

УДК 666.972

О. В. Тараканов^а, Т. К. Акчурина^б, И. В. Ерофеева^а, Я. А. Санягина^а, О. В. Душко^б

^а Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

^б Волгоградский государственный технический университет

^а Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

^а ООО «ЗД-БЕТОН»

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕТОНОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ЗИМНЕГО БЕТОНИРОВАНИЯ

Проанализирована целесообразность и эффективность применения противоморозных добавок в технологии «холодного» и «теплого» бетона. На примере исследований кинетики твердения и прочности традиционных и высокопрочных бетонов показана целесообразность применения высокопрочных бетонов в технологии зимнего бетонирования по показателям высокого темпа набора прочности в период 1...3 суток и низкого удельного расхода цемента на единицу прочности. Показана высокая эффективность применения высокопрочных бетонов в условиях строительной площадки при строительстве 16-этажного жилого дома. Показаны технико-экономические преимущества применения высокопрочных бетонов в технологии зимнего бетонирования.

Ключевые слова: зимнее бетонирование, «холодный» и «теплый» бетон, противоморозные добавки, супер- и гиперпластификаторы, традиционные и высокопрочные бетоны, ранняя структура бетона, кинетика твердения, прочность, «критическая» прочность, скорость замораживания, реологическая и гидратационная активация, минеральные микронаполнители, технико-экономическая эффективность высокопрочных бетонов.

Повышение эффективности зимнего бетонирования является чрезвычайно важной задачей строительного производства, особенно для климатических условий России. С наступлением периода низких положительных и отрицательных температур в построечных условиях возникает необходимость выполнения работ, связанных с защитой свежешелюженного бетона от замерзания. В современном строительстве эти мероприятия выполняются либо путем прогрева бетонных конструкций различными способами, методом «термоса», либо с помощью противоморозных добавок.

Применение химических добавок в технологии зимнего бетонирования является достаточно эффективным способом защиты бетона от замораживания. Однако его следует применять осторожно в силу следующих причин:

- изменчивость химико-минералогического состава цемента может кардинальным способом изменить характер и механизм действия добавок;
- изменение температурных условий, влияющих на кинетику твердения бетона. В первую очередь это относится к добавкам, предназначенным для бетонов, твердеющих на морозе без дополнительных мер по обогреву;
- скорость замораживания бетона с добавками, если речь идет о допустимости применения подобного метода;
- дозировки добавок, которые могут повлиять на кинетику начального структурообразования и последующего твердения.

При твердении цементных материалов при температурах $-10...-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже процессы гидратации портландцемента не прекращаются, хотя и не

оказывают существенного влияния на формирование структуры и прочность бетона. Это объясняется физическим состоянием воды в поровой структуре цементного камня.

В обычных условиях вода без примесей замерзает при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Однако при температуре, близкой к $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, вследствие продолжающейся реакции гидратации и выделения тепла положительная температура (в зависимости от массивности конструкции) может сохраняться в течение длительного времени. Переход воды в твердое состояние, как правило, происходит при температуре ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, поскольку в жидкой фазе цемента содержатся растворенные соли натрия, калия и магния, понижающие температуру ее замерзания.

Часть воды в бетоне, как, впрочем, и в других пористых материалах даже при очень низких температурах может находиться в жидком состоянии. Это объясняется физической адсорбцией воды на поверхности твердого тела.

Силы электростатического притяжения действуют на весьма малых расстояниях от поверхности частиц. В мономолекулярном слое воды силы поверхностного притяжения огромны, вода в нем по своим свойствам приближается к твердому телу. В последующих слоях влияние этих сил ослабевает, и свойства адсорбированной воды по мере удаления от поверхности частиц приближаются к свойствам обычной воды. Из этого следует, что температура замерзания воды в порах цементного камня, различающихся по диаметрам, также будет различной. В крупных порах, в которых находится небольшое количество свободной воды, она замерзает при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. С уменьшением размеров пор все большая часть воды, находящейся в них, будет адсорбирована. Следовательно, с уменьшением размеров пор температура замерзания воды в них будет понижаться. Однако снижение температуры замерзания воды в пористых материалах меньше, чем в отдельных капиллярах. Это, очевидно, связано с тем, что энергия водородных связей воды со льдом больше, чем с минералами цемента, и кристаллизирующийся в крупных порах лед ускоряет замерзание воды в более мелких порах.

Температура замерзания воды в цементных бетонах (без химических добавок) в основном зависит от следующих факторов:

- удельной поверхности исходного материала (вяжущего) и его химико-минералогического состава;
- удельной поверхности образующихся в процессе гидратации кристаллогидратов;
- характера пористости (с учетом количества замкнутых и сообщающихся пор);
- присутствия примесей в воде затворения.

В свежеприготовленном бетоне, содержащем весьма малое количество продуктов гидратации, пористость определяется капиллярными порами (макропорами), имеющими радиусы более 1000 \AA . В этом случае большинство воды находится в свободном состоянии, и она замерзает, в зависимости от количества содержащихся в ней примесей, при температуре от 0 до $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В процессе гидратации цемента появляются тонкодисперсные кристаллогидраты с удельной поверхностью в пределах $1\ 800\ 000\dots 3\ 800\ 000\text{ см}^2/\text{г}$. Основная роль в этом процессе принадлежит гидросиликатам кальция, которые, обладая наибольшей удельной поверхностью и наименьшей раствори-

мостью, адсорбируют воду. При гидратации цементного камня качественно изменяется его пористость. Капиллярные макропоры с течением времени заполняются продуктами гидратации и постепенно трансформируются в переходные поры (50...1000 Å) и микропоры (менее 50 Å), образуются контракционные и гелевые микропоры [1]. На долю пор геля в сухом состоянии приходится около 25...28 % его объема. Температура замерзания в порах эффективным радиусом от 15 до 50 Å составляет –60...–30 °С соответственно. Таким образом, вода в порах геля при эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций при отрицательных температурах не замерзает.

В настоящее время на рынке строительной химии присутствует широкая номенклатура противоморозных добавок, которые условно можно разделить на две группы.

Первую представляют добавки для «холодного» твердения бетона, т. е. твердеющего в условиях отрицательных температур без специальных мер по обогреву бетона. Основной целью при введении подобных добавок является создание незамерзающей жидкой фазы в бетонной смеси. Однако применение подобных добавок и их дозировка должны быть строго обоснованы вследствие того, что, как правило, количество добавок при температурах в пределах –20...–15 °С возрастает и составляет в среднем до 10 % от массы цемента. При таких дозировках в цементных системах происходит резкая активация процессов гидратации и раннего структурообразования, что может являться отрицательным фактором не только с точки зрения снижения реотехнологических свойств бетонной смеси, но и с позиции негативного влияния низких отрицательных температур на раннюю структуру бетона. Сформированная ранняя конденсационно-кристаллизационная структура бетона крайне восприимчива к воздействию отрицательных температур, и в процессе раннего замораживания в ней могут произойти негативные явления, которые впоследствии (при оттаивании) могут привести к резкому снижению физико-механических свойств бетонов [2]. В этом случае следует особое внимание обращать на состав бетона (расход цемента, В : Ц), массивность конструкции, температуру твердения и скорость возможного замораживания бетона. Основным критерием эффективности подобных добавок, к которым относятся неорганические соли и их смеси [3], является обеспечение набора прочности растворов и бетонов в возрасте 28 сут 30 % и более прочности контрольного состава нормального твердения в соответствии с ГОСТ 24211—2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия».

Вторую, более многочисленную группу противоморозных смесей, представляют добавки для «теплого» бетона, т. е. бетона, подвергаемого прогреву до достижения им «критической» прочности. Критерием эффективности подобных добавок является достижение прочности в возрасте 28 сут, равной 95 % прочности бетона, твердеющего 28 сут в нормальных условиях. К таким добавкам относятся многочисленные органоминеральные модификаторы на основе супер- и гиперпластификаторов (СП и ГП) и неорганических смесей («Криопласт», «Суперпласт» и т. д.). В технических паспортах большинства подобных добавок указывается, что они обеспечивают твердение бетона при температурах до –28...–20 °С при весьма невысоких дозировках, обычно до 5 % от массы цемента. Негативным последствием применения подобных добавок при повышенных дозировках является возможное снижение кинетики

твердения и ранней прочности бетона вследствие замедляющего влияния СП или ГП на силикатные фазы цемента. В [4] сформулированы основные рекомендации по повышению эффективности противоморозных добавок.

Перспективным направлением развития теоретических и экспериментальных основ технологии зимнего бетонирования является массовое внедрение в производство технологий бетонов нового поколения. Это обусловлено тремя основными факторами.

К первому относится возможность достижения высокой прочности бетона в первые 1...2 сут твердения. Этот фактор является чрезвычайно важным, поскольку позволяет достигать высоких экономических эффектов вследствие снижения энергетических затрат на прогрев бетона в период до достижения им «критической» прочности.

Вторым фактором является возможность резкого снижения водотвердого отношения в составе бетонов нового поколения, что крайне необходимо при твердении в условиях отрицательных температур. Снижение водосодержания бетонной смеси обеспечивается за счет использования в составе бетона тонкомолотых минеральных микронаполнителей и фракционированных песков, обеспечивающих высокие реотехнологические свойства бетонных смесей и, соответственно, возможность снижения водосодержания смесей. В работах В. И. Калашникова рассмотрено влияние различных микронаполнителей на реологические свойства цементных систем [5—9]. Как правило, тонкомолотые минеральные микронаполнители, полученные помолом плотных и прочных горных пород, в большей степени разжижаются в присутствии СП и ГП в отличие от цементов [10].

Количество микронаполнителя может составлять до 100 % от массы цемента в зависимости от расхода вяжущего. Например, при расходе цемента 300 кг/м^3 расход микронаполнителя может составлять $250...300 \text{ кг/м}^3$, а при расходе $600...700 \text{ кг/м}^3$ расход может быть снижен до 50 % от массы цемента. Это объясняется тем, что при малых расходах цемента недостающий объем тонкодисперсной составляющей можно дополнить тонкодисперсным наполнителем. Только в этом случае достигаются высокие реотехнологические эффекты. При высоких расходах цемента его вполне достаточно для обеспечения эффективности СП и ГП, и количество микронаполнителя может сокращаться до 40...50 % в зависимости от расхода вяжущего.

Установлено, что в качестве микронаполнителей цементных и бетонных композиций наиболее эффективно использование отходов производства карбидокремниевых материалов, шламовых отходов производства карбида кремния [11]. Определены физико-химические свойства этих материалов, позволяющие говорить о скрытой активности наполнителей строительных композиций на их основе, что в значительной степени улучшает физико-механические показатели цементных и бетонных композиций, определяющих свойства и качество строительных конструкций и изделий в целом. Но это можно считать только началом пути в области использования нетрадиционных отходов предприятий в строительном материаловедении. Перечень наполненных строительных композиций достаточно обширен. А использование минеральных отходов промышленных предприятий в составах строительных композиций снижает экологическую нагрузку и осуществляет экономию природных ресурсов.

Третьим фактором является возможность получения высокопрочных многофункциональных бетонов. Современные высококачественные бетоны представляют собой высокопрочные и ультравысокопрочные бетоны, самоуплотняющиеся бетоны и высококоррозионностойкие бетоны [12—15].

Характерно, что в подобных бетонах реализуется возможность достижения низкого удельного расхода цемента на единицу прочности [16]. Таким образом, многофункциональные бетоны нового поколения являются высокоэкономичными.

В задачу исследований входило изучение кинетики твердения и прочности традиционных и высокопрочных бетонов в нормальных условиях. Прочностные характеристики традиционных бетонов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Кинетика твердения и прочность традиционных тяжелых бетонов

Состав	Прочность, МПа через сут			
	3	7	14	28
ЦЕМ I 32,5 состав бетона (Ц : П : Щ : В) 1 : 2,74 : 3,35 : 0,7 Ц = 300 кг/м ³	16,0	18,5	22,0	24,0
ЦЕМ I 32,5 состав бетона (Ц : П : Щ : В) 1 : 2,23 : 3,9 : 0,62 Ц = 320 кг/м ³	18,0	23,0	24,2	25,4
ЦЕМ I 32,5 состав бетона (Ц : П : Щ : В) 1 : 2,2 : 4,3 : 0,65 Ц = 310 кг/м ³	19,0	22,5	23,4	25,1

Для контрастного сравнения исследованы традиционные низкомарочные бетоны с высокими значениями В : Ц и высокопрочные модифицированные бетоны нового поколения.

Результаты исследований кинетики твердения высокопрочного мелкозернистого бетона, представленные в табл. 2, показали, что использование в составе бетона тонкомолотого микрокварца совместно с мелким песком и микрокремнеземом позволяют уже через 1 сут получить прочность бетона при сжатии 71,3 МПа, а через 28 сут нормального твердения — 120,4 МПа.

Причем, если для традиционных низкомарочных бетонов показатель удельного расхода цемента на единицу прочности $K = \frac{Ц}{R(\text{МПа})}$ составляет в

среднем 12,3...12,5, то для высокопрочного бетона этот показатель составляет всего 5,6, т. е. эффективность использования вяжущего вещества в бетонах нового поколения возрастает более чем в 2 раза. Исследования, выполненные на низкомарочных традиционных бетонах с добавками СП и ГП, показали, что за счет снижения водосодержания смесей прочность бетона может быть повышена на 35...40 %. Дальнейшее повышение может быть достигнуто лишь за счет применения тонкомолотых микронаполнителей и мытого мелкого песка, используемых совместно с СП и ГП.

Таблица 2

Кинетика твердения и прочность высокопрочного бетона

Состав	Расход, кг на 1 м ³	В : Ц	Плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа		
				1 сут	7 сут	28 сут
ЦЕМ I 42,5	675	0,348	2275	71,3	105	120,4
Микрокварц $S_{уд} = 2500 \text{ см}^2/\text{г}$	305					
Песок тонкозерни- стый, 0...0,63 мм	1035					
Микрокремнезем	78					
Гиперпластификатор Melflux 1641	6					
Вода	235					

Результаты исследований кинетики твердения традиционных тяжелых бетонов с противоморозными добавками в условиях малых отрицательных температур показали, что все исследуемые добавки обеспечивают необходимый набор прочности бетона, равный не менее 30 % от прочности аналогичного бетона, твердеющего в нормальных условиях, и в возрасте 90 сут бетон практически набирает требуемую проектную прочность (табл. 3).

Таблица 3

Кинетика твердения традиционного тяжелого бетона с противоморозными добавками при малых отрицательных температурах

Состав	Количество добавки, % от массы цемента	Температура твердения, °С	Прочность в % от R_{28} нормального твердения, через сут			
			7	14	28	90
ЦЕМ I 32,5 состав бетона Ц : П : Ш : В 1 : 2,2 : 4,2 : 0,65 $R_{28} = 23,0 \text{ МПа}$ без добавки		18	60	75	100	117
С добавкой: нитрита натрия	4	-5	25	50	62	80
хлорида кальция	4	-5	30	60	80	102
хлорида натрия	4	-5	26	58	75	98
ацетата кальция	4	-5	30	53	65	88
ацетата натрия	4	-5	27	49	60	82

Исследования кинетики твердения высокопрочных бетонов и бетонов переходного поколения классов В40...В50 с комплексными противоморозными добавками для теплого бетона были выполнены при строительстве 16-этажного жилого дома из монолитного бетона в г. Пензе.

Бетонирование элементов перекрытия осуществлялось партиями по 50 м³ в смену. Бетон укрывался матами из минеральной ваты через полиэтилено-

вую пленку. Температура наружного воздуха изменялась в пределах от -5 до -10 °С. Исследования показали, что безобогревный укрывной бетон с добавкой нитрита натрия достигает проектной прочности через 17...20 сут, а прочность бетона с противоморозными добавками в количестве 4...5 % от массы цемента с дополнительным прогревом греющим проводом достигает к 28 сут 110...120 % проектной прочности.

Расчеты параметров структурной топологии, выполненные в [17], показали, что порошковоактивированные щебеночные и мелкозернистые бетоны должны иметь в своем составе три различных по масштабному уровню дисперсности реологические матрицы. Показано, что даже при расходе цемента $\rho = 319 \text{ кг/м}^3$ в сочетании с молотым песком ($S_{уд} = 3200 \text{ см}^2/\text{г}$), тонким кварцевым песком (0,16...0,63), микрокремнеземом (7 % от массы цемента), крупного песка трех фракций и щебня прочных пород, при $V : \rho = 0,376$ в возрасте 1 сут достигнута прочность при сжатии $R = 66 \text{ МПа}$, а в возрасте 28 сут — 133 МПа.

Таким образом, перспективным направлением в технологии зимнего бетонирования является широкое внедрение в производство бетонов нового поколения или реологическая «трансформация» традиционных бетонов. Основной задачей при использовании подобных технологий является максимальное сокращение водосодержания смесей и обеспечение высоких темпов набора требуемой прочности (1...2 сут). В отношении широкого внедрения комплексных противоморозных добавок на основе СП и ГП следует отметить, что СП, как на основе С-3, так и современные поликарбоксилатные ГП являются малоэффективными в бетонах с расходом цемента 200...300 кг/м^3 , и причину не следует искать в структуре молекул или длине цепей СП и ГП.

Для повышения эффективности суперпластификаторов необходимо модифицировать низкоцементные бетоны добавлением равного количества (до 100 % от количества цемента) тонкодисперсной матрицы. Лучшие результаты можно получить при использовании порошков, полученных помолом плотных и прочных горных пород, которые, кроме того, являются гидратационно активными. Состав бетона должен быть представлен не менее чем двумя фракциями песка и тонкодисперсной матрицей. Иными словами, должна быть осуществлена «порошковая активация» традиционных бетонов. Противоморозные добавки на основе СП и ГП будут в большей степени выполнять пластифицирующую функцию, чем противоморозную, и, в принципе, от весьма незначительного количества противоморозного компонента в структуре комплексных смесей для «теплого» бетона можно отказаться. Противоморозные добавки для «холодного» бетона, наряду с пластифицирующим компонентом в количестве не более 1,5 % от массы цемента должны содержать значительное количество противоморозного компонента (3...10 % от массы цемента). При этом пластифицирующие и противоморозные компоненты следует вводить отдельно.

В пластифицированных бетонных смесях для многофункциональных бетонов нового поколения реологической основой является сложная дисперсия, состоящая из цемента, молотого песка, тонкомолотой каменной муки, микрокремнезема и воды. В этом случае появляется возможность в большей степени, по сравнению с цементно-водной дисперсией, снижать водосодержание смесей, повышать плотность и прочность бетона. При использовании тонкодисперсных порошков важно, чтобы реологическая активность дисперсной

составляющей сочеталась с гидратационной активностью. Эти критерии должны быть основными при выборе тонкомолотых микронаполнителей.

Высокая текучесть реакционно-активированных мелкозернистых и щебеночных бетонных смесей позволяет использовать их для самоуплотняющихся бетонных смесей. Применение высокопрочных и самоуплотняющихся бетонных смесей в технологии зимнего бетонирования позволяет получать высокие физико-механические показатели бетонов, в т. ч. в ранние сроки твердения (1...3 сут). Широкое внедрение технологий высокопрочных бетонов имеет ряд технико-экономических преимуществ перед традиционными бетонами:

- снижается расход тепловой или электроэнергии в зимний период при монолитном строительстве за счет быстрого набора прочности бетона, достигающей за 1 сут 40...60 МПа;
- повышается оборачиваемость опалубки, возрастают темпы строительства;
- снижается трудоемкость при использовании самоуплотняющихся бетонных смесей за счет исключения операции уплотнения бетона;
- реализуется возможность использования кварцевых песков и отходов камнедробления, имеющихся в больших количествах во многих регионах страны;
- повышается эффективность использования цемента в составе бетонов нового поколения за счет снижения показателя удельного расхода цемента на единицу прочности;
- повышаются технико-экономические показатели производства активированных реакционно-порошковых компонентов бетонов нового поколения на цементных заводах, располагающих комплексом технологического оборудования (сушильного, помольного, весового и т. д.).

При широком внедрении высокопрочных бетонов нового поколения в технологию зимнего бетонирования в составе добавок, предназначенных для «теплых» бетонов, целесообразно использовать только пластифицирующие компоненты, а от противоморозных и малоэффективных при небольших дозировках компонентов можно отказаться.

Будущее бетонов связано с использованием тонкодисперсных реологически и реакционно активных микронаполнителей в сочетании с высокоэффективными СП и ГП, что позволяет достигать 2...3-кратного снижения водопотребности смесей и получать многофункциональные бетоны, обладающие, наряду с высокой прочностью, высокими показателями других физико-механических свойств и долговечности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Миронов С. А., Лагойда А. В.* Бетоны, твердеющие на морозе. М. : Стройиздат, 1975. 265 с.
2. *Тараканов О. В.* Бетоны с модифицирующими добавками на основе вторичного сырья. Пенза : ПГУАС, 2004. 564 с.
3. *Тараканов О. В.* Цементные материалы с ускоряющими и противоморозными добавками на основе вторичного сырья. Пенза : ПГУАС, 2003. 422 с.
4. *Тараканов О. В., Акчурин Т. К., Ерофеева И. В., Белякова Е. А.* Повышение эффективности действия противоморозных добавок в технологии бетона // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 4(89). С. 114—129.

5. *Калашиков В. И.* Основы пластифицирования минеральных дисперсных систем для производства строительных материалов: дис... д-ра техн. наук. Воронеж, 1996. 89 с.
6. *Калашиков В. И.* Через рациональную реологию в будущее бетонов. Ч. 1. Виды реологических матриц в бетонной смеси и стратегия повышения прочности бетона и экономии его в конструкциях // Технологии бетонов. 2007. № 5. С. 8—10.
7. *Калашиков В. И.* Через рациональную реологию в будущее бетонов. Ч. 2. Тонкодисперсные реологические матрицы и порошковые бетоны нового поколения // Технологии бетонов. 2007. № 6. С. 8—11.
8. *Калашиков В. И.* Через рациональную реологию в будущее бетонов. Ч. 3: От высокопрочных и особо высокопрочных бетонов будущего к суперпластифицированным бетонам общего назначения настоящего // Технологии бетонов. 2008. № 1. С. 22—26.
9. Новые представления о механизме действия суперпластификаторов, совместно размолотых с цементом или минеральными породами / В. И. Калашиков, М. Н. Мороз, О. В. Тараканов, Д. В. Калашиков, О. В. Суздальцев // Строительные материалы. 2014. № 9. С. 70.
10. *Тараканов О.В., Белякова Е. А.* Формирование микроструктуры цементных материалов с минеральными комплексными добавками // Региональная архитектура и строительство. № 4(33). 2017 г. С. 60—69.
11. *Акчурин Т. К., Пушкарская О. Ю.* Использование местных нетрадиционных вторичных ресурсов в технологиях строительных композитов: монография. Волгоград: Изд-во ВолгГТУ, 2018. 216 с.
12. *Bornemann R., Fenling E.* Ultrahochfester Beton-Entwicklung und Verhalten // Leipziger Massivbauseminar. 2000. Bd. 10. Pp. 1—15.
13. *Schmidt M., Bornemann R.* Möglichkeiten und Crensen von Hochfester Beton // Proc. 14. Jbausil. 2000. Bd. 1. Pp. 1083—1091.
14. *Grübe P., Lemmer C., Rühl M.* Vom Gussbeton zum Selbstverdichtenden. Beton. Pp. 243—249.
15. *Kleingelhöfer P.* Neue Betoverflüssiger auf Basis Policarboxilat // Proc. 13. Jbasil Weimar. 1997. Bd. 1. Pp. 491—495.
16. *Калашиков В. И., Ананьев С. В., Хвастунов В. А., Мороз М. Н.* Бетоны нового поколения с низким удельным расходом цемента на единицу прочности // Вестник отделения строительных наук РААСН. 2010. Вып. 14. Т. 2. С. 27—32.
17. *Калашиков В. И.* Что такое порошково-активированный бетон нового поколения // Строительные материалы. 2012. № 10. С. 70—71.

© Тараканов О. В., Акчурин Т. К., Ерофеева И. В., Санягина Я. А., Душко О. В., 2024

Поступила в редакцию
в январе 2024 г.

Ссылка для цитирования:

Перспективы применения бетонов нового поколения в технологии зимнего бетонирования / О. В. Тараканов, Т. К. Акчурин, И. В. Ерофеева, Я. А. Санягина, О. В. Душко // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Вып. 1(94). С. 81—90. DOI: 10.35211/18154360_2024_1_81.

Об авторах:

Тараканов Олег Вячеславович — д-р техн. наук, проф., Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. Российская Федерация, 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28; tarov60@mail.ru

Акчурин Талгать Кадимович — советник РААСН, канд. техн. наук, проф., проф. каф. строительных материалов и специальных технологий, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; info@vgasu.ru; Scopus ID: 57190967539

Ерофеева Ирина Владимировна — канд. техн. наук, доц. каф. основ архитектуры и художественных коммуникаций, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (МГСУ). Российская Федерация, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; ira.erofeeva.90@mail.ru; ORCID: 0000-0003-1506-8502

Санягина Яна Андреевна — исполнительный директор, ООО «3Д-БЕТОН». Российская Федерация, 440056, г. Пенза, ул. Ивановская, 148, пом. № 21-4; sanyagina@mail.ru

Душко Олег Викторович — д-р техн. наук, доц., зав. каф. строительной механики, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; ovd28@mail.ru; ORCID: 0000-0002-3982-1899

**Oleg V. Tarakanov^a, Talgat K. Akchurin^b, Irina V. Erofeeva^c, Yana A. Sanyagina^d,
Oleg V. Dushko^b**

^a *Penza State University of Architecture and Construction*

^b *Volgograd State Technical University*

^c *Moscow State University of Civil Engineering*

^d *“3D-BETON” LLC*

PROSPECTS FOR THE USE OF NEW GENERATION CONCRETES IN WINTER CONCRETING TECHNOLOGY

The expediency and effectiveness of the use of antifreeze additives in the technology of “cold” and “warm” concrete are analyzed. Using the example of studies of the kinetics of hardening and strength of traditional and high-strength concretes, the expediency of using high-strength concretes in winter concreting technology is shown in terms of a high rate of strength gain over a period of 1...3 days and a low specific consumption of cement per unit strength. The high efficiency of the use of high-strength concrete in the conditions of a construction site during the construction of a 16-storey residential building is shown. The technical and economic advantages of using high-strength concrete in winter concreting technology are shown.

Key words: winter concreting, “cold” and “warm” concrete, antifreeze additives, super- and hyperplasticizers, traditional and high-strength concretes, early concrete structure, hardening kinetics, strength, “critical” strength, freezing rate, rheological and hydration activation, mineral microfillers, technical and economic efficiency of high-strength concretes.

For citation:

Tarakanov O. V., Akchurin T. K., Erofeeva I. V., Sanyagina Ya. A., Dushko O. V. [Prospects for the use of new generation concretes in winter concreting technology]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2024, iss. 1, pp. 81—90. DOI: 10.35211/18154360_2024_1_81.

About authors:

Oleg V. Tarakanov — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Penza State University of Architecture and Construction. 28, Titova st., Penza, 440028, Russian Federation; tarov60@mail.ru

Talgat K. Akchurin — Candidate of Engineering Sciences, Professor, Advisor of Russian Academy of Architecture and Building Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; info@vgasu.ru; Scopus ID: 57190967539

Irina V. Erofeeva — Candidate of Engineering Sciences, Moscow State University of Civil Engineering (MGSU). 26, Yaroslavskoe highway, Moscow, 129337, Russian Federation; ira.erofeeva.90@mail.ru; ORCID: 0000-0003-1506-8502

Yana A. Sanyagina — Executive Director, “3D-BETON” LLC. Room No. 21-4, 148, Ivanovskaya st., Penza, 440056, Russian Federation; sanyagin@mail.ru

Oleg V. Dushko — Doctor of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; ovd28@mail.ru; ORCID: 0000-0002-3982-1899