

Необходимо иметь ввиду и тот факт, что говорить сегодня просто об охране природы или сохранении ее в состоянии, близком к естественному не имеет практического смысла. Сложившееся экономико-социальное положение подталкивает к активному природопользованию, основанному на воспроизводственном преобразовании и восстановлении естественного потенциала. Самыми актуальными проблемами при этом становятся: восстановление речных систем (водоприемников), защита почв от сверхинтенсивного вмешательства, восстановление биоразнообразия и генофонда, ренатурализация выработанных торфяников, вторичное заболачивание и облесение деградированных земель, сохранение ценных экологических и историко-культурных угодий.

#### Литература

1. Шведовский П.В., Валусв В.Е. и др. Эколого-социальные аспекты освоения водно-земельных ресурсов и технологий управления режимами гидромелиораций. - Минск.: Ураджай, 1998. - 363с.
2. Шведовский П.В. Эколого-социальные проблемы мелиоративно-ландшафтных преобразований // Водохозяйственное строительство и охрана окружающей среды.- Биберах-Брест-Ноттингем: TEMPUS TACIS, 1998. - С.44-49.
3. Чернышев М.К. Математическое моделирование иерархических систем. - М.: Наука, 1998.- С.44-49.

## **ИНВЕСТИЦИОННУЮ ПОЛИТИКУ ОПРЕДЕЛЯЮТ КРИТЕРИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Ф.А. Бобко, И.Ф. Бобко**

Политехнический институт  
Брест, Республика Беларусь

*В работе представлены результаты экспериментальных и теоретических исследований по обеспечению энергосбережения при сооружении объектов из монолитного бетона на основе учета теплового энергетического потенциала технологического процесса и рекомендованы направления инвестирования в энергосберегающие технологии.*

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ, ПОТЕНЦИАЛ, КРИТИЧЕСКАЯ, ПРОЧНОСТЬ БЕТОН, ТЕХНОЛОГИЯ, ВОЗВЕДЕНИЯ, ЭНЕРГОЕМКОСТЬ**

*Введение* В процессе возведения монолитных бетонных и железобетонных конструкций при пониженных температурах умеренного климата необходимо соблюдать условия, обеспечивающие достижение бетоном прочности, которая гарантирует целостность структуры бетонного композита при его замерзания. Для достижения этой цели бетонная конструкция должна получить определенный тепловой энергетический потенциал, являющийся критерием выбора энегосберегающих технологий, достаточный для противодействия разрушающим криогенным процессам.

*Энергетическим потенциалом процесса набора прочности бетона, противодействующей криогенным нарушениям структуры композита, является оптимальный запас тепловой энергии, необходимый и достаточный для обеспечения технологических режимов твердения бетона конструктивных элементов при пониженных и отрицательных температурах наружного воздуха.*

Величины, составляющие этот потенциал, имеют разнонаправленный характер и зависят от принятых технологических режимов производства (вид и активность вяжущего, прочность бетона, температура твердеющего бетона, степень насыщенности конструкции металлом, степень тепловой защищенности конструкций) и климатических условий (температура наружного воздуха, скорость ветра и др.) [1].

Исходя из этого, можно допустить, что существуют такие сочетания указанных факторов, при которых достигается необходимая прочность бетона с минимальной величиной теплового энергетического потенциала производства бетонных работ. Исследование многофакторных и интегральных уравнений связи, характеризующих тепловой энергетический потенциал, их оптимизация по критериям энергетических затрат позволяют выбирать и назначать технологические режимы производства работ при минимальном расходе энергии. Данная проблема является весьма актуальной в условиях энергетического кризиса, поразившего мировую экономику.

#### *1 Применяемые критерии оценки противодействия бетона деструкции, в процессе замерзания*

В публикациях, отражающих условия возведения и эксплуатации бетонных конструкций, критерий противодействия бетона влиянию отрицательной температуры однозначно не определен [1]. В тех странах, где критерием противодействия конструкций деструкции, вызванной морозом, считается, так называемая, граничная (критическая) прочность бетона, все - таки величина ее значительно отличается друг от друга и равняется, соответственно : 5,85 МПа в Японии, от 6,9 до 10,3 МПа в Канаде, от 2 до 15 МПа в Польше, 14,5 МПа в Швейцарии, от 2,4 до 4,4 МПа в Швеции, 3,44 МПа в

США, от 5 до 15 Мпа в странах СНГ. В то же время, в Англии за критерий противодействия бетона влиянию отрицательной температуры принято время твердения бетонной смеси, обеспечивающее безопасное снятие опалубки возводимой конструкции. В соответствии с финскими правилами, за критерий противодействия конструкции влиянию отрицательной температуры принимается показатель безопасной прочности бетона, величина которого находится в границах от 50 до 90 %  $R_{28}$ , зависит от соотношения фактических нагрузок расчетным и вида конструктивного элемента [1]. Подобный критерий был введен в странах СНГ, только здесь процентная величина коэффициента безопасной прочности бетона зависит от марки цемента, класса бетона и используемых химических добавок [3]. В бетонах различных классов без применения химических добавок величина его составляет: 50% $R_{28}$  - B10 и B12,5 (M150); 40% $R_{28}$  - B15; B20; B22,5; B25 (M200÷M300); 30% $R_{28}$  - B27,5; B30; B35; B40 (M400÷M500).

При модификации бетонов различных классов химическими добавками, коэффициенты безопасной прочности равны, соответственно: 30% $R_{28}$  - B15 (M200); 25% $R_{28}$  - B25 (M300); 20% $R_{28}$  - B30 (M400); 70% $R_{28}$  - прочность, гарантирующая безопасное снятие опалубки. В действительности, сопротивление бетона деструктивным явлениям при замерзании конструкций, возводимых в условиях пониженных температур, зависит от прочности бетона, которую он набирает до наступления разрушающих криогенных процессов, вызванных замерзанием жидкой фазы материала. Требуемая прочность бетона, сохраняющая конструкцию от деструктивного влияния мороза и воздействия ветра переменной силы, определена как *критическая прочность*, в соответствии с работами [1], [2]. В связи с тем, что представленные в литературе критерии сопротивляемости бетона деструкции, вызванной морозом, неоднозначно определены, в наших исследованиях, среди прочего, проведен анализ зависимости критической прочности его от энергетического потенциала, вытекающего из процесса твердения материала конструктивных элементов в условиях пониженных температур зимнего времени в умеренном климате.

## *2 Анализ энергоемкости технологий выдерживания бетона в условиях пониженных температур умеренного климата*

Процессу набора критической прочности бетона при отрицательных температурах наружного воздуха сопутствует отвечающая технологическим режимам тепловая энергия, в ее интегральной форме [1]. На величину энергии оказывает влияние экзотермическая теплота реакции гидратации цемента, а так же тепло, непосредственно внесенное в бетон соответствующе-

го конструктивного элемента при технологии зимнего бетонирования (рисунок, таблица 1). Классификация технологии термической обработки бетона, а так же технологии возведения зданий и сооружений из монолитного бетона при пониженных температурах, отражающая снижение экономии тепловой энергии, представляется последовательностью: применение химических противоморозных добавок и ускорителей твердения; метод термоса; предварительный электроразогрев бетонной смеси; электропрогрев бетона; использование термоактивных покрывал и опалубок; использование термических эффектов электрической индукции; использование термических эффектов инфракрасных лучей (см. таблицу 1, рисунок). Расход и стоимость тепловой энергии технологий зимнего бетонирования определены при температуре наружного воздуха  $-25^{\circ}\text{C}$  и составляют в среднем, соответственно,  $-956,4\text{МДж}/\text{м}^3$  и  $33,47\$/\text{м}^3$ . Применение химдобавок является энергоэкономным методом зимнего бетонирования, однако, в связи с отрицательным влиянием химдобавок: созданием агрессивной среды по отношению к металлу, уменьшением количества циклов замораживания и оттаивания бетонных конструкций, невозможностью применения в средах с повышенным воздействием индуктивных токов, этот метод имеет ряд ограничений.

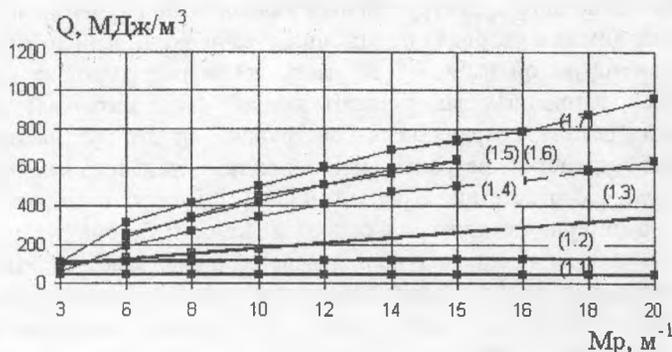


Рисунок Зависимость энергоемкости возведения от массивности конструкции.

*Выводы:*

1) Метод термоса дает возможность стопроцентного использования количества экзотермического тепла при минимальном количестве тепла, внесенного непосредственно в конструктивный элемент путем их нагревания;

2) Рациональные тепловые потери вследствие нагревания арматурной стали, закладных деталей в количестве  $\mu = 3,1847\%$  (по объему) и термоизоляционной опалубки - составляют 28%, а потери финансовые - около 5 \$/м<sup>3</sup>.

Таблица 1 Определение типа графической зависимости (рисунок) расхода тепловой энергии от метода зимнего бетонирования и массивности конструктивного элемента  $Q = F(M_p)$ , МДж/м<sup>3</sup>

$M_p$	Хим. добавки (1.1)	Метод термоса(1.2)		Предварительный нагрев (1.3)		Электропрогрев (1.5)		Электрическая индукция (1.6)		Инфракрасные лучи (1.7)	
		серия 1	серия 2	серия 3	серия 4	серия 5	серия 6	серия 7	серия 8	серия 9	серия 10
3	46,1	-	-	86,6	86,74	61,4	60,341	-	-	108,3	108,163
6	46,1	107,18	106,96	129,9	129,12	187,7	189,438	241,8	252,63	314	314,274
8	46,1	111,2	111,13	151,55	151,3	268,73	268,786	346,7	337,88	413,82	413,82
10	46,1	115,22	114,48	173,2	173,11	342,9	342,763	451,1	423,35	505,3	507,67
12	46,1	115,22	117,29	-	-	411,38	411,367	511,27	509,01	599,28	599,28
14	46,1	119,24	119,72	-	-	474,62	474,599	571,43	594,82	689,83	689,83
15	46,1	121,25	120,82	-	-	505,3	504,2	631,6	637,78	739,9	734,872
16	46,1	123,26	121,86	-	-	532,49	532,458	-	-	779,81	779,81
18	46,1	-	-	-	-	584,84	584,946	-	-	869,47	869,47
20	46,1	-	-	-	-	631,6	632,061	-	-	956,4	958,926

Примечание: (1.1)...(1.7) - технология выдерживания бетона, энергоемкость представлена на графиках (см. рисунок).

### 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. - 243 s.

2. Лысов В. П. Технологические правила по производству бетонных работ в зимнее время с использованием предварительного электронагрева бетонной смеси. - ПКГБ Минпромстроя БССР, Минск, 1980. - 64 с.

3. СНиП III-15-76 Бетонные и железобетонные монолитные конструкции. Правила приемки работ. -М., 1976.