

УДК 666.972.162

DOI 10.51691/2541-8327_2021_12_4

***ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОТИВОМОРОЗНОЙ ДОБАВКИ
НИТРИТ-НИТРАТ ХЛОРИДА КАЛЬЦИЯ НА ДИНАМИКУ НАБОРА
ПРОЧНОСТИ БЕТОНОМ В ВОЗРАСТЕ ДО 90 СУТ.***

Ивкин А.Н.

доцент,

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ в г.

Шахты,

Шахты, Российская Федерация

Гордиенко М.В.

Заместитель главного инженера ПАО «Газпром газораспределение Ростов-на-Дону»,

ПАО «Газпром газораспределение Ростов-на-Дону»,

Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Сердюков В.В.

главный инженер проекта ООО «АС-Проект»,

ООО «АС-Проект»,

Шахты, Российская Федерация

Постовой А.А.

студент,

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ в г.

Шахты,

Шахты, Российская Федерация

Аннотация. В работе рассмотрено влияние противоморозной добавки нитрит-нитрат хлорида кальция на динамику набора бетоном прочности. Обоснована актуальность выполняемого исследования, приведен разработанный план эксперимента, модель описывающая зависимость прочности от возраста образца и содержания добавки, сделаны выводы отражающие результаты проделанной работы. Представлены результаты исследований прочности образцов и влияния добавки, в таблице приведен расчет стоимости смеси при введении в ее состав добавки.

Ключевые слова: бетон, набор прочности, подвижность смеси, экспериментальные исследования, добавки.

***INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE ANTIFREEZE ADDITIVE
NITRITE-NITRATE OF CALCIUM CHLORIDE ON THE DYNAMICS OF
STRENGTH GAIN BY CONCRETE AT THE AGE OF UP TO 90 DAYS.***

Ivkin A.N.

Associate Professor,

Institute of Service and Entrepreneurship (branch) DSTU in Shakhty,

Shakhty, Russian Federation

Gordienko M.V.

Deputy Chief Engineer of PJSC Gazprom Gas Distribution Rostov-on-Don,

PJSC Gazprom Gas Distribution Rostov-on-Don,

Rostov-on-Don, Russian Federation

Serdyukov V.V.

Chief Project Engineer of AS-Project LLC,

AS-Project LLC,

Shakhty, Russian Federation

Postovoy A.A.

student,

Institute of Service and Entrepreneurship (branch) DSTU in Shakhty,

Shakhty, Russian Federation

Abstract. The paper considers the effect of the antifreeze additive nitrite-nitrate of calcium chloride on the dynamics of concrete strength gain. The relevance of the research is substantiated, the developed experimental plan is given, a model describing the dependence of strength on the age of the sample and the content of the additive, conclusions reflecting the results of the work done are made. The results of studies of the strength of samples and the effect of the additive are presented, the table shows the calculation of the cost of the mixture when the additive is introduced into its composition.

Keywords: concrete, strength set, mobility of the mixture, experimental studies, additives.

Большая часть территории РФ расположена в зоне отрицательных среднегодовых температур, более 60% территории сложено вечномёрзлыми грунтами и период положительных суточных температур длится лишь несколько месяцев. В этих условиях при строительстве часто возникает потребность в ведении работ при значительных отрицательных температурах до -25 град. и ниже. Ведение монолитных бетонных работ при таких температурах крайне затруднено и требует применения специальных мероприятий, так как при снижении температуры смеси менее 0 град. вода переходит в твердое состояние и процессы гидратации останавливаются. Как показывают исследования, если до замерзания конструкция не набрала критическую прочность, то после оттаивания набор прочности идет менее интенсивно и бетон не достигает проектных значений прочности.

В указанном диапазоне температур до -25 град. могут применяться лишь некоторые добавки, одна из них - нитрит-нитрат-хлорид кальция (ННХК), используемая для ускорения схватывания и твердения бетона. Выпускается она согласно ТУ 6-18-157-73 1-3. Добавка состоит из трех компонентов в соотношении 1:1:2 (нитрата кальция, нитрита кальция и хлорида кальция). Важнейшим ее достоинством является то, что вода при ее введении замерзает лишь при -48 град., что позволяет использовать ее даже при очень низких температурах. Также достоинством является ее полная пожарная безопасность и отсутствие влияния на коррозию арматуру [1-2].

В настоящее время в строительстве все шире распространяются бетоны повышенной прочности, поэтому в своем исследовании я рассматриваю бетон класса В25.

В соответствии с указаниями производителей добавки, гарантирующим набор прочности до -30 град. выделим три температурных диапазона, в пределах которых и будем проводить исследования: -5 град., -15 град., -25 град [3-4].

Состав бетонной смеси принимаем исходя из требуемого класса бетона В25:

- песок, добываемый ООО «Паллада», 762 кг., модуль крупности =2-2,5;
- щебень, фракция до 20 мм, добываемый ООО «Прогресс», 1000 кг.;
- цемент, марки М500, изготавливаемый ЗАО "Углегорск-Цемент" – 400 кг.
- вода, 175 л.
- добавка – нитрит-нитрат хлорида кальция (ТУ 6-18-157-73 1-3) от 7 до 15% от массы цемента, производства ООО «Химпэк».

Исследование проводилось по ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. При проведении исследований с помощью специальных форм изготавливались образцы кубической формы с длиной грани 100 мм.

Для изготовления образцов использовалось следующее оборудование: формы по ГОСТ 22685-89, камера нормального твердения, лабораторная виброплощадка. Для проведения испытаний на сжатие: пресс для испытаний на сжатие по ГОСТ 22840–90, дополнительные стальные плиты, устройства для центрирования образцов относительно геометрической оси испытательной машины.

В ходе проведения экспериментальных исследований образцы одной серии выдерживались при заданной температуре твердения до проведения опыта. Нагрузку к образцам прикладывали непрерывно со скоростью, обеспечивающей повышение расчетного напряжения в образце до его полного разрушения в пределах $(0,6 \pm 0,4)$ МПа/с.

Испытания проводились в четыре серии. В ходе испытаний определялась прочность образцов приведенного в таблице 1 состава в возрасте 7, 14, 28 и 90 сут. Результаты испытаний сведены в таблицы 2-5. В каждый из перечисленных дней в рамках каждой серии испытывалось по три образца. Далее данные по трем образцам усреднялись и выводили среднее значение прочности.

Таблица 1 – Условия проведения эксперимента

№	Состав бетона (в расчете на 1 м куб.)				Содержание добавки, кг.	Температура выдерживания образцов, t, град.
	песок, кг	щебень, кг	цемент, кг	вода, кг		
1	762	1000	400	175	0	+20
2					28	-5
3					40	-15
4					60	-25

Таблица 2 – Результаты исследования прочности образцов в возрасте 7 сут.

№	Прочность образца в возрасте 7 сут., МПа				Средняя прочность образца к прочности в возрасте 28 сут., %
	обр. №1	обр. №2	обр. №3	Средняя	
1	25,77	24	21,89	23,89	76,62
2	11,87	12,8	13,38	12,68	40,67
3	6,93	6,4	6	6,44	20,65
4	2,98	3,2	2,9	3,03	9,72

Таблица 3 – Результаты исследования прочности образцов в возрасте 14 сут.

№	Прочность образца в возрасте 28 сут., МПа				Средняя прочность образца к прочности в возрасте 28 сут., %
	обр. №1	обр. №2	обр. №3	Средняя	
1	27,29	27,13	28,8	27,74	88,97
2	20,57	18,86	19,2	19,54	62,67
3	11,15	10,12	11,2	10,82	34,7
4	4,64	4,84	4,8	4,76	15,27

Таблица 4 – Результаты исследования прочности образцов в возрасте 28 сут.

№	Прочность образца в возрасте 90 сут., МПа				Средняя прочность образца к прочности в возрасте 28 сут., %
	обр. №1	обр. №2	обр. №3	Средняя	
1	32	31,16	30,39	31,18	100
2	25,6	23,19	23,2	24	76,97
3	14,4	13,94	13,59	13,98	44,84
4	8	7,53	7,67	7,73	24,79

Таблица 5 – Результаты исследования прочности образцов в возрасте 90 сут.

№	Прочность образца в возрасте 90 сут., МПа				Средняя прочность образца к прочности в возрасте 28 сут., %
	обр. №1	обр. №2	обр. №3	Средняя	
1	33,92	33,51	31,15	32,86	105,39
2	32	29,43	31,71	31,05	99,58
3	22,4	21,63	21,88	21,97	70,46
4	12,8	11,79	11,53	12,04	38,61

Зависимости прочности образца от времени твердения представлена на рисунке 1.

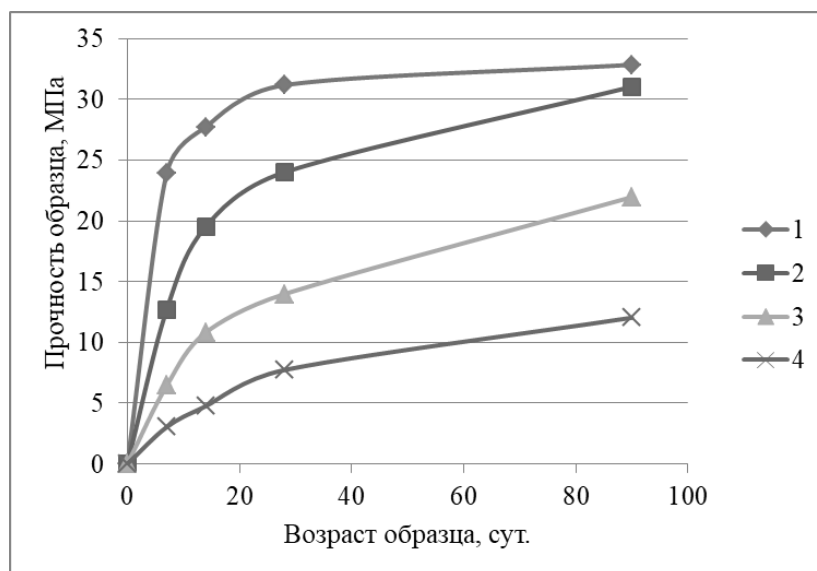


Рис. 1 – Зависимость прочности образца от времени твердения¹

Зависимости изменения прочности образца от температуры твердения и содержания ННХК представлено на рисунке 2.

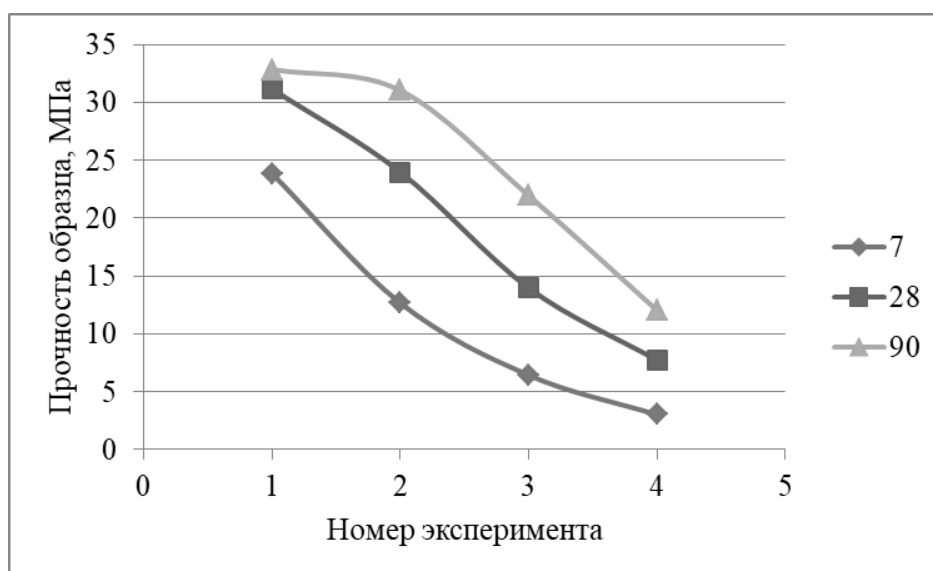


Рис. 2 – Зависимость изменения прочности образца от температуры твердения и содержания ННХК²

Результаты расчета стоимости бетонной смеси сведены в таблицу 6.

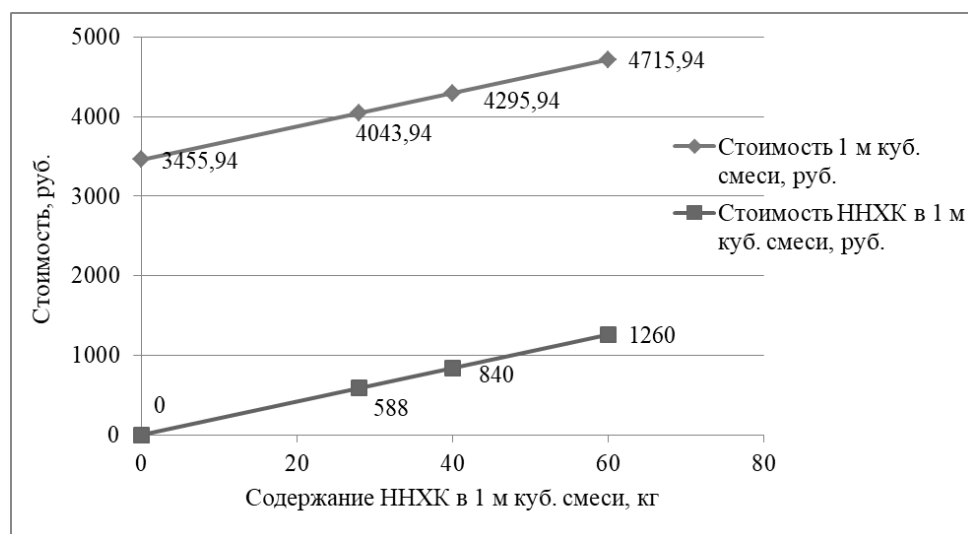
¹ Составлено авторами

² Составлено авторами

Таблица 6 – Расчет стоимости бетонной смеси

№	Стоимость единицы измерения компонента, руб.					Стоимость компонента в 1 м куб. смеси, руб.					Стоимость 1 м куб. смеси, руб.	Удорожание смеси, %
	песок, кг	щебень, кг	цемент, кг	вода, кг.	ННХ К, кг.	песок	щебень	цемент	вода	ННХК		
1	0,35	1,14	5,1	0,055	21	266,7	1140	2040	9,24	0	3455,94	0
2										588	4043,94	17,01
3										840	4295,94	24,31
4										1260	4715,94	36,46

Рост стоимости смеси в зависимости от содержания в ней добавки представлен на рисунке 3.

Рис. 3 – Рост стоимости 1 м куб. смеси и содержащейся в ней добавки³

Выводы:

1. При введении нитрит-нитрат хлорида кальция в объеме рекомендованном производителем для данной температуры твердения набор бетоном прочности при температурах до -25 град. не останавливался, что подтверждает возможность использования данной добавки при низких температурах.

³ Составлено авторами

2. При снижении температуры от -5 до -15 и от 15 до -20 градусов отмечалось снижение набранной образцами прочности в два раза.

3. Рост прочности образцов бетона продолжался до 90 сут., причем этот процесс происходит гораздо более интенсивно, чем в бетонах без добавки.

4. С ростом содержания в пределах рекомендуемых производителем значений – 7-15% от массы цемента во всех рассмотренных диапазонах температур прочность образцов оказалась существенно ниже, чем в контрольной группе и в возрасте 90 сут. не достигала проектной, составляя при -25 град. выдерживания лишь 12,04 МПа, или 38,61% от проектной.

5. Ввиду достаточно большого содержания добавки (до 15% от массы цемента), несмотря на относительно низкую стоимость добавки ее вклад в стоимость 1 м. куб. бетонной смеси является существенным и изменяется в зависимости от содержания от 17% до 36%.

6. Использование формиата натрия в качестве единственного средства при бетонировании в условиях зимнего периода не может быть рекомендовано в диапазоне температур ниже -5 град. Так как уже при -15 град. в течение 28 сут. твердения обеспечивает набор менее 40% от проектной прочности.

Библиографический список:

1. Масленников С.А. К вопросу о регулировании деформационных свойств бетона / С.А. Масленников, К.Н. Мирошниченко, К.С. Яковлева // В сборнике: Научно-технические проблемы строительства и техносферной безопасности. – Шахты, 2015. – С. 54-59.

2. Прокопов А.Ю. О влиянии специфических условий строительства вертикальных стволов на формирование прочностных характеристик бетона / А.Ю. Прокопов, С.А. Масленников, Д.И. Шинкарь // Научное обозрение. – 2013. – № 11. – С. 102-107.

3. Голик В.И. Требования к бетонам при подземной добыче руд / В.И. Голик, С.Г. Страданченко, С.А. Масленников // Технологии бетонов. – 2015. – № 7-8 (108-109). – С. 39-41.

4. Нажуев М.П. Изучение опыта регулирования свойств строительных изделий и конструкций путем направленного формирования их вариатропной структуры / М.П. Нажуев, А.В. Яновская, М.Г. Холодняк, А.К. Халющев, Е.М. Щербань, С.А. Стельмах // ИВД. – 2017. – №3 (46).

Оригинальность 82%