

# Технология и организация строительного производства

УДК 666.972.16(088.8)

## ДОБАВКА ДЛЯ ЗИМНЕГО БЕТОНИРОВАНИЯ МОНОЛИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Т.А. Толкынбаев, С.Г. Головнев, Ш.К. Торпищев

В работе представлены результаты исследований по использованию в качестве эффективной противоморозной добавки для зимнего бетонирования - побочного продукта производства диметилдиоксана, в частности, триметилкарбинольной фракции кубовых остатков от ректификации диметилдиоксана. Введение добавки в бетонную смесь обеспечивает интенсивный набор прочности бетона при температуре до  $-37^{\circ}\text{C}$ .

*Ключевые слова:* зимнее бетонирование, противоморозные добавки, изменение прочности бетона.

Противоморозные добавки вводятся для предотвращения замерзания воды в бетонной смеси при низких температурах, обеспечивая набор прочности бетона в зимнее время.

Вид и количество противоморозной добавки назначается в зависимости от температуры окружающей среды. Для конструкций средней массивности (с модулем поверхности от 3 до 6) за расчетную температуру принимают среднюю величину температуры наружного воздуха по прогнозу на первые 20 сут от момента укладки бетона. Для массивных конструкций (с модулем поверхности менее 3) за расчетную принимают также среднюю температуру наружного воздуха на первые 20 сут твердения с увеличением температуры на  $5^{\circ}\text{C}$ . Для конструкций с модулем поверхности более 6 за расчетную принимают минимальную среднюю температуру наружного воздуха по прогнозу на первые 20 суток твердения бетона [1].

Нормативными документами [1, 2] рекомендовано небольшое число противоморозных добавок: НКМ (соединение нитрита кальция с мочевиной); ННХК + М (нитрит-нитрат хлорид кальция с мочевиной); НН – нитрит натрия; П – поташ; НН + П – нитрит натрия + поташ;

Перечисленные добавки могут быть применены при температурах не ниже  $-25^{\circ}\text{C}$ , что ограничивает возможность их использования в суровых условиях Казахстана, Урала и Сибири, обуславливая необходимость поиска добавок с более низким температурным диапазоном применения и с использованием местных материалов [3].

К тому же возросшие в последние годы темпы монолитного строительства инициируют создание принципиально новых технологий производства бетонных работ при низких отрицательных температурах [4].

Известно, что понижение температуры до  $0^{\circ}\text{C}$  резко замедляет процесс твердения бетона. Это особенно заметно в раннем возрасте твердения, так как уменьшается скорость взаимодействия воды с минералами цемента. Иначе сказывается понижение температуры на формирование структуры бетона: вследствие температурного сжатия составляющих, более полного прохождения процесса седиментации, формируется более плотная структура бетона.

В тяжелом бетоне, не содержащем противоморозных добавок, основное количество воды переходит в лед при температурах до  $-5^{\circ}\text{C}$  (для высоких марок цемента эта температура ниже). Так как и пористость, и удельная поверхность бетона изменяются во времени, то и температура замерзания также непостоянна и во многом определяется этими факторами.

Исследования показали, что основная масса льда образуется при понижении температуры до  $-5^{\circ}\text{C}$ , когда льдистость составляет 78 % у тяжелого бетона, твердевшего 24 ч в нормальных условиях, и 94 % у замороженного сразу после приготовления. Если же прочность бетона к моменту замерзания составляет 50 или 70 % от  $R_{28}$ , то количество незамерзшей воды резко возрастает, т. е. на льдистость бетона значительное влияние оказывает продолжительность твердения до начала замерзания.

В процессе охлаждения и выделения теплоты при кристаллизации льда происходит переохлаждение воды и изменение объема льда при различных отрицательных температурах.

Водорастворимые химические добавки понижают температуру замерзания жидкой фазы в бетоне, оказывают влияние на растворимость вяжущего и продуктов его гидратации и обеспечивают

его гидратацию при температуре до  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  за счет систематического таяния льда.

При введении добавок важен температурный диапазон их применения – назначение предельно низких температур твердения бетона и возможность использования одних и тех же добавок и как ускорителей твердения, и как противоморозных.

Так же как и для обычных бетонов, на последующее твердение бетонов с добавками оказывает влияние момент замораживания. Например, при замораживании бетона с добавкой поташа и содопоташной смеси сразу после изготовления потери прочности составляют до 30 % от проектной, и степень нарушения структуры бетона определяется в основном количеством воды и видом цемента.

Авторами получены весьма обнадеживающие результаты при использовании добавки – побочного продукта производства диметилдиоксана, в частности, триметилкарбинольной фракции кубовых остатков от ректификации диметилдиоксана.

Продукт производства диметилдиоксана характеризуется следующим химическим составом, мас. %:

- триметилкарбинол/трет-бутиловый спирт – 73,25;
- 4,4-диметилдиоксан-1,3 – 7,20;
- метиловый спирт – 3,74;
- непредельные спирты (в основном аллиловый) – 2,44;
- 2-метил-3,4-дигидропиран – 0,17;
- неидентифицируемые соединения – 0,22.

По характеру воздействия на цементное тесто указанная добавка содержит компоненты:

- не вступающие в реакцию с минералами цемента, но повышающие их растворимость и снижающие температуру замерзания воды;
- активизирующие процессы гидратации вяжущего посредством диспергации его зерен, разрушения силикатной фазы и повышения ее растворимости и снижающие температуру замерзания воды;
- ускоряющие процессы гидратации за счет реакций обмена, которые приводят к образованию гелей гидроксидов кальция и снижающие температуру замерзания воды;

- способствующие выделению тепла при гидратации и понижающие температуру замерзания воды.

При растворении триметилкарбинольной фракции кубовых остатков от ректификации диметилдиоксана в воде происходит химическое взаимодействие ее частиц с молекулами воды с образованием сольватных оболочек, которые способствуют резкому понижению температуры замерзания воды в порах. Поскольку компоненты добавки длительное время находятся в несвязном состоянии в поровой жидкости, они повышают ионную силу раствора, что значительно ускоряет гидратационные процессы, а вследствие этого и твердение силикатных фаз цемента. Вышеприведенные данные подтверждаются результатами определения удельного тепловыделения цементно-песчаных растворов и контракции бетона в присутствии добавки. В первые сутки твердения она почти вдвое повышает удельное тепловыделение.

Изучение кинетики роста пластической прочности цементно-песчаных растворов с добавками показало, что во всех случаях она характеризуется наличием индукционного периода, после которого наступает интенсивное структурообразование. Повышение концентрации добавки приводит к сокращению индукционного периода.

Приготовление бетонной смеси осуществляется в такой последовательности. В бетоносмесителе перемешиваются отдозированные сухие компоненты смеси (цемент, заполнители), после чего вводится вода затворения, содержащая расчетное количество добавки. Смесь перемешивается в течение 3–4 мин и готова к применению.

Составы бетонных смесей с предлагаемой добавкой (с предельным и оптимальным соотношением ингредиентов), прототипа и контрольных (без добавок) приведены в табл. 1.

Твердение бетонных смесей осуществлялось без тепловлажностной обработки при температурах  $+20$  и  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а также при  $-5$ ,  $-24$ ,  $-37\text{ }^{\circ}\text{C}$  в многокамерной морозильной установке. Образцы помещались в морозильную камеру непосредственно после формования, распалубливались через 2 сут и оставлялись твердеть еще на 26 сут.

Таблица 1

Составы бетонных смесей

Компоненты	Контрольный состав	Прототип	Предлагаемые составы				
			1	2	3	4	5
Цемент	18,99	18,99	13,43	18,99	18,99	18,99	23,10
Песок	21,97	21,97	25,20	21,97	21,97	21,97	22,28
Щебень	51,65	51,88	54,70	51,15	51,88	50,85	44,73
Добавка 1	–	0,19	–	–	–	–	–
Добавка 2	–	–	1,21	1,71	0,19	2,56	2,08
Вода	Остальное						

Примечание. Добавка 1 – эмульсия нефтепродуктов; добавка 2 – триметилкарбинольная фракция кубовых остатков от ректификации диметилдиоксана.

Результаты испытаний бетонных смесей

№ составов		Температура твердения бетонных смесей	Снижение В/Ц в равноподвижных смесях, %	Прочность при сжатии в возрасте 28 сут, %
Контрольный		+20	–	100
		0		62
		–5		5
Прототип		+20	3,4	11
		0		64
		–5		12
Предлагаемые составы	1	+20	13,6	132
		–24		58
	2	+20	13,6	130
		–24		56
	3	+20	5,7	113
		0		73
		–5		28
	4	+20	17,0	134
		–37		47
	5	+20	13,6	136
		–24		56

Через 28 сут твердения и оттаивания при комнатной температуре в течение не менее 12 ч образцы (вместе с остальными, твердевшими при +20 и 0 °С) испытывались на прочность при сжатии и водонепроницаемость. Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Как видно из данных табл. 2, бетонная смесь – прототип не позволяет получить расчетную марочную прочность бетона при твердении ее при температурах ниже 0 °С. Введение в бетонную смесь триметилкарбинольной фракции кубовых остатков от ректификации диметилдиоксана обеспечивает интенсивный набор прочности бетона при температуре до –37 °С.

Это открывает перспективы существенного повышения эффективности производства бетонных работ при строительстве различных монолитных сооружений, поскольку опасность замерзания бетона при температурах ниже –20 °С резко уменьшается. Появляется возможность более равномерного распределения объемов выполнения монолитных бетонных работ в течение года, а следовательно, существенного повышения уровня их

организации и качества выполнения, с переносом значительной их части на зимний период.

Таким образом, можно также ожидать значительного повышения производительности труда при производстве этих работ, заслуживающего внимания снижения уровня удельных затрат, а также более равномерного в течение года потребления механизмов.

### Литература

- СП 70.13330.2011. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87.
- ГОСТ 24211-2008. Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические требования.
- Руководство по применению бетонов с противоморозными добавками: НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1978. – 81 с.
- Головнев, С.Г. Технология зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выбор методов / С.Г. Головнев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1999. – 148 с.

**Толкынбаев Темирхан Анапияевич**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технология промышленного и гражданского строительства», Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Республика Казахстан. Тел.: (8)7172709500; temtol@gambler.ru.

**Головнев Станислав Георгиевич**, член-корреспондент РААСН, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология строительного производства», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск. Тел.: (351) 2679183; 2679183@mail.ru.

**Торпишев Шамиль Камилович**, кандидат технических наук, доцент, профессор, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, Павлодар, Республика Казахстан.

## **ADDITIVE FOR WINTER CONCRETING OF CAST-IN-PLACE STRUCTURES**

*T.A. Tolkyubaev, Eurasian National University named after L.N. Gumilev, Astana, Republic of Kazakhstan, temtol@rambler.ru,*

*S.G. Golovnev, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, 2679183@mail.ru,*

*Sh.K. Torpishchev, Pavlodar State University named after S. Toraigrov, Pavlodar, Republic of Kazakhstan*

The article highlights the results of research on the use of antifreeze concrete additive as the effective agent for winter concreting. The antifreeze agent is a by-product of dimethyl-diethylene oxide particularly trimethylcarbinol fraction of cubic residue resulted by dimethyl-diethylene oxide distillation. Introduction of the additive into concrete mixture guarantees intensive concrete strength development up to  $-37^{\circ}\text{C}$ .

*Keywords: winter concreting, antifreeze additive, changes in concrete strength.*

*Поступила в редакцию 11 сентября 2013 г.*