefabrykowano-monolitycznych w temperaturach obniżonych i zimowych.

Podstawowe założenia: ze względu na warunki tężenia mieszanki betonowej odbiegające od warunków normalnych wiodącym procesem jest realizacja konstrukcyjnych elementów budynku z betonu monolitycznego zbrojonego; uwarunkowania cieplno-fizyczne zapewniają uzyskanie przez beton wytrzymałości $80\%R_{28}$.

1. Podział elementów budynku o konstrukcji żelbetowej prefabrykowano-monolitycznej. Schemat możliwych trzydziestu sześciu wariantów konstrukcji żelbetowej prefabrykowano-monolitycznej przedstawiono na rys 1.

Schemat blokowy modelowania współzależności parametrów wznoszenia konstrukcji żelbetowej prefabrykowano-monolitycznej uwzględniający racjonalne wartości potencjału energetycznego przedstawiono na rys 2 [1].



Rys. 1 – Schemat wyboru kombinacji z elementów budynku

2. Schemat blokowy modelowania procesu wznoszenia konstrukcji nośnej budynku

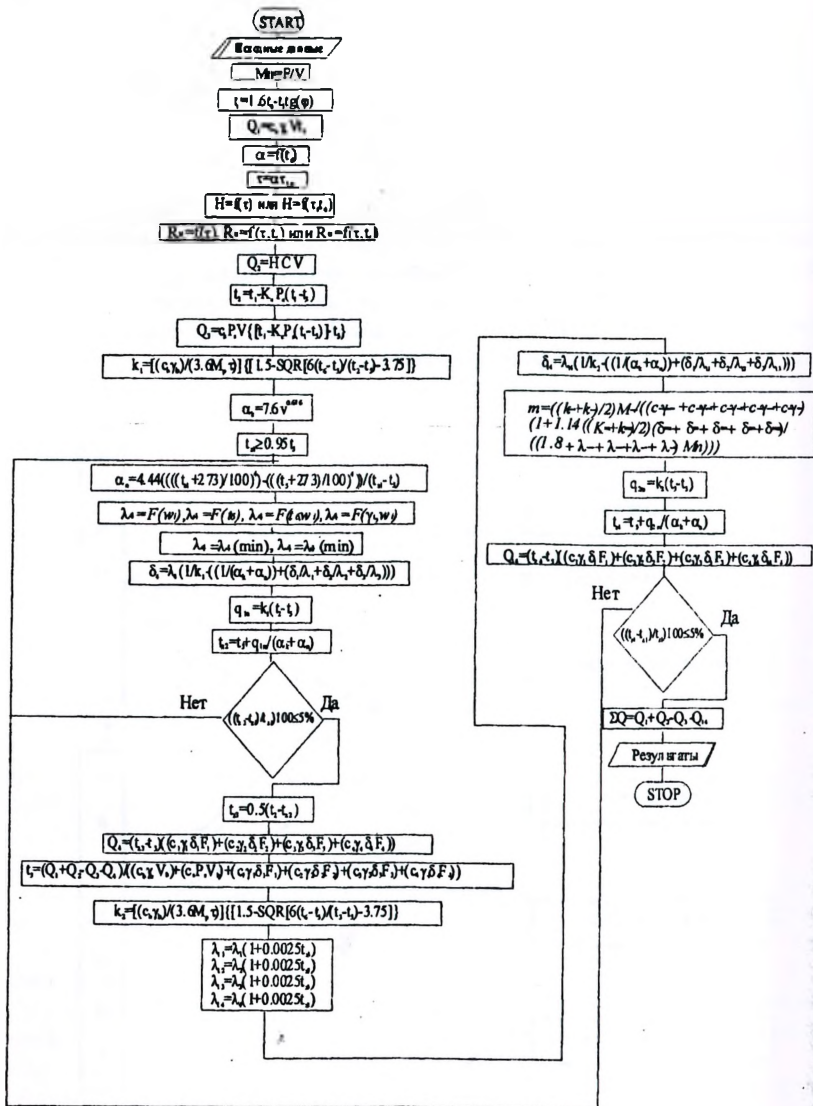


Рис. 2 – Блок-схемат алгоритму wyznaczania uwarunkowań technicznych wznoszenia budynków z elementów prefabrykowanego-monolitych

3. Oznaczenia przyjęte w schemacie blokowym

1. Cechy fizyczne materiałów i elementów konstrukcyjnych

B – klasa betonu;

C – ilość cementu, kg/m^3 ;

H – ciepło uwodnienia cementu, kJ/kg ;

M^n – moduł powierzchniowy (czynnik kształtu) elementów konstrukcyjnych, m^{-1} ;

n – ilość cykli zamrażania i odmrażania, cykl;

P_s – ilość stali zbrojeniowej i wkładek montażowych, kg/m^3 ;

R_s – normowa wytrzymałość betonu na ściskanie, MPa ;

R_u – wytrzymałość na ściskanie betonu odpornego na destrukcję mrozową, MPa lub $\%R_{28}$;

V – objętość elementów konstrukcyjnych, m^3 .

2. Charakterystyki cieplno-fizyczne materiałów

c_b – ciepło właściwe świeżego betonu, $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$;

c_i – ciepło właściwe kolejnych warstw formy, $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$;

c_s – ciepło właściwe stali, $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$;

d_i – grubość kolejnych konstrukcyjnych i termoizolacyjnych warstw formy, m ;

d_{t_i} – grubość warstwy termoizolacyjnej, m ;

w_i – wilgotność materiałowa kolejnych warstw formy, $\%$;

γ_b – gęstość pozorna betonu, kg/m^3 ;

γ_i – gęstość pozorna kolejnych konstrukcyjnych i termoizolacyjnych warstw formy, kg/m^3 ;

γ_s – gęstość pozorna stali, kg/m^3 ;

λ_b – współczynnik przewodzenia ciepła świeżego betonu, $\text{W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})$;

λ_s – współczynnik przewodzenia ciepła stali, $\text{W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})$;

λ_i – współczynnik przewodzenia ciepła kolejnych, $\text{W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})$;

α – współczynnik obliczeniowy funkcji "czas – temperatura".

3. Charakterystyki procesów technologicznych

τ – czas osiądnięcia przez beton odporności na destrukcję mrozową, h ;

k_1 – współczynnik przenikania ciepła obliczany z uwzględnieniem ogrzania stali, $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$;

k_2 – współczynnik przenikania ciepła obliczany z uwzględnieniem procesu ogrzania formy, $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$;

Q – nakłady energii cieplnej procesu twardnienia betonu elementu konstrukcyjnego, MJ/m^3 ;

Q_1 – ilość ciepła w świeżym betonie w chwili zagęszczania mieszanki betonowej, MJ/m^3 ;

Q_2 – ilość ciepła w betonie na skutek uwodnienia cementu, MJ/m^3 ;

Q_3 – ilość strat cieplnych na ogrzanie stali zbrojeniowej i wkładek montażowych, MJ/m^3 ;

Q_{t_i} – ilość strat cieplnych na ogrzanie konstrukcji formy termoizolacyjnej, MJ/m^3 ;

q_{1m} – gęstość strumienia ciepłego po ogrzaniu stali zbrojeniowej, W/m^2 ;
 q_{2m} – gęstość strumienia ciepłego po ogrzaniu stali zbrojeniowej i formy ocieplanej, W/m^2 ;
 t_1 – temperatura uformowanego betonu mierzona po zagęszczaniu, $^{\circ}C$;
 t_2 – temperatura betonu po ogrzaniu stali zbrojeniowej i wkładek montażowych, $^{\circ}C$;
 t_3 – temperatura uformowanego betonu po ogrzaniu konstrukcji formy termoizolacyjnej, $^{\circ}C$;
 t_5 – temperatura otoczenia (powietrza), $^{\circ}C$;
 t_6 – temperatura twardniejącego betonu (średnia), $^{\circ}C$;
 t_{z1} – temperatura mierzona na zewnętrznej powierzchni formy, $^{\circ}C$;
 t_{z2} – temperatura na zewnętrznej powierzchni formy sprawdzona obliczeniem, $^{\circ}C$;
 t_{z3} – średnia temperatura na zewnętrznej powierzchni formy, $^{\circ}C$;
 t_{z4} – temperatura na zewnętrznej powierzchni formy sprawdzana i uściślona, $^{\circ}C$;
 v – prędkość wiatru, m/s ;
 α_k – współczynnik przejmowania ciepła przez konwekcję, $W/(m^2 \cdot K)$;
 α_n – współczynnik przejmowania ciepła przez promieniowanie, $W/(m^2 \cdot K)$;
 ΣQ – potencjał energetyczny procesu uzyskania przez beton odporności na destrukcję mrozową, MJ/m^3 ;
 W – gradient skalarnego pola potencjału energetycznego, $(MJ/m^3)^{\circ}C$;
 T_p – prędkość procesu produkcji i montażu formy ocieplanej, $r-g/m^3$;
 T_{bz} – technologia wznoszenia budynku.

4. Pochodne parametry procesu wznoszenia budynku w temperaturach obniżonych

$dt_1/d\tau - m = (\alpha_{opt} M_n) / [(1 + K_{\phi} \alpha_{opt} / \lambda_{\phi} M_n) c_0 \gamma_0]$ – tempo stygnięcia konstrukcji, $^{\circ}C/h$.

V. Parametry i wyznaczniki do weryfikacji estymowanych modeli matematycznych

a_0, b_0, a_n, b_n – współczynniki regresji;

d – dokładność wzoru, %;

k_r – krzywizna linii w danym punkcie;

k_{rs} – średnia krzywizna linii na rozpatrywanym odcinku;

k_{rs}^p – średnia krzywizna linii w rozpatrywanym punkcie;

k_{rs} – średnie wartości pełnej krzywizny Gaussa w rozpatrywanym punkcie;

R – współczynnik korelacji;

R^2 – współczynnik determinacji;

R_{krs} – promień krzywizny;

$Sost$ – resztkowa średniokwadratowa pozostałość;

$\Sigma(y_i - \hat{y}_i)^2$ – minimalna wartość sumy kwadratów różnic między wartościami danych doświadczanych i zaprosymowanych;

$[(y_i - \hat{y}_i) / y_i] \cdot 100$ – odchyłka wartości danych doświadczanych od teoretycznych, %;

y' – pierwsza pochodna funkcji celu;

y'' – druga pochodna funkcji celu.

5. Modelowanie i optymalizacja parametrów procesu wnoszenia konstrukcji nośnej budynku. Estymowany model matematyczny odzwierciedlający prawidłowości zmian wartości potencjału energetycznego procesu wnoszenia budynku z elementów prefabrykowanego-monolitycznych z betonu klasy C16/20 przy uwzględnieniu łącznego oddziaływania najistotniejszych charakterystyk materiałowo-konstrukcyjnych, cieplno-fizycznych i organizacyjno-technologicznych jest hiperpowierzchnia drugiego stopnia [2]

$$\Sigma Q = 44.416 + 10.532M_n + 0.836t_1 + 5.677k_2 - 0.311M_n t_1 - 4.501M_n k_2 + 0.542t_1 k_2 + 0.563M_n^2 + 0.011t_1^2 + 1.5103k_2^2 \quad (1)$$

Przydatność modelu gwarantowana za pomocą następujących parametrów określonych wyznaczników: stopnia swobody większej dyspersji $f_2 = 5.00$; kryterium Fuszera $F = 159.60$; współczynnika korelacji $R = 0.9988$.

Procedurę optymalizacji wzajemnych powiązań oraz ustalenia prawidłowości zmian wartości czynników oddziaływujących na budowlę obiektu z elementów prefabrykowanego - monolitycznych przedstawiono za pomocą metody „najszybszego sływu w dół” [3].

Algorytm optymalizacji powiązań między istotnymi wskaźnikami funkcji celu $\Sigma Q = F(M_n, t_1, k_2)$ wyznaczono za pomocą następujących obliczeń:

a) określenia współrzędnych punktu wyjściowego;

b) wyznaczenia wartości pochodnej funkcji celu w punkcie wyjściowym;

$$\begin{aligned} \frac{\partial y_p}{\partial \alpha_1} &= b_1 + b_{12}x_2 + b_{13}x_3 + 2b_{11}x_1 \\ \frac{\partial y_p}{\partial \alpha_2} &= b_2 + b_{12}x_1 + b_{23}x_3 + 2b_{22}x_2; \\ \frac{\partial y_p}{\partial \alpha_3} &= b_3 + b_{13}x_1 + b_{23}x_2 + 2b_{33}x_3 \end{aligned} \quad (2)$$

c) wyznaczenia wartości kolejnych współrzędnych punktów w kierunku których należy iść, korzystając z układu równań określonego typu

$$x_i^{(k+1)} = x_i^{(k)} \pm \theta \left[\frac{\partial y}{\partial x_i^{(k)}} \right] \quad (3)$$

$$x_1^{(1)} = x_1^{(0)} - h \cdot \text{sign} \left[\frac{\partial y}{\partial x_1^{(0)}} \right]$$

$$x_2^{(1)} = x_2^{(0)} - h \cdot \text{sign} \left[\frac{\partial y}{\partial x_2^{(0)}} \right]$$

$$x_3^{(1)} = x_3^{(0)} - h \cdot \text{sign} \left[\frac{\partial y}{\partial x_3^{(0)}} \right]$$

$$x_k^{(1)} = x_k^{(0)} - h \cdot \text{sign} \left[\frac{\partial y}{\partial x_k^{(0)}} \right]$$

gdzie θ – współczynnik proporcjonalności (w przypadku sływu w kierunku maksymalnych wartości funkcji celu należy stosować znak "+"),

$\frac{\partial y}{\partial x^{(k)}}$ - pochodna funkcji celu w punkcie poprzedzającym.

Optymalizacja funkcji $\Sigma Q = F(M_n, t_1, k_2)$ jest procesem optymalizacji wartości potencjału energetycznego cieplnego, która pozwala określić bliskie do optymalnych wartości najistotniejszych charakterystyk materiałowo-konstrukcyjnych, cieplno-fizycznych i organizacyjno-technologicznych: minimalne np. dla elementów budynku o $M_n = 4 \text{ m}^{-1}$, $t_1 = 12.6^\circ\text{C}$; $k_2 = 0.82 \text{ W/m}^2 \text{ K}$; $\Sigma Q = 87.52 \text{ MJ/m}^3$ i maksymalne – przy $M_n = 8 \text{ m}^{-1}$, $t_1 = 12.6^\circ\text{C}$; $k_2 = 2.34 \text{ W/m}^2 \text{ K}$; $\Sigma Q = 127.348 \text{ MJ/m}^3$.

Ze względów zapewnienia uwarunkowań uzyskania przez beton wymaganej wytrzymałości i jej wpływu na nośność, sztywność, trwałość i niezawodność elementów konstrukcyjnych budynków z elementów prefabrykowanego – monolitycznych budowa monolitycznej części tych budynków w temperaturach obniżonych jest procesem wiodącym, wymagającym szczególnej wiedzy z zakresu projektowania i odpowiedzialności przy wznoszeniu obiektu.

6. Zalecane uwarunkowania wznoszenia konstrukcji prefabrykowanego monolitycznej przedstawiono w tab.1,2,3,4

Tabela 1 – Określenie racjonalnych przedziałów zmienności początkowej temperatury betonu pod wpływem temperatury otoczenia i stopnia nasycenia konstrukcji o $M_n = 7 \text{ m}^{-1}$ przez metal pod warunkiem, gdy $[(t_{21}-t_{22}) * 100] \leq 5\%$ i $[(t_{21}-t_{24}) * 100] \leq 5\%$

lp	t_3 °C	t_1 °C	Nasycenie konstrukcji przez metal P_s , kg/m ³						
			300	250	200	150	100	50	1
1	-25	$t_{1 \text{ d m}}$	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6
2		$t_{1 \text{ g d}}$	47,0	47,0	47,0	47,0	45,4	43,8	39,0
3	-20	$t_{1 \text{ d m}}$	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6
4		$t_{1 \text{ g d}}$	42,4	42,4	42,4	40,8	40,8	39,2	34,4
5	-15	$t_{1 \text{ d m}}$	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6
6		$t_{1 \text{ g d}}$	36,2	36,2	34,6	34,6	34,6	33,0	29,8
7	-10	$t_{1 \text{ d m}}$	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6
8		$t_{1 \text{ g d}}$	28,4	28,4	28,4	28,4	26,8	26,8	23,6
9	-5	$t_{1 \text{ d m}}$	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
10		$t_{1 \text{ g d}}$	19,0	19,0	19,0	19,0	17,4	17,4	14,2
11	-1	$t_{1 \text{ d m}}$	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
12		$t_{1 \text{ g d}}$	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	3,8

Tabela 2 – Jw. lecz przy wznoszeniu monolitycznych konstrukcji $M_n = 8 \text{ m}^{-1}$

lp	t_3 °C	t_1 °C	Nasycenie konstrukcji przez metal P_s , kg/m ³						
			300	250	200	150	100	50	1
1	-25	$t_{1 \text{ d m}}$	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6
2		$t_{1 \text{ g d}}$	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	45,4	40,6
3	-20	$t_{1 \text{ d m}}$	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6
4		$t_{1 \text{ g d}}$	42,4	42,4	42,4	42,4	40,8	39,2	36,0
5	-15	$t_{1 \text{ d m}}$	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6
6		$t_{1 \text{ g d}}$	36,2	36,2	36,2	36,2	34,6	33,0	29,8
7	-10	$t_{1 \text{ d m}}$	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6
8		$t_{1 \text{ g d}}$	28,4	28,4	28,4	28,4	26,8	26,8	23,6
9	-5	$t_{1 \text{ d m}}$	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
10		$t_{1 \text{ g d}}$	19,0	19,0	19,0	19,0	17,4	17,4	15,8
11	-1	$t_{1 \text{ d m}}$	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
12		$t_{1 \text{ g d}}$	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	3,8

Tabela 3 – Zalecane przedziały zmian racjonalnej wartości współczynnika przenikania ciepła przy wznoszeniu monolitycznych konstrukcji $M_n = 7 \text{ m}^{-1}$ w warunkach, gdy $[(t_{z1}-t_{z2}) \cdot 100] \leq 5\%$ i $[(t_{z1}-t_{z4}) \cdot 100] \leq 5\%$

Lp	t_s °C	k_2 W/m ² K	Nasylenie konstrukcji przez metal P_s , kg/m ³						
			300	250	200	150	100	50	1
1	-25	$k_{2 \text{ dm}}$	0,487	0,504	0,523	0,543	0,565	0,598	0,617
2		$k_{2g \text{ d}}$	1,178	1,239	1,304	1,372	1,387	1,400	1,282
3	-20	$k_{2 \text{ dm}}$	0,486	0,504	0,522	0,543	0,564	0,588	0,616
4		$k_{2g \text{ d}}$	1,114	1,173	1,236	1,247	1,314	1,326	1,211
5	-15	$k_{2 \text{ dm}}$	0,484	0,502	0,521	0,541	0,563	0,587	0,615
6		$k_{2g \text{ d}}$	1,003	1,057	1,064	1,122	1,183	1,191	1,139
7	-10	$k_{2 \text{ dm}}$	0,481	0,499	0,518	0,539	0,561	0,585	0,613
8		$k_{2g \text{ d}}$	0,850	0,897	0,946	0,998	1,002	1,060	1,011
9	-5	$k_{2 \text{ dm}}$	0,472	0,490	0,510	0,531	0,553	0,578	0,607
10		$k_{2g \text{ d}}$	0,669	0,707	0,746	0,789	0,791	0,837	0,799
11	-1	$k_{2 \text{ dm}}$	0,427	0,448	0,469	0,492	0,517	0,544	0,466
12		$k_{2g \text{ d}}$	0,444	0,469	0,495	0,523	0,553	0,585	0,595

Tabela 4 – Jw. lecz przy wznoszeniu monolitycznych konstrukcji $M_n = 8 \text{ m}^{-1}$

Lp	t_s °C	k_2 W/m ² K	Nasylenie konstrukcji przez metal P_s , kg/m ³						
			300	250	200	150	100	50	1
1	-25	$k_{2 \text{ dm}}$	0,409	0,424	0,440	0,457	0,475	0,495	0,519
2		$k_{2g \text{ d}}$	0,990	1,042	1,097	1,155	1,217	1,231	1,133
3	-20	$k_{2 \text{ dm}}$	0,408	0,423	0,439	0,456	0,475	0,495	0,518
4		$k_{2g \text{ d}}$	0,935	0,985	1,038	1,094	1,105	1,114	1,07
5	-15	$k_{2 \text{ dm}}$	0,407	0,422	0,438	0,455	0,474	0,494	0,517
6		$k_{2g \text{ d}}$	0,840	0,886	0,934	0,986	0,993	0,999	0,955
7	-10	$k_{2 \text{ dm}}$	0,404	0,419	0,435	0,453	0,471	0,491	0,515
8		$k_{2g \text{ d}}$	0,709	0,749	0,791	0,835	0,839	0,887	0,847
9	-5	$k_{2 \text{ dm}}$	0,395	0,411	0,427	0,445	0,464	0,485	0,509
10		$k_{2g \text{ d}}$	0,554	0,586	0,620	0,656	0,659	0,697	0,702
11	-1	$k_{2 \text{ dm}}$	0,353	0,375	0,389	0,408	0,429	0,452	0,383
12		$k_{2g \text{ d}}$	0,363	0,385	0,407	0,431	0,456	0,483	0,493

Podsumowanie. Opracowano algorytm, modele matematyczne i parametry do opisywania uwarunkowań technologiczno - organizacyjnych wznoszenia elementów konstrukcyjnych budynku z betonu monolitycznego w zimie klimatu umiarkowanego.

Literatura

1. Bobko, T. Optymalizacja potencjału energetycznego tężenia mieszanek betonowej w aspekcie zapewnienia wymaganej mrozoodporności betonu i elementów konstrukcyjnych: monografia. – Częstochowa 1997.
2. Bobko, I. Systemowe metody projektowania przegród termoizolacyjnych, zapewniających zadany potencjał energetyczny procesów technologicznych: praca doktorska. – Moskwa, 2002.
3. Tichomirow, W. Planowanie i analiza eksperymentu. – M., 2004.