

дательство Республики Беларусь, международные стандарты и накопленный опыт по их разработке. Внедрение новых нормативных документов, регламентирующих условия приёма сточных вод в водоприемники, несомненно, будет способствовать повышению эффективности работы систем очистки стоков и улучшению экологической обстановки в республике.

#### Литература

1. Пальгунов П.П. Государственная политика в области обеспечения населения водой // Жилищно-коммунальное хозяйство. -М.: 1994.- №12.- С.9-11.
2. Владимиров В.А., Дегтером Я., Петросян В.С. Стандарты и целевые показатели вод в России: современное состояние и перспективы // «Вода: экология и технология» ЭКВАТЭК-96. -М.:1996.
3. Енущенко Л.Е., Сачков В.И. Жесткий подход-нулевой результат // Белорусская газета.- Мн.: 1997.- №25.

## ЭНЕГОСБЕРЕГАЮЩИЕ РЕЖИМЫ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЙ

Ф.А.Бобко, И.Ф.Бобко

Политехнический институт  
Брест, Республика Беларусь

*В работе представлена методика определения энергосберегающих режимов возведения бетонных конструкций при пониженных температурах.*

### АЛГОРИТМ, МОДЕЛИ, РЕЖИМЫ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ, ПОТЕНЦИАЛ

В работе определены типы математических моделей и их параметры, отражающие зависимость количества тепловой энергии (Q), необходимой для набора прочности бетоном немассовых конструктивных элементов от модуля поверхности -  $6 \leq M_p \leq 20 \text{ м}^1$ . Типы математических моделей, разработанные на основании экспериментальных данных и теоретических расчетов, с использованием методов прикладной математики, базируются на основных технологиях зимнего бетонирования:

в случае термосных методов -

$$Q = 84,759 \cdot M_p^{0,133}; \quad (1)$$

в случае предварительного нагревания бетонной смеси -

$$Q = 46,176 \cdot M_p^{0,5739}; \quad (2)$$

в случае электропрогрева и греющих опалубок -

$$Q = -80,483 + 49,076 \cdot M_p - 0,67154 \cdot M_p^2; \quad (3)$$

в случае использования теплового эффекта электрической индукции -

$$Q = 41,3096 \cdot M_p^{1,0107}; \quad (4)$$

в случае использования термического эффекта теплового излучения -

$$Q = 71,677 + 44,472 \cdot M_p - 872,351 \cdot M_p^{-2}. \quad (5)$$

Предпочтительность математических моделей (1) ... (5) установлена на основании анализа определителей, представленных в таблице 1.

Таблица 1 Определители пригодности предпочтительных математических моделей

Определители пригодности математических моделей							dQ/dM <sub>p</sub>		d <sup>2</sup> Q/dM <sub>p</sub> <sup>2</sup>	
№	Мо- дель	R	d	S <sub>ост</sub>	K <sub>rs</sub>	R <sub>krs</sub>	от	до	от	до
п.п.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	(1.3)	0,999951	0,009	1,145	0,0005419	1845,3	2,37	1,01	-0,34	-0,055
2	(1.4)	0,999985	0,003	0,774	0,0004599	2173,9	16,59	9,93	-2,36	-0,42
3	(1.5)	0,999987	0,003	0,894	0,0000501	19939,8	45,05	22,21	-1,34	-1,34
4	(1.6)	0,999147	0,17	19,93	0,0000005	1680672,3	42,55	42,97	0,076	0,031
5	(1.7)	0,999957	0,009	2,310	0,0000102	98405	109,09	44,69	-64,62	-0,033

Граничными условиями возможности использования применяемых термических методов, как показывают исследования, являются:

- применение портландцемента и шлакопортландцемента;
- водоцементное отношение ( $0,3 \leq w/c < 0,6$ );
- модуль поверхности конструктивного элемента ( $6 \leq M_p \leq 16 \text{ м}^{-1}$ );
- расход арматурной стали на единицу объема, реализуемого конструктивного элемента ( $0 \leq \mu \leq 6,3694\%$ ), или ( $1 \leq P_s \leq 500 \text{ кг/м}^3$ );
- начальная температура бетона при формовке конструкции ( $0 \leq t_1 \leq 35^\circ\text{C}$ );
- рациональный предел средней температуры твердеющего бетона ( $0 \leq t_6 \leq 12^\circ\text{C}$ );
- рациональная продолжительность набора бетоном конструктивного элемента критической прочности ( $70 \leq \tau \leq 130 \text{ ч}$ );
- температура окружающей среды, в которой созревает бетон ( $15 \geq t_5 \geq -25^\circ\text{C}$ );
- коэффициент теплопередачи опалубки ( $0,06 \leq k_2 \leq 0,924 \text{ W/(м}^2 \cdot \text{K)}$ );
- тепловой энергетический потенциал процесса достижения морозостой-

кости бетона, противодействующей деструктивному влиянию отрицательной температуры окружающей среды ( $52 \leq \Sigma Q \leq 106 \text{ МДж/м}^3$ ).

Алгоритм проектирования энергосберегающих режимов представлен на рисунке.

Основным тепловым энергетическим источником энергоэкономных технологий зимнего бетонирования является тепло экзотермической реакции гидратации цемента. Рациональное количество энергии этого источника находится в широком пределе процентных отношений к величине энергетического потенциала и составляет 45 ... 95% его величины.

Алгоритм расчета величины энергетического потенциала (рисунок) предусматривает возможность определения количества тепла реакции гидратации цемента и установления энергоэкономных режимов одним из следующих способов:

а) на основе экспериментальных данных, представленных в виде зависимостей (таблиц);

б) на основе однофакторных математических моделей, определяющих зависимости "температура - время" и температурных коэффициентов;

в) на основе регрессионного анализа двухфакторных зависимостей и использования двухфакторных математических моделей, полученных путем планирования эксперимента.

При этом, следует обратить внимание на необходимость систематических лабораторных исследований количества экзотермического тепла и скорости его выделения при гидратации цемента, применяемого в зимних условиях. Обильное, а порою и бесконтрольное, применение различных добавок в цементы приводит к снижению более, чем на 30% количества экзотермического тепла. Потери тепла, связанные с аккумуляцией его арматурной сталью и закладными деталями в процессе твердения бетона исследуемых конструктивных элементов, составляют более 12%. Методы оптимизации потерь тепла, аккумуляированного арматурной сталью и закладными деталями в процессе набора бетоном прочности, способной противодействовать криогенным процессам, представлены в публикации [1].

Определение величин потерь тепла, связанных с аккумуляцией его металлом, представлено в расчетном блоке №8 алгоритма (рисунок). Величина обобщенного коэффициента теплопередачи свежееуложенного бетона, совместно с арматурной сталью исследуемой конструкции, вычисляется в блоке №9 алгоритма (рисунок). Выбор типа термоизоляционной формы и определение толщины термоизоляционного слоя осуществляется в соответствии с формулами, представленными в 9...13 блоках алгоритма (рисунок) при соблюдении условия  $[(t_{z1}-t_{z2})/t_{z1}] \cdot 100 \leq 5\%$  и  $[(t_{z1}-t_{z4})/t_{z1}] \cdot 100 \leq 5\%$ .

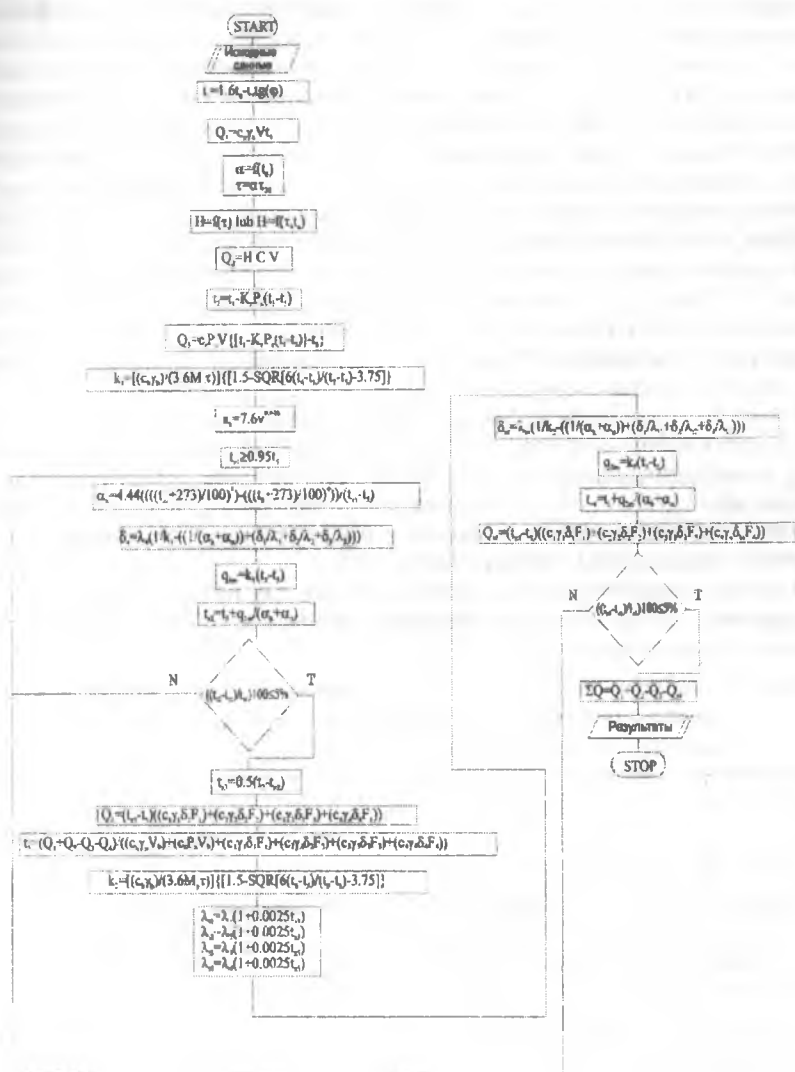


Рисунок Алгоритм расчета величины энергетического потенциала процесса набора прочности бетона, обеспечивающей криогенную стойкость его структуры при замерзании.

Расчет величины средней температуры армированного конструктивного элемента и утепленной опалубки, основан на предположении прямолинейности изменения графика температуры в толще утепленной опалубки (блок алгоритма №16, рисунок). Уточнение величины обобщенного коэффициента теплопередачи армированной конструкции и утепленной опалубки представлено классическим уравнением теории и практики зимнего бетонирования, вписанным в блок №19 алгоритма (рисунок). Пределы численных значений величины коэффициента теплопередачи, формируемые конструктивными, технологическими и климатическими факторами и их сочетаниями в процессе набора критической прочности бетона представлены в таблицах 2, 3. Изменение величины коэффициента теплопроводности материала многослойной утепленной опалубки в зависимости от его температуры соответствует эмпирической формуле О.Е. Власова и контролируется при помощи 20...23 блоков алгоритма (рисунок).

Уточнение величины теплоты, аккумулированной утепленной опалубкой за время набора прочности бетона, способной противодействовать процессу льдообразования, отражено в блоке №27 алгоритма (рисунок). Рациональные конструкции утепленной опалубки, предназначенной для обеспечения тепловой защиты бетона в процессе набора критической прочности, разработаны и предложены одним из авторов [1].

В основу разработанной системы рациональных технологических режимов процесса набора прочности бетона положены соответствующие технологические параметры (таблицы 2, 3).

Таблица 2 Система технологических режимов процесса набора морозостойкости бетона в конструкциях с  $M_p=6м^{-1}$  при  $\mu=const$ ,  $[(t_{z1} - t_{z2})/t_{z1}] \cdot 100 \leq 5\%$  и  $[(t_{z1} - t_{z2})/t_{z1}] \cdot 100 \leq 5\%$

№	$\mu$	$t_s, ^\circ C$		$t_1, ^\circ C$		$t_6, ^\circ C$		$\tau, ч$		$K_2, Вт/(м^2К)$	
		от	до	от	до	от	до	от	до	от	до
1	0,012	-5	-25	4,6	19,8	1	3	131	118	0,783	0,881
2	0,636	-5	-25	4,6	23,0	1	5	131	106	0,746	0,923
3	1,273	-5	-25	4,6	24,6	1	6	131	100	0,712	0,924
4	1,910	-5	-25	4,6	24,6	1	6	131	100	0,679	0,882
5	2,547	-5	-25	4,6	26,2	1	7	131	94	0,648	0,883
6	3,184	-5	-25	4,6	26,2	1	7	131	94	0,619	0,842
7	3,821	-5	-25	4,6	27,8	1	8	131	89	0,591	0,842
8	6,369	-5	-25	4,6	27,8	1	8	131	89	0,489	0,690

Таблица 3 Система технологических режимов процесса набора морозостойкости бетона в конструкциях с  $M_p=8M^{-1}$  при  $\mu=const$ ,  $[(t_{z1} - t_{z2})/t_{z1}] \cdot 100 \leq 5\%$  и,  $[(t_{z1} - t_{z2})/t_{z1}] \cdot 100 \leq 5\%$

№	$\mu$	$t_5, ^\circ C$		$t_1, ^\circ C$		$t_6, ^\circ C$		$\tau, ч$		$K_2, \text{Вт}/(\text{м}^2 \text{К})$	
		от	до	от	до	от	до	от	до	от	до
1	0,012	-5	-25	4,6	21,4	1	4	131	112	0,522	0,618
2	0,636	-5	-25	4,6	24,6	1	6	131	100	0,498	0,647
3	1,273	-5	-25	4,6	26,2	1	7	131	94	0,474	0,647
4	1,910	-5	-25	4,6	27,8	1	8	131	89	0,452	0,647
5	2,547	-5	-25	4,6	27,8	1	8	131	89	0,431	0,615
6	3,184	-5	-25	4,6	27,8	1	8	131	89	0,411	0,585
7	3,821	-5	-25	4,6	29,4	1	9	131	84	0,392	0,584
8	6,369	-1	-25	2,2	31,0	1	10	131	79	0,242	0,592

Предложенная система рациональных технологических режимов процесса набора прочности бетона обеспечивает, в целом, энергосберегающие режимы возведения зданий.

#### Литература

1. Bobko T.F. Optymalizacja potencjału energetycznego tężenia mieszanki w aspekcie zapewnienia wymaganej mrozoodporności betonu i elementów konstrukcyjnych. Wyniki badań. Podstawy modelowania i prognozowania. Monografia 47. Politechnika Częstochowska. Częstochowa, 1997.-243s.

## ANALIZA WYKORZYSTANIA ODPADÓW PRZEMYSŁOWYCH W CELU OTRZYMANIA POLIMERBETONÓW ODPÓRNYCH CHEMICZNIE

Z. Zinowicz, M. Błaszczak, K. Lenik\*

Politechnika Brzeska, Politechnika Lubelska \*

Polimerowe materiały kompozytowe są szeroko stosowane w budownictwie przemysłowym szczególnie chemicznym. Przy opracowaniu nowych kompozycji