

УДК 691.535

А. М. Биккенов, Р. А. Ибрагимов, В. С. Изотов

## ТЕХНОЛОГИЯ ЗИМНЕГО БЕТОНИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОТИВОМОРОЗНЫХ ДОБАВОК

*Ключевые слова: противоморозные добавки, технология зимнего бетонирования.*

*В данной работе рассматривается влияние механоактивации цементной суспензии с применением противоморозных добавок на свойства растворных смесей, твердеющих при отрицательных температурах. Показано, что совместное применение механоактивации и противоморозных добавок позволяет повысить эффективность исследуемых добавок, что открывает возможности применения их в технологии зимнего бетонирования.*

*Keywords: antifreeze additives, technology concreting with antifreeze additives.*

*The article discusses the use of mechanical activation of the concrete mix with the addition of antifreeze additives for mortars, hardening at low temperatures.. It is shown that the use of mechanical activation and antifreeze additives can improve the efficiency of the studied additives, which opens up the possibility of using them in the technology of winter concreting.*

### Введение

Климатические особенности России обусловили особые требования, предъявляемые к строительным материалам. Высокая влажность, в сочетании с низкой температурой в зимний период в северных районах страны, разрушительным образом воздействует на бетон, замедляя процесс гидратации бетонной смеси, тем самым препятствуя достижению необходимой прочности.

Авторами была поставлена задача выявить прочностные характеристики бетона с применением противоморозных добавок и механоактивацией при гидратации, происходящей в среде с отрицательной температурой. В статье представлены результаты испытания бетона на прочность при сжатии.

Эффектам механоактивации материалов путем измельчения на практике отводят важную роль в связи с улучшением их технологических свойств, таких как, повышение скорости образования химических соединений и прочностных параметров конечных продуктов при производстве строительных материалов. Изменения технологических свойств оценивают различными параметрами в зависимости от вида измельчения и предназначения структурно-модифицированных материалов: вязкими свойствами, прочностью изделий, скоростью растворения, температурой реакции, расходом реагентов, степенью раскрытия ценных минералов, эффективностью обогащения [1].

Повышение скорости возведения железобетонных зданий и сооружений требуют применения цементов, обеспечивающих высокую прочность. Одним из путей повышения качества цемента, сокращения времени достижения цементом марочной прочности и обеспечения более полного использования химической энергии вяжущего в сроки является повышение его тонины и обеспечение рационального гранулометрического состава при измельчении [2]. Этого эффекта можно добиться, используя известные методы активаций вяжущего бетонных смесей. Процесс диспергации вяжущего в водной среде можно интенсифицировать за счет допол-

нительного введения поверхностно активных веществ (ПАВ). Такой процесс можно назвать механохимической активацией (МХА) [3].

Известны комплексные добавки для повышения физико-механических свойств бетона [4], но технология зимнего бетонирования требует использования специальных добавок на поликарбоксилатной основе, позволяющих получить высокопрочные и высококачественные бетоны с низким водоцементным отношением и величиной капиллярной пористости, твердеющих при отрицательной температуре.

### Методы и материалы

В данной работе приведены исследования влияния противоморозных добавок «Одолит-Фриз» и «Реламикс Т-2», выпускаемых компанией ООО «Сервис-Групп» и ООО «Полипласт» соответственно, совместно с механохимической активацией цементной суспензии на основные свойства цементно-песчаного раствора, служащий моделью тяжелого бетона. Добавка «Одолит-Фриз» представляет собой высокоэффективный суперпластификатор с противоморозным эффектом, самоуплотняющим и последующим ускоряющим действием на основе специальных карбоксилатов. Добавка «Реламикс Т-2», являющаяся суперпластификатором, состоит из натриевых солей полиметиленафталинсульфоокислот различной молекулярной массы.

Эксперименты проводили следующим образом. Растворную смесь состава 1:3 (цемент : песок) затворяли водопроводной водой, в которой предварительно размешивалась противоморозная добавка, в количестве 3-4 % от массы цемента, рекомендуемым производителем для отрицательных температур -15 °С и -20 °С. Экспериментальные работы выполнялись по методике ГОСТ 30459-2008 для «холодного» и «теплого» бетонов с использованием портландцемента М400 Д20 Ульяновского завода. В качестве мелкого заполнителя использовался песок Камско-Устьинского месторождения с модулем крупности 2.7. Затем данная смесь подвергалась МХА в роторно-пульсационном аппарате РПА 0.8-

55А-2.2УЗ по ТУ 5132-001-70447062 и укладывалась в формы размером 70,7x70,7x70,7 мм, которые помещались в холодильные камеры и твердели при температуре -15 °С.

### Результаты

Изучено влияние исследуемых противоморозных добавок совместно с МХА цементной суспензии на физико-механические свойства цементного раствора.

Оптимальное время МХА составило две мин [3].

Дозировка добавок принята в процентах от массы цемента. Составы растворных смесей приведены в табл. 1.

**Таблица 1 – Составы растворных смесей**

Наименование добавки	Цемент, г	Песок, г	В/Ц	Время МХА, мин
-	700	2100	0,42	-
Фриз (3%)	700	2100	0,29	-
Фриз (4%)	700	2100	0,30	-
Фриз (3%)	700	2100	0,33	2
Т-2 (3%)	700	2100	0,33	-
Т-2 (3%)	700	2100	0,32	2

Проведены испытания по определению нормальной густоты и сроков схватывания цементного теста по ГОСТ 310.3-76. Результаты представлены в табл. 2.

**Таблица 2 – Результаты испытаний на нормальную густоту и сроки схватывания цементного теста**

Наименование добавки	Дозировка, % от массы цемента	Нормальная густота	Начало схватывания, мин	Конец схватывания, мин
-	-	0,27	295	365
Т-2	1	0,24	-	-
	1,5	0,22	235	320
	2	0,21	-	-
Фриз	1	0,23	-	-
	1,5	0,22	215	320
	2	0,20	-	-

По результатам табл. 2 видно, что все добавки сокращают количество воды затворения для достижения нормальной густоты цементного теста. Так, добавка «Т-2» сокращает количество воды затворения на 22% (нормальная густота уменьшается с 0,27 до 0,21), а добавка «Фриз» - на 26% (нормальная густота уменьшается с 0,27 до 0,20), в тоже время сокращаются сроки схватывания цементного теста на 45-80 мин.

При определении прочности «холодного бетона» проведена серия испытаний каждого состава и определены средние прочностные показатели. После изготовления бетонной смеси, кубики помещены в морозильную камеру на 28 суток, по достижению

которых и последующего оттаивания в течение 4 часов, были испытаны на прочность при сжатии. Результаты испытания на прочность образцов «холодного бетона» представлены в табл. 3.

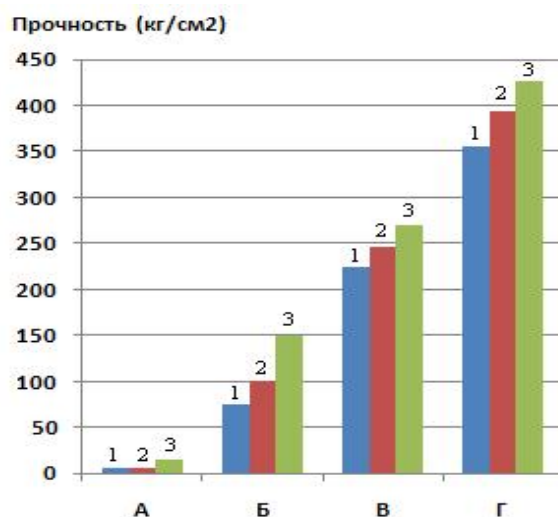
**Таблица 3 – Результаты испытания образцов на сжатие для «холодного» цементного теста \***

Наименование добавки	R <sub>сж</sub> на 28 суток (кг/см <sup>2</sup> )	% R <sub>сж</sub>
-	374	100%
«Фриз» 4%	92	25
«Фриз» 3%	56	14
«Фриз» 3%	118	31
«Т-2»	12	3
«Т-2»	6	1,5

\* - составы соответствуют табл.1

Введение противоморозных добавок в сочетании с применением МХА бетонной смеси должно обеспечить набор необходимой прочности при испытаниях «холодного бетона» более 30% по сравнению с контрольными образцами по ГОСТ 24211-2008. Из таблицы видно, что таким запасом прочности обладает только образец с добавкой «Одолит-Фриз» в количестве 3% от массы цемента, изготовленная с применением МХА (образец под номером 4), у которого прочность сжатия на 28 суток составила 31% от прочности контрольных образцов.

Проведена серия испытаний для «теплого» бетона с добавкой «Одолит-Фриз» и применением МХА 50% от массы вяжущего с различной вариацией выдерживания образцов в среде с отрицательной температурой по времени. Результаты представлены на рис.1.



**Рис. 1 – Результаты испытания прочности образцов на сжатие для «теплого» бетона: А – выдерживание образца 1 сутки - 15°С сразу после изготовления; Б – 1 сутки нормального хранения; В – 4 часа при -15°С и 27 суток нормального хранения; Г – 28 суток нормального хранения. 1 – контрольный образец; 2 – образец с добавкой «Фриз» (3%) и МХА; 3 - образец с добавкой «Фриз» (4%) и МХА**

Из данных, приведенных на рис. 1 видно, что введение противоморозных добавок в сочетании с МХА вяжущего приводит к значительному повышению прочности бетона по сравнению с контрольным образцом цементного камня во все сроки твердения. Испытания для «теплого» бетона показали, что совместное применение суперпластификаторов в сочетании с МХА цементной суспензии приводит к повышению прочности при сжатии тяжелого бетона более, чем на 120% по сравнению с контрольными образцами, что удовлетворяет условиям ГОСТ 24211-2008, требующего минимального повышения прочности на 90% для «теплого» бетона.

### Заключение

Анализ полученных результатов показывает, что технология применения противоморозных добавок в сочетании с МХА вяжущего позволяет значительно сократить сроки и стоимость строительства в зимний период времени, повысить эф-

фективность пластифицирующих добавок, а также производить экономию электроэнергии при сочетании различных способов электрообогрева.

### Литература

1. Kovalenko, V. Impact of mechanical activation of binding agent and filler on strength properties of concrete / V. Kovalenko, L. Gorobets. // Scientific Bulletin of the National mining university. – The scientific and technical journal. - Dnipropetrovsk. - № 6, 2008. – P. 27-28.
2. В.В. Плотников. Интенсивная ресурсосберегающая технология монолитного бетона. - Брянск., 1997 г., -111 с.
3. Р.А. Ибрагимов, В.С. Изотов, С.И. Пименов. Влияние механохимической активации вяжущего на свойства мелкозернистого бетона. Инженерно-Строительный журнал. 2015. № 2 (54). С. 63-69
4. Изотов В.С., Ибрагимов Р.А. Новые комплексные добавки на основе эфиров поликарбоксилатов. Строительные материалы. 2012. № 3-4. С. 34.

---

© **А. М. Биккенов** - магистрант гр. 03СМ203 КГАСУ, albert\_bikkenov@mail.ru; **Р. А. Ибрагимов** - канд. техн. наук, доц. каф. «Технология, организация и механизация строительства» КГАСУ, rusmag007@yandex.ru; **В. С. Изотов** - д-р техн. наук, проф., зав. каф. «Технология, организация и механизация строительства» КГАСУ, v\_s\_izotov@mail.ru.

© **A. M. Bikkenov**, student gr. 03SM203 Kazan State University of Architecture and Engineering, albert\_bikkenov@mail.ru; **R. A. Ibragimov**, Ph.D., Associate Professor, Kazan State University of Civil Engineering, Department of "Technology, organization and mechanization of construction"; rusmag007@yandex.ru; **V. S. Izotov**, D. Sc. in Engineering, Prof., Head of Dept. of "Technology, Organization and Mechanization of Construction", Kazan State University of Architecture and Engineering, v\_s\_izotov@mail.ru.