

Закрытое акционерное общество
"Сибирский научно-исследовательский
институт транспортного строительства"
ЗАО «СИБЦНИИТС»

630056, г. Новосибирск, 56, ул. Софийская, 18.
Тел. (3832) 45-55-87, 45-15-30
Факс (3832) 45-55-87
E-mail: sibcniits@mail.ru
Лицензии ГС-6-54-01-26-5408156170-003726-1,
ГС-6-54-01-27-5408156170-003725-1
от 2 августа 2004 г.
Свидетельство о государственной аккредитации
научной организации № 5286 от 10.12.2003 г.



«УТВЕРЖДАЮ»
Генеральный директор
ЗАО «СИБЦНИИТС»
Е.О. Гадилёв
2005 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

цементобетонных образцов с составом КАЛЬМАТРОН в морской воде (отчет)

Испытания проведены с 24 августа по 16 декабря 2004г. в лаборатории метрополитенов ЗАО «СИБЦНИИТС» в соответствии с рабочей «Программой испытаний защитных составов проникающего действия КАЛЬМАТРОН в агрессивной среде» и календарным планом работ на 2004 – 2005г.

1. УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЙ

Для проведения испытаний по методике математического планирования эксперимента в соответствии с Программой составлен план четырехфакторного эксперимента, включающий:

- выбор и варьирование факторов (параметров) (Таблица 1.1);
- построение комбинационного квадрата (Таблица 1.2);
- определение комбинаций вариантов факторов - серий образцов (Таблица 1.3).

Наименование и варианты параметров факторов

Таблица 1.1

№ пп	Наименование параметров	Изм.	Обозначение параметров	№, значение вариантов		
				1	2	3
1	Продолжительность испытаний	мес.	T	1	2	3
2	Концентрация раствора морской соли	%	K	1	3,5	6
3	Содержание ХАЧ от Ц по массе	%	X	2	6	10
4	Содержание цемента в сухой смеси по массе	%	Ц	30	40	50

Комбинаторный квадрат четырехфакторного трехвариантного эксперимента

Таблица 1.2

К	Т X Ц	1			2			3		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1						4			
	2								7	
	3	1								
2	1							8		
	2			2						
	3					5				
3	1		3							
	2				6					
	3									9

Комбинации вариантов факторов для изготовления серий образцов

Таблица 1.3

№ Серии	Шифр, ТКХЦ	Т, мес.	К, %	Х, %	Ц, %
13	1113	1	1,0	2	50
23	1232	1	3,5	10	40
33	1321	1	6,0	6	30
43	2131	2	1,0	10	30
53	2223	2	3,5	6	50
63	2312	2	6,0	2	40
73	3122	3	1,0	6	40
83	3211	3	3,5	2	30
93	3333	3	6,0	10	50

2. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

Для испытания в агрессивной среде было изготовлено 9 серий образцов – призм 40x40x160 и цилиндров Ø 150x30. Одна серия включает 12 призм (6 – основных, 6 – контрольных), 6 цилиндров (3 – основных, 3 – контрольных). Номера основных образцов: 1...6 (или 1...3), контрольных: 7...12 (или 4...6).

Материалы, использованные для изготовления образцов:

1. Портландцемент марки 400 Искитимского цементного завода.
2. КАЛЬМАТРОН (состав цементный защитный проникающего действия) фирмы ООО «КАЛЬМАТРОН-Н».
3. Песок речной фракцией 0... 0,63 мм.
4. Морская соль.

При изготовлении образцов определяли составы и физические показатели бетонной смеси (табл. 2.1).

Составы и физические показатели бетонной смеси

Таблица 2.1

№	Наименование показателей	Измеритель	Номер серии, дата изготовления образцов 2004 г.								
			13	23	33	43	53	63	73	83	93
			22.09	15.09	08.09	16.09	09.09	02.08	07.09	31.08	24.08
1	Состав смеси:										
	КАЛЬМАТРОН	кг/м ³	353	1496	697	1150	1034	292	866	228	1758
	Цемент	кг/м ³	706	-	232	-	346	584	289	456	-
	Песок	кг/м ³	705	374	1008	767	345	951	649	1214	-
	Вода	кг/м ³	397	338	261	270	388	329	339	257	397
	Водоцементное отношение	-	0,45	0,45	0,45	0,47	0,45	0,45	0,47	0,45	0,45
2	Насыпная масса	кг/м ³	1456	1485	1505	1501	1360	1504	1417	1543	1359
3	Плотность	кг/м ³	2161	2208	2198	2187	2113	2156	2143	2155	2155
4	Подвижность	см	10,8	6,1	0,8	2,5	8,3	5,7	8,1	1,0	3,5
5	Удобоукладываемость	-	уд.	хор.	уд.	уд.	уд.	уд.	уд.	уд.	уд.
6	Водоотделение	%	нет								
7	Сроки схватывания смеси: начало и конец	час-мин	2-30	0-15	0-10	0-40	0-10	2-20	0-15	2-30	1-15
			4-35	1-40	0-20	1-25	1-05	4-40	0-45	4-10	1-30

Результаты испытаний 9 серий образцов приведены в приложении (таблицы 1...18).

Установлено, что воздействие агрессивной среды не вызывает разрушение образцов (с потерей массы). Деструктивные нарушения бетона в агрессивной среде проявились только в изменении прочностных показателей, выявленные при испытаниях образцов (Таблица 2.2).

Испытания на водонепроницаемость показали, что образцы всех серий (включая основные и контрольные) при любых значениях факторов, выдержали давление 2,4 МПа, что соответствует марке W 24, но не является пределом (Таблица 2.2).

Учитывая отмеченные выше характер и степень влияния агрессивной среды на характеристики образцов, анализ путем математической обработки результатов проведен только по двум показателям:

- изменение прочности образцов на растяжение при изгибе $\delta R_{и}$, %;
- изменение прочности образцов на сжатие $\delta R_{с}$, %.

Значения показателей, полученных при испытаниях приведены в сводной таблице 2.2.

Значение показателей образцов – призм 40x40x160 мм и цилиндров Ø 150x30 мм по результатам испытаний в морской воде

Таблица 2.2

№№ серий	Дата изготовления образцов	Факторы				Показатели образцов						Водонепроницаемость		
						Прочность								
		На растяжение при изгибе			при сжатие			Основн., МПа	Контр., МПа	Изменен., %				
		Т мес	К %	Х %	Ц %	Основн., МПа	Контр., МПа				Изменен. %	Основн., МПа	Контр., МПа	Изменен., %
13	22.09.04	1	1,0	2	50	2,86	2,36	21,2	30,9	32,5	-4,9	2,4	2,4	0
23	15.09.04	1	3,5	10	40	2,71	1,99	36,2	24,3	24,1	0,80			
33	08.09.04	1	6,0	6	30	2,76	2,58	7,00	27,2	27,9	-2,5			
43	16.09.04	2	1,0	10	30	1,89	2,68	-29,5	28,1	28,9	-2,8			
53	09.09.04	2	3,5	6	50	2,36	2,56	-7,80	32,2	34,7	-7,2			
63	02.09.04	2	6,0	2	40	2,91	2,67	9,00	32,6	38,3	-14,9			
73	07.09.04	3	1,0	6	40	2,82	2,89	-2,40	35,0	38,4	-8,9			
83	31.08.04	3	3,5	2	30	2,46	2,51	-2,00	29,7	34,6	-14,2			
93	24.08.04	3	6,0	10	50	2,01	2,78	-27,7	29,2	31,5	-7,3			

3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

3.1. Показатели $\delta R_{и}$ и $\delta R_{с}$, полученные в результате испытаний (Таблица 2,2), аппроксимированы по методике планирования эксперимента в виде графиков и соответствующих им аналитических выражений частных и общих зависимостей показателей от факторов Т, К, Х, Ц.

В качестве аппроксимирующей функции для получения эмпирических зависимостей показателей $\delta R_{и}$ и $\delta R_{с}$ принят трехчлен – полином

$$y=ax+bx^2+c$$

- это выражение параболы в общем виде, смещенной относительно начала координат.

Параметры а, b и с при установлении эмпирических зависимостей вычисляли в процессе математической обработки значений показателей $\delta R_{и}$ и $\delta R_{с}$, приведенных в таблице 2.2, по методу наименьших квадратов.

3.2. Установление зависимости изменения прочности образцов на растяжение при изгибе $\delta R_{и}$.

Зависимость $\delta R_{и}$ получена в результате математической обработки значений показателей $R_{и}$ (таблица 2.2), приведенной в таблицах 3.2.1...3.2.5.

Расчетная схема по факторам Т и К

Таблица 3.2.1

Т, мес. К, %	1	2	3	Σ	ср
1,0	21,2(1)	-29,5(4)	-2,4(7)	-10,7	-3,6
3,5	36,2(2)	-7,8(5)	-2,0(8)	26,4	8,8
6,0	7,0(3)	9,0(6)	-27,7(9)	-11,7	-3,9
Σ	64,4	-28,3	-32,1	4,0	1,3
ср	21,4	-9,4	-10,7	1,3	0,43

Расчетная схема по факторам Х и Ц

Таблица 3.2.2

Х, % Ц, %	2	6	10	Σ	Ср.
30	-2,0(8)	7,0(3)	-29,5(4)	-24,5	-8,2
40	9,0(6)	-2,4(7)	36,2(2)	42,8	14,3
50	21,2(1)	-7,8(5)	-27,7(9)	-14,3	-4,8
Σ	28,2	-3,2	-21,0	4,0	1,3
Ср.	9,4	-1,1	-7,0	1,3	0,43

На основе данных таблиц 3.2.1 и 3.2.2 по методу наименьших квадратов вычислены коэффициенты (параметры) а, b, с и установлены частные и общая зависимости $\delta R_{и}^T$, $\delta R_{и}^K$, $\delta R_{и}^X$, $\delta R_{и}^Ц$, $\delta R_{и}$ по факторам Т, К, Х, Ц (таблицы 3.2.3 и 3.2.4)

Коэффициенты (параметры) эмпирических зависимостей показателя $\delta R_{и}$

Таблица 3.2.3

Коэффициенты	Зависимости по факторам			
	$\delta R_{и}^T$	$\delta R_{и}^K$	$\delta R_{и}^X$	$\delta R_{и}^Ц$
a	-75,05	13,99	-3,775	16,81
b	14,75	-2,0077	0,1437	0,208
c	81,7	-15,58	16,37	-325,3

Эмпирические зависимости показателя $\delta R_{и}$

Таблица 3.2.4

Характер	Формула	№
Частная	$\delta R_{и}^T = -75,05 T + 14,75 T^2 + 81,7$	3.2.1
	$\delta R_{и}^K = 13,99 K - 2,0077 K^2 - 15,58$	3.2.2
	$\delta R_{и}^X = -3,775 X + 0,1437 X^2 + 16,37$	3.2.3
	$\delta R_{и}^Ц = 16,81 Ц - 0,208 Ц^2 - 325,3$	3.2.4
Общая	$\delta R_{и} = -75,05 T + 14,75 T^2 + 13,99 K - 2,0077 K^2 - 3,775 X + 0,1437 X^2 + 16,81 Ц - 0,208 Ц^2 - 244,11$	3.2.5

Характер и степень изменения показателя $\delta R_{и}$

рис. 3.2.1

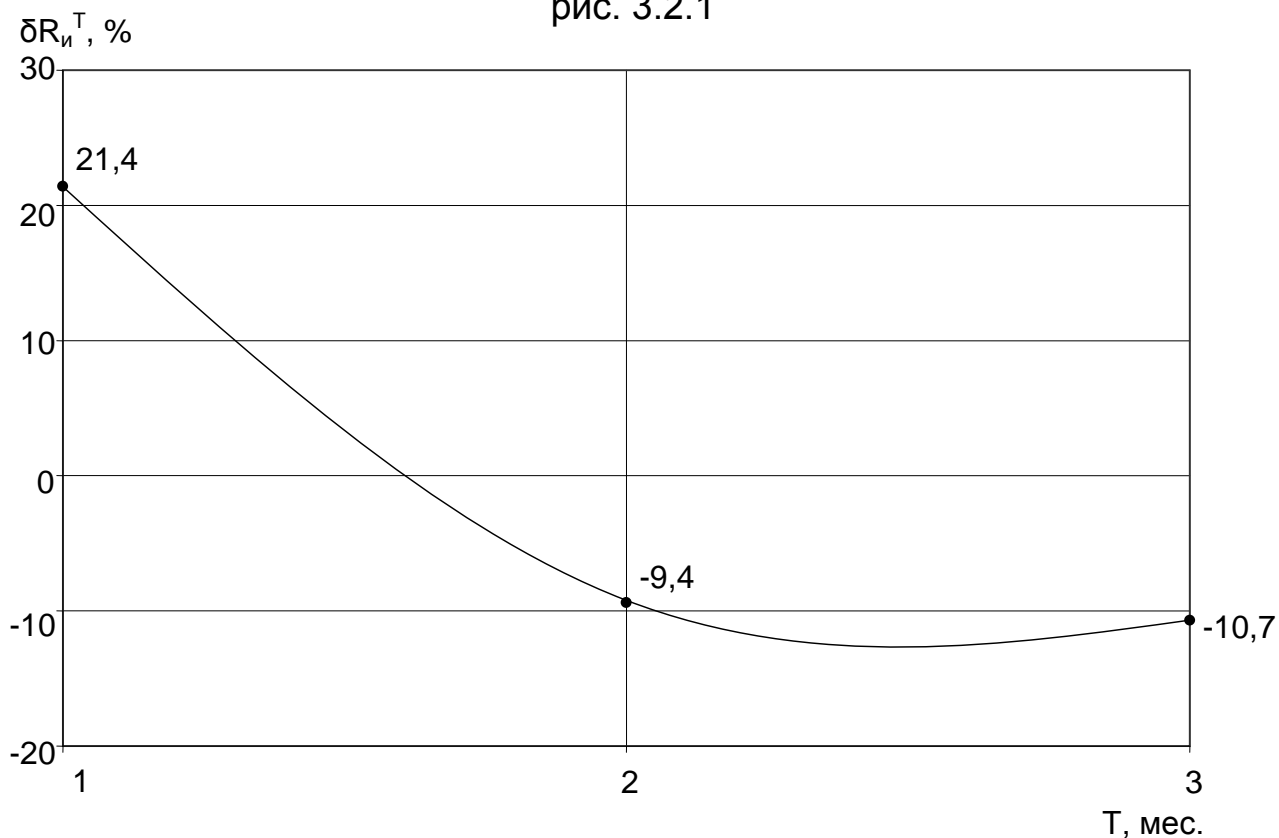


рис.3.2.2

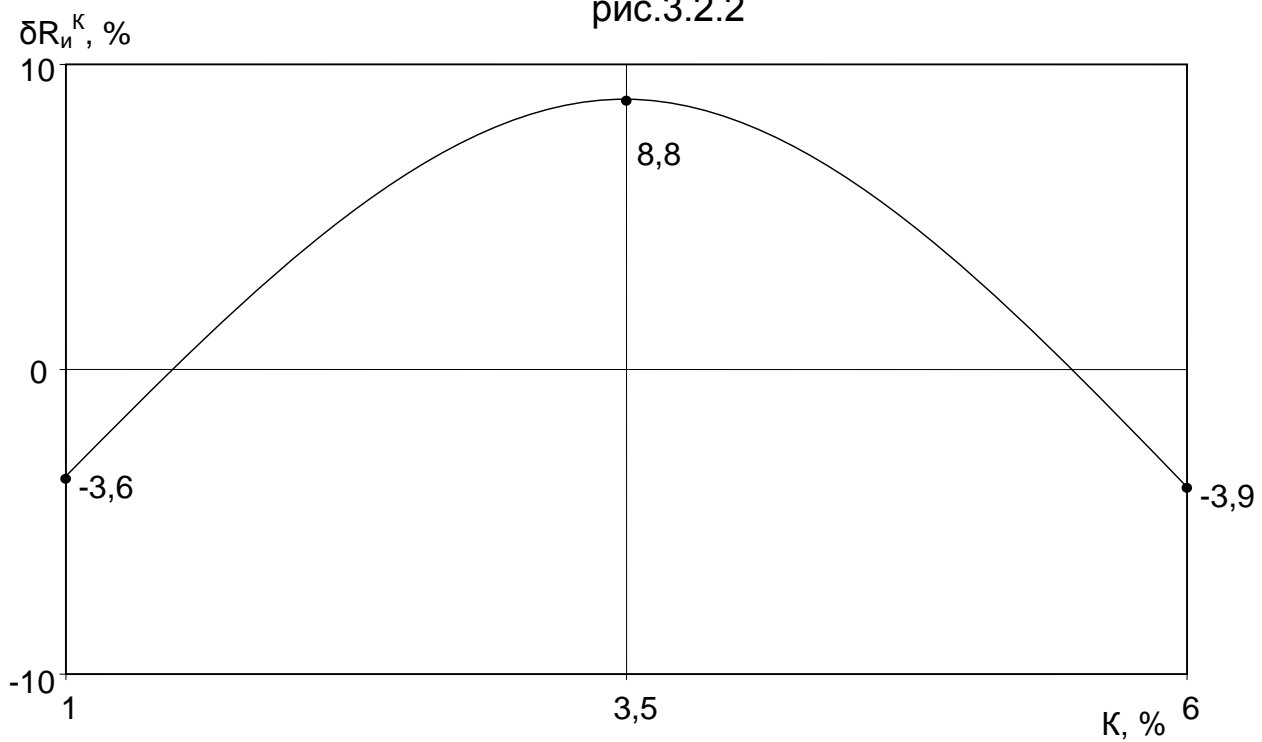
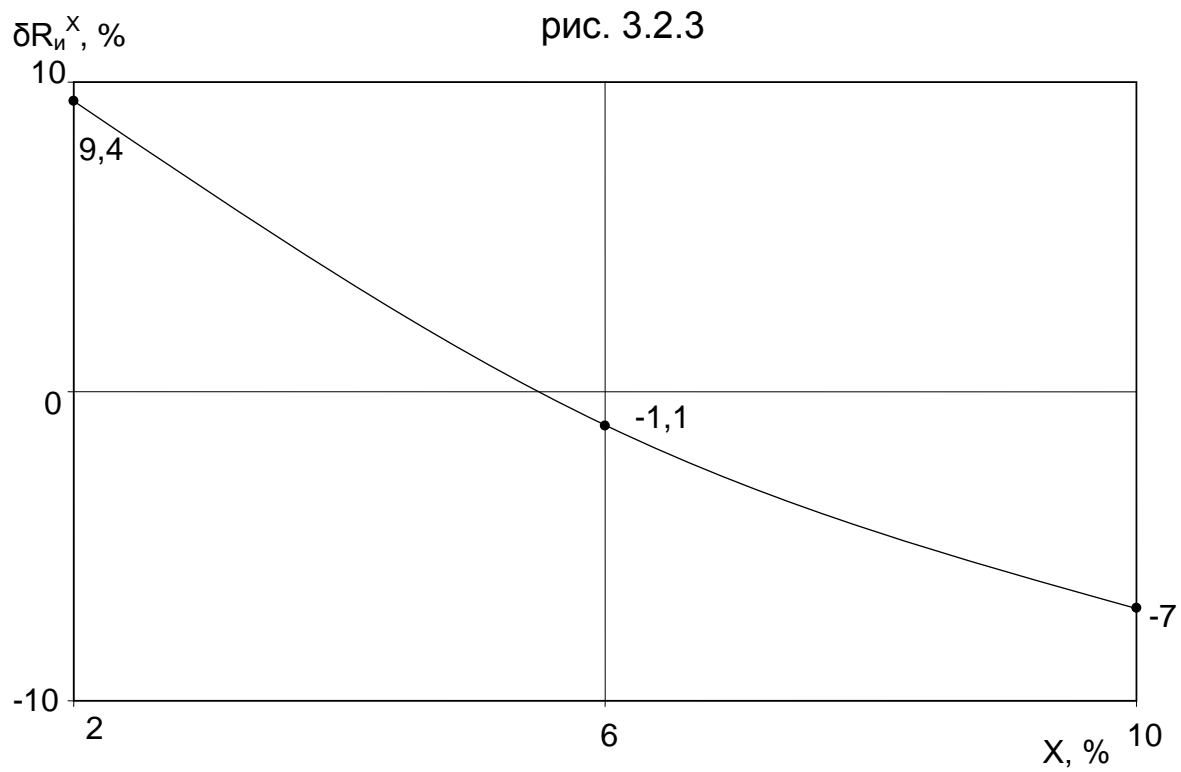
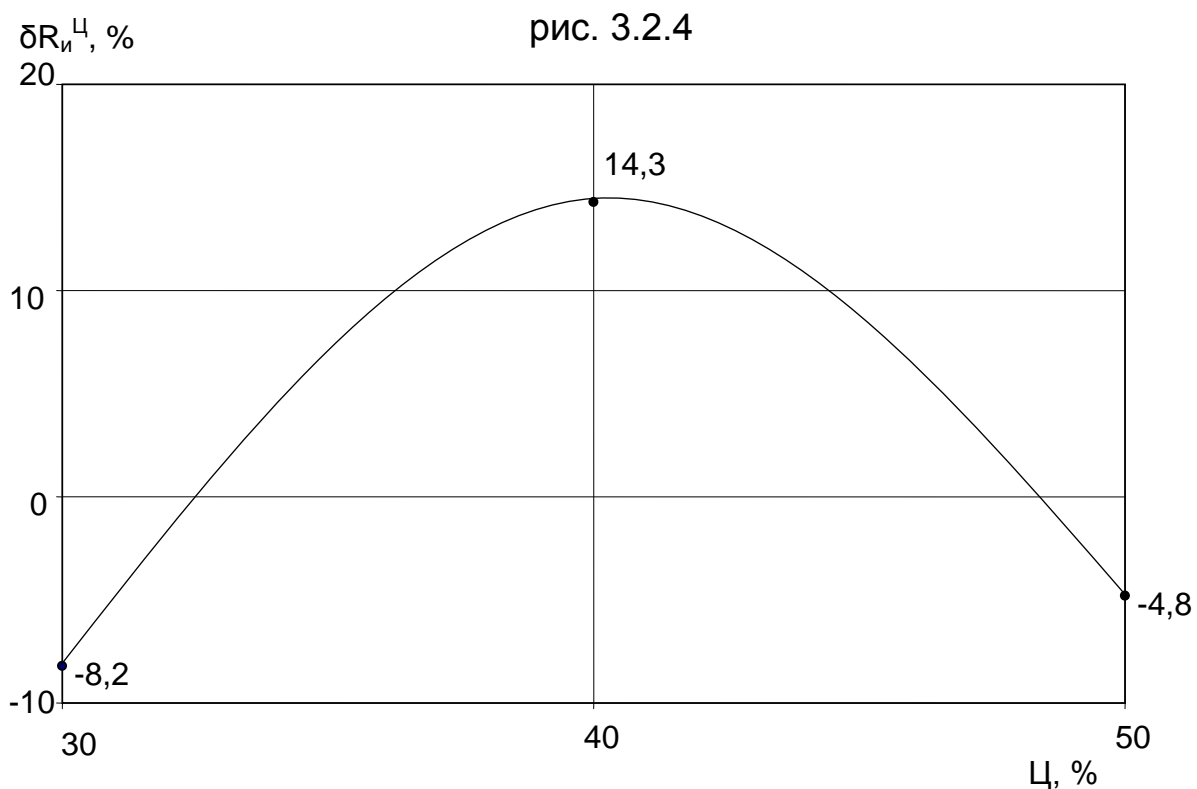


рис. 3.2.3





3.3. Установление зависимости изменения прочности образцов на сжатие δR_c
 Математическую обработку материалов испытаний для получения эмпирических зависимостей (таблицы 3.3.1...3.3.4, рис. 3.3.1...3.3.4) выполняли аналогично п. 3.2.

Расчетная схема по факторам Т и К

Таблица 3.3.1

Т, мес. К, %	1	2	3	Σ	Ср.
1,0	-4,9(1)	-2,8(4)	-8,9(7)	-16,6	-5,5
3,5	-0,8(2)	-7,2(5)	-14,2(8)	-20,6	-6,9
6,0	-2,5(3)	-14,9(6)	-7,3(9)	-24,7	-8,2
Σ	-6,6	-24,9	-30,4	-61,9	-20,6
Ср.	-2,2	-8,3	-10,1	-20,6	-6,88

Расчетная схема по факторам X и Ц

Таблица 3.3.2

Ц,% \ X,%	2	6	10	Σ	Ср.
30	-14,2(8)	-2,5(3)	-2,8(4)	-19,5	-6,5
40	-14,9(6)	-8,9(7)	0,8(2)	-23,0	-7,6
50	-4,9(1)	-7,2(5)	-7,3(9)	-19,4	-6,5
Σ	-34,0	-18,6	-9,3	-61,9	-20,6
Ср.	-11,3	-6,2	-3,1	-20,6	-6,88

На основе исходных расчетных данных (таблицы 3.3.1 и 3.3.2) для показателя δR_c аналогично п.3.2 получены частные и общая зависимости (таблицы 3.3.3. и 3.3.4) и графики (рис. 3.3.1...3.3.4).

Коэффициенты (параметры) эмпирических зависимостей показателя δR_c

Таблица 3.3.3

Коэффициенты	Зависимости по факторам			
	δR_c^T	δR_c^K	δR_c^X	$\delta R_c^Ц$
a	-12,55	-0,54	1,777	-0,876
b	2,15	-	-0,0627	0,01095
c	8,20	-4,98	-14,6	9,92

Эмпирические зависимости показателя δR_c

Таблица 3.3.4

Характер	Формула	№
Частная	$\delta R_c^T = -12,55 T + 2,15 T^2 + 8,2$	3.3.1
	$\delta R_c^K = -0,54K - 4,98$	3.3.2
	$\delta R_c^X = 1,777 X - 0,0627 X^2 - 14,6$	3.3.3
	$\delta R_c^Ц = -0,876 Ц + 0,01095 Ц^2 + 9,92$	3.3.4
Общая	$\delta R_c = -12,55 T + 2,15 T^2 - 0,54 K + 1,777 X - 0,0627 X^2 - 0,876 Ц + 0,01095 Ц^2 + 19,14$	3.3.5

Характер и степень изменения показателя δR_c

рис. 3.3.1

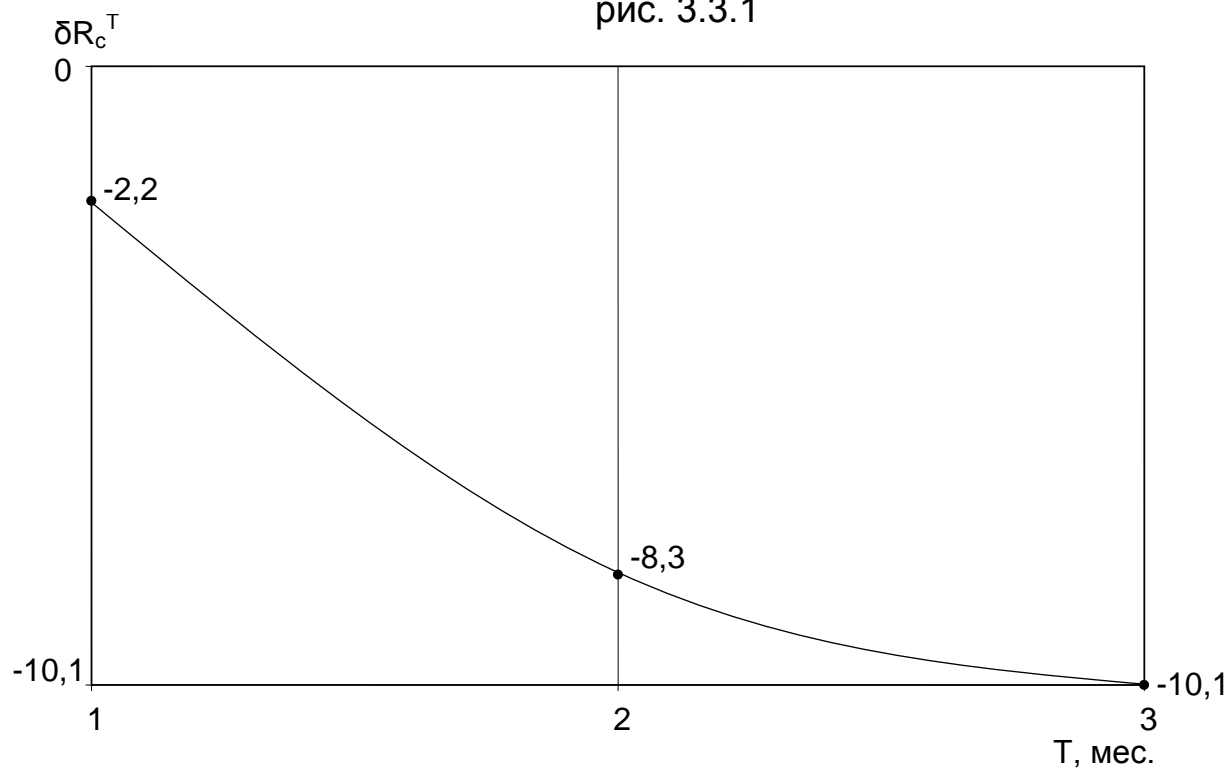
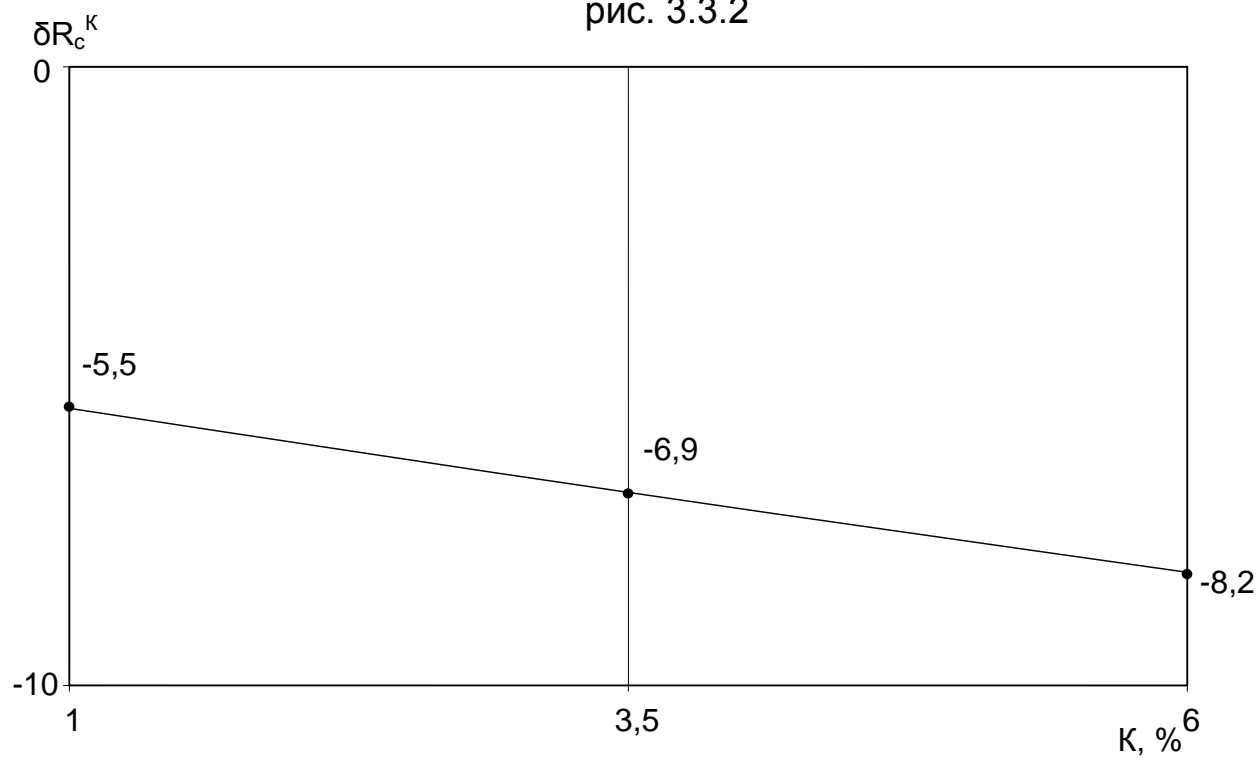
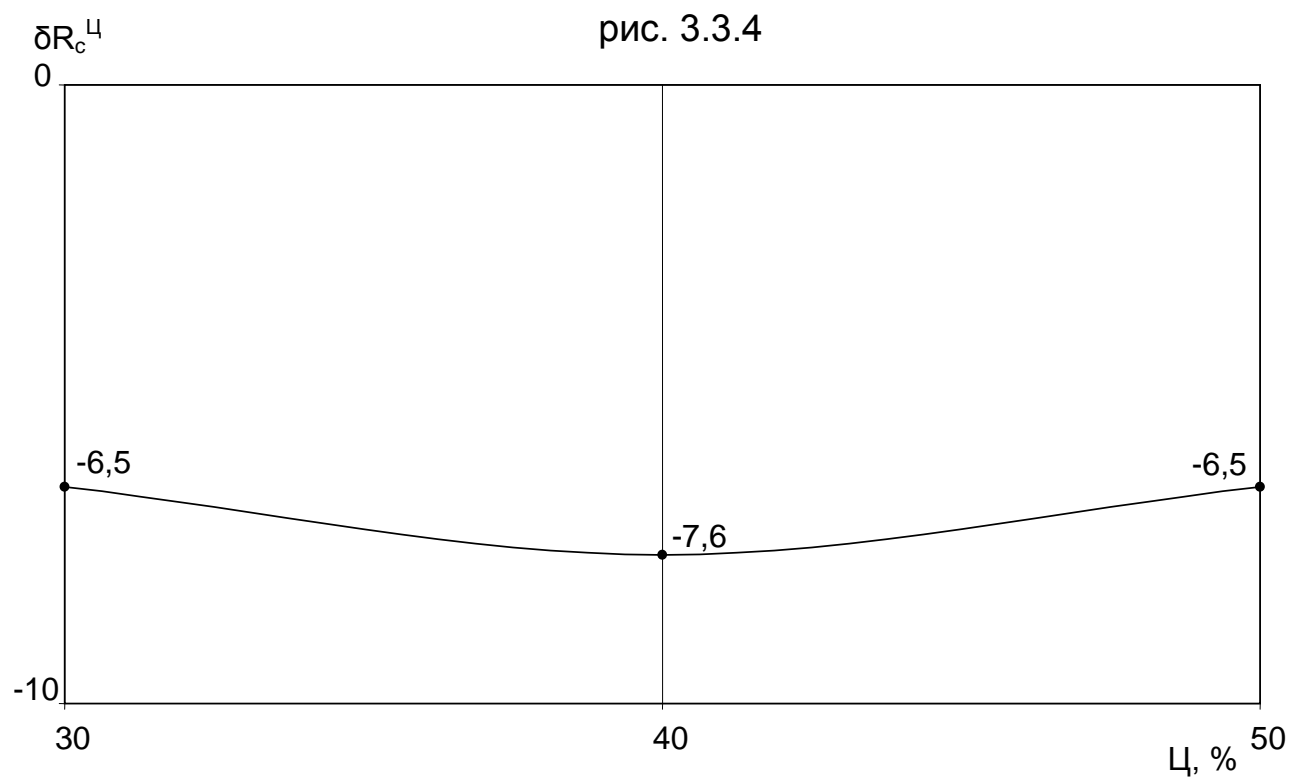
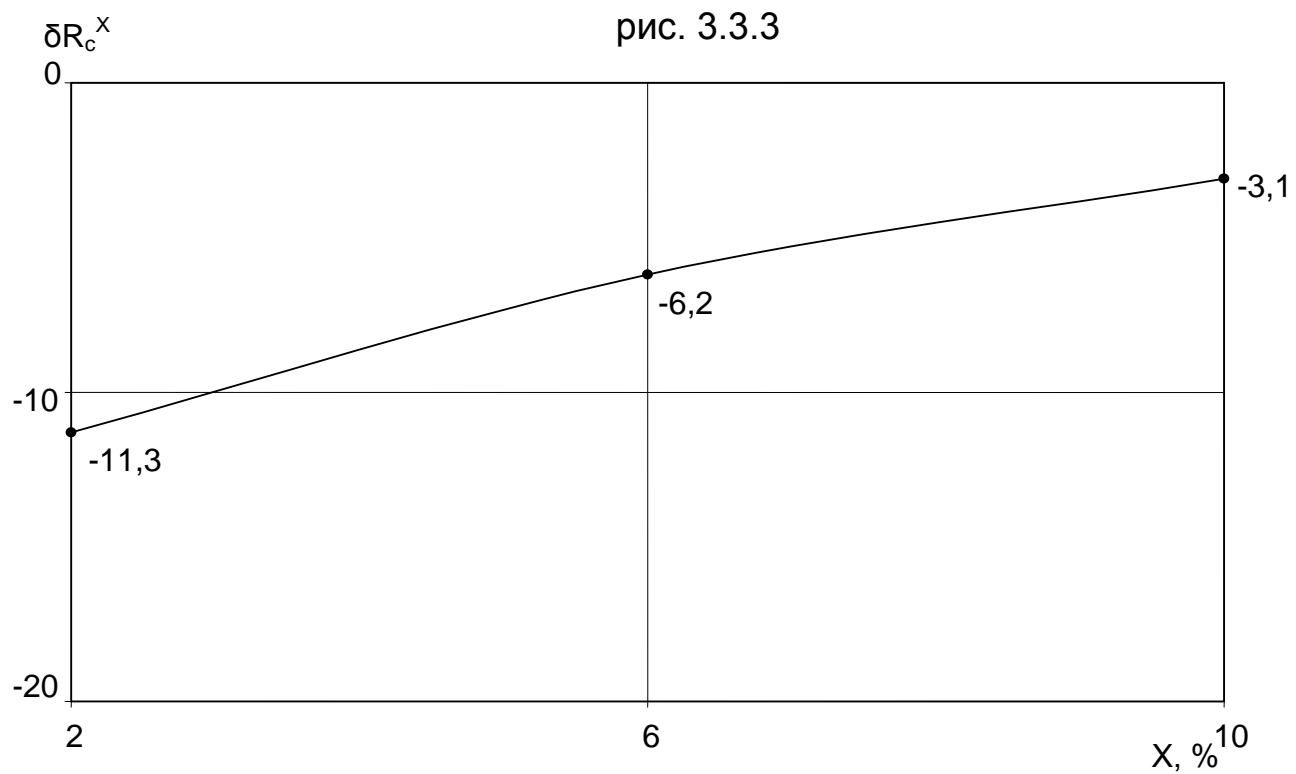


рис. 3.3.2





4. АНАЛИЗ ЭМПИРИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ

Результаты анализа коэффициентов (параметров) и графиков частных эмпирических зависимостей, приведенные в таблицах 4.1 и 4.2, позволяют выявить характер и степень влияния факторов на изменение показателей $\delta R_{и}$ и $\delta R_{с}$.

Знак «плюс» или «минус» перед коэффициентами a , b , c означает характер изменения (увеличение или уменьшение) величины показателей $\delta R_{и}$ или $\delta R_{с}$.

Знак «плюс» перед коэффициентом « a » означает повышение, «минус» - понижение величины показателя.

Знак «плюс» перед коэффициентом « b » означает минимальное, а «минус» - максимальное значение показателя.

Знак «плюс» перед коэффициентом « c » означает положительное значение показателя, при величине фактора равного нулю, и снижение величины показателя с увеличением значения фактора. Знак «минус», наоборот, - отрицательное значение показателя и его увеличение с увеличением значения фактора.

Отношение параметров a , b , c одноименных факторов для обоих показателей означает относительную степень влияния этих параметров между показателями $\delta R_{и}$ и $\delta R_{с}$.

Отношение максимальной разности показателей $\delta R_{и}$ и $\delta R_{с}$ (таблица 4.2) означает относительную степень влияния факторов между показателями $\delta R_{и}$ и $\delta R_{с}$.

Результаты анализа, приведенные в таблицах 4.1 и 4.2, позволяют отметить следующие моменты.

Характер влияния факторов

Таблица 4.1

Факторы (зависимость)	$\delta R_{и}$		Характер влияния	$\delta R_{с}$		Отнош. одноим. коэф-тов
	Коэффициент			Величина коэф-та	Характер влияния	
	Обозн.	Величина				
Т (δR^T)	a	-75,05	уменьшение	-12,55	уменьшение	5,98
	b	+14,75	уменьшение (минимум)	+2,15	уменьшение (минимум)	6,86
	c	+81,70	уменьшение	+8,2	уменьшение	9,96
К (δR^K)	a	+13,99	увеличение	-0,54	уменьшение	24,24
	b	-2,0077	увеличение (максимум)	-	-	-
	c	-15,58	увеличение	-4,98	уменьшение	3,13
Х (δR^X)	a	-3,775	уменьшение	+1,777	увеличение	2,12
	b	+0,1437	уменьшение (минимум)	-0,0627	увеличение (максимум)	2,29
	c	+16,37	уменьшение	-14,6	увеличение	1,12
Ц ($\delta R^Ц$)	a	+16,81	увеличение	-0,876	уменьшение	19,19
	b	-0,208	увеличение (максимум)	+0,01095	- (минимум)	19,00
	c	-325,3	увеличение	+9,92	уменьшение	32,79

№ п/п	Фактор	Максимальная разность показателей, %				Отношение $\delta R_n : \delta R_c$
		δR_n		δR_c		
		Абсолют.	Относит.	Абсолют.	Относит.	
1	Т	32,1	38,36	7,9	39,67	4,06
2	К	12,7	15,17	2,7	13,57	4,70
3	Х	16,4	19,59	8,2	41,23	2,0
4	Ц	22,5	26,88	1,1	5,53	20,64
5	Σ	83,7	100	19,9	100	4,21
6	Σ	Среднее значение показателя, %				$(\delta R_c : \delta R_n)$
		0,43		-6,88		

▪ Воздействие агрессивной среды влияет в большей степени на изменение прочности бетона на сжатие (показатель δR_c); о чем свидетельствует отношение средних значений показателей $\delta R_c^{cp} : \delta R_n^{cp}$, равное 16 (таблица 4.2 п.6).

Но степень суммарного влияния факторов, наоборот, значительно выше для показателя δR_n . Так, отношение $\delta R_n : \delta R_c$ для всех факторов находится в пределах 2...20,64. Для КАЛЬМАТРОНа это отношение имеет минимальную величину, равную 2,0 (таблица 4.2 п.3).

▪ Влияние содержания КАЛЬМАТРОНа (по фактору Х) неоднозначно сказывается на изменение показателей δR_n и δR_c . Так, повышение содержания КАЛЬМАТРОНа (ХАЧ) вызывает снижение значения показателя δR_n и, наоборот, - повышение δR_c . Этот факт может быть определяющим при выборе решения по применению КАЛЬМАТРОНа.

▪ Для факторов К и Ц (так же, как и для Х) выявлен противоречивый характер влияния на показатели: это видно на графиках частных зависимостей (рис. 3.2.2 и 3.2.4, 3.3.2 и 3.3.4). В частности, нет объяснения причины повышения показателя δR_n^K при повышении степени агрессивности среды ($K=1...3,5\%$, рис. 3.3.2); не ясна также причина резкого увеличение показателя $\delta R_n^Ц$ при повышении содержания цемента ($Ц=30...40\%$, рис. 3.2.4) и, наоборот, - снижения показателя $\delta R_c^Ц$ (рис.3.3.4).

▪ Характер влияния фактора Т для обоих показателей (δR_n^T и δR_c^T) практически один и тот же, но «затухающий» характер этих зависимостей (особенно δR_n^T , рис. 3.2.1) – также не объясним.

▪ Указанные несоответствия характера влияния факторов могут быть вызваны (предположительно) сложным характером воздействия агрессивной среды.

Для количественной оценки влияния КАЛЬМАТРОНа, содержащегося в бетоне, при воздействии агрессивной среды (солей морской воды) вычислены варианты общих (суммарных) значений показателей δR_n и δR_c (по формулам 3.2.5 и 3.3.5) и построен ряд графиков для всего диапазона варьирования всех факторов, принятого при составлении плана эксперимента.

Результаты расчетов, приведенные в таблице 4.3 и графики на рис. 4.1...4.6 позволяют определить максимальные пределы изменения показателей δR_n и δR_c при варьировании содержанием КАЛЬМАТРОНа (фактор Х), (рис. 4.3 и 4.6), концентрацией агрессивного раствора (фактор К), (рис. 4.2 и 4.5) и продолжительностью испытаний (фактор Т), (рис. 4.1 и 4.4).

Результаты полностью подтверждают отмеченные выше характер и степень влияния КАЛЬМАТРОНа, показанные при анализе частных зависимостей показателей δR_n и δR_c (таблицы 4.1 и 4.2)

Данные, приведенные в таблице 4.3, позволяют установить максимальные пределы изменения показателей δR_n и δR_c и степень влияния КАЛЬМАТРОНа (таблица 4.4).

Суммарные значения показателей δR_n и δR_c ,
вычисление при варьировании факторов

Таблица 4.3

		Факторы						
Ц, %	К, %	Х, %	Т, мес.					
			δR_n			δR_c		
			1	2	3	1	2	3
40	1	0	47,2	16,4	15,1	-9,3	-15,4	-17,2
		2	40,2	9,4	8,1	-6,0	-12,1	-13,9
		6	29,7	-1,1	-2,4	-0,9	-7,0	-8,8
		10	23,8	-7,0	-8,3	2,2	-3,9	-5,7
	3,5	0	59,6	28,8	27,5	-10,7	-16,8	-18,6
		2	52,6	21,8	20,5	-7,4	-13,5	-15,3
		6	42,1	11,3	10,0	-2,3	-8,4	-10,2
		10	36,2	5,4	4,1	0,8	-5,3	-7,1
	6	0	46,9	16,1	14,8	-12,0	-18,1	-19,9
		2	39,9	9,1	7,8	-8,7	-14,8	-16,6
		6	29,4	-1,4	-2,7	-3,6	-9,7	-11,5
		10	23,5	-7,3	-8,6	-0,5	-6,6	-8,4

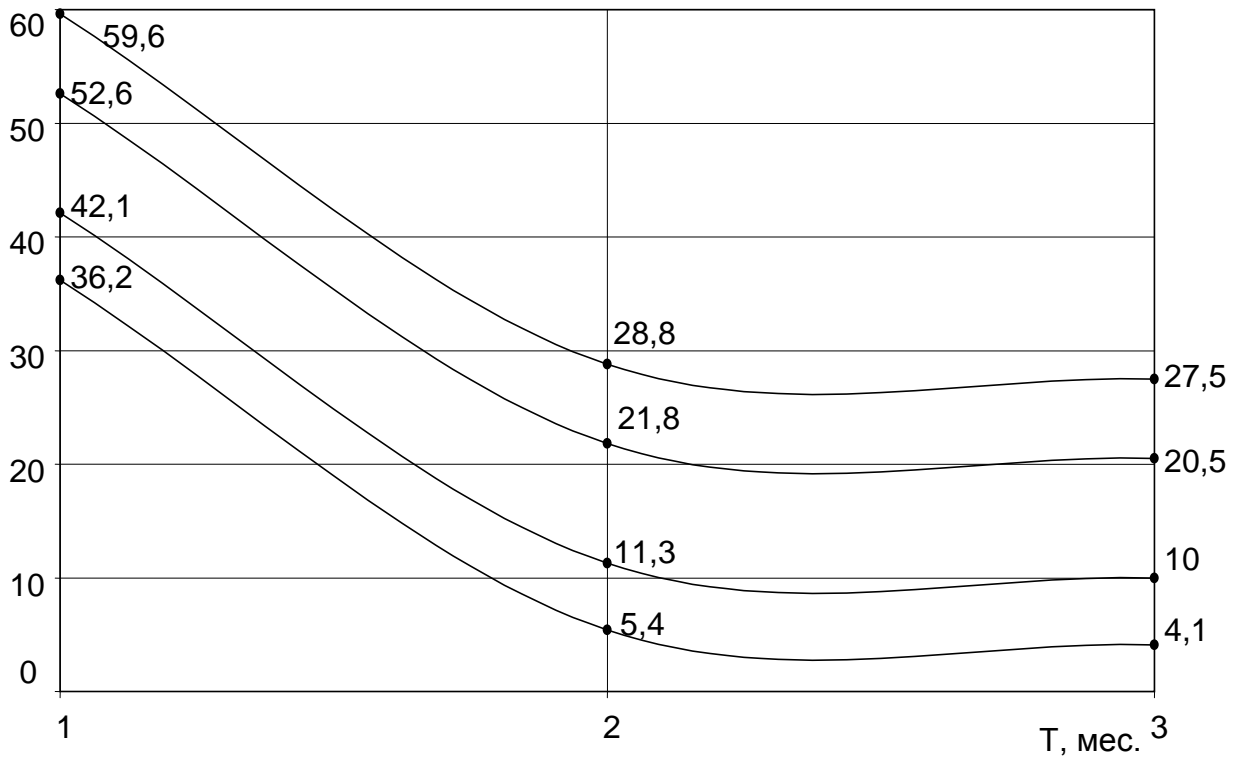
Степень влияния КАЛЬМАТРОНа (δR_n^X и δR_c^X)
на изменение суммарных показателей δR_n и δR_c

Таблица 4.4

Наименование показателей	Значения показателей, %			
	Абсолютные			Относительные $\delta R^X : \delta R$
	Максим.	Миним.	Разность	
δR_n	59,6	-8,6	68,2	0,24
δR_n^X	21,8	5,4	16,4	
δR_c	2,2	-19,9	22,1	0,37
δR_c^X	-3,9	-12,1	8,2	

R_и, %

рис. 4.1

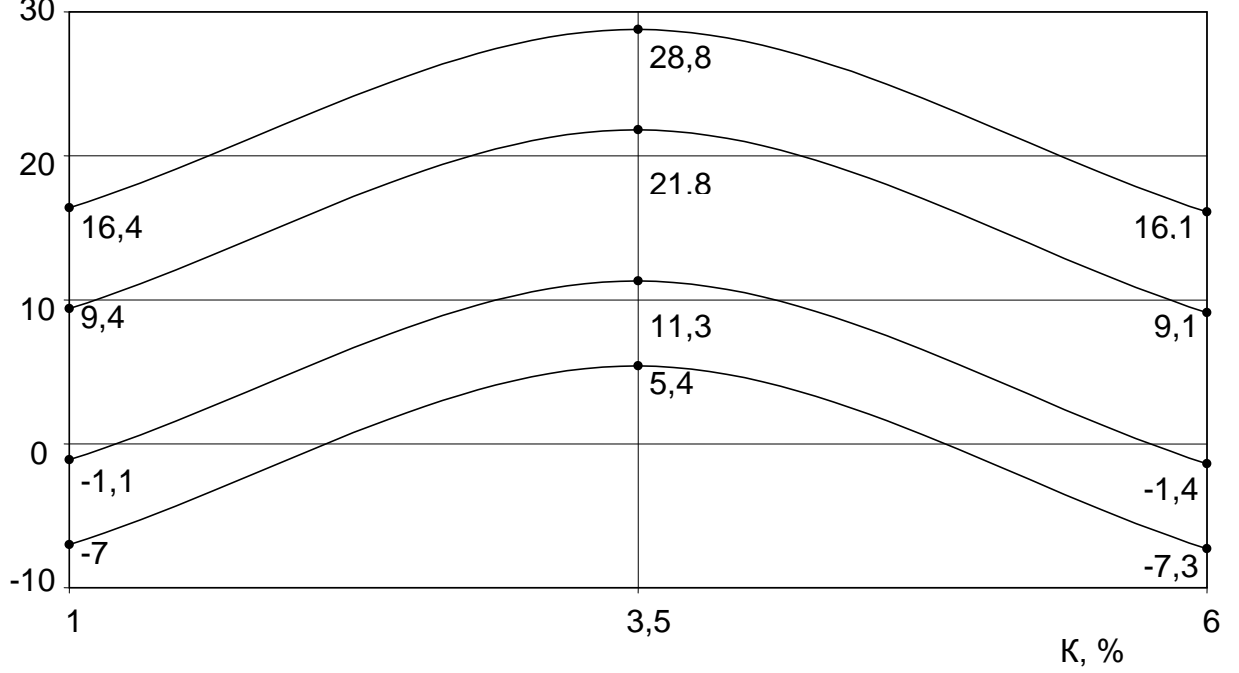


K = 3,5%

Ц = 40%

R_и, %

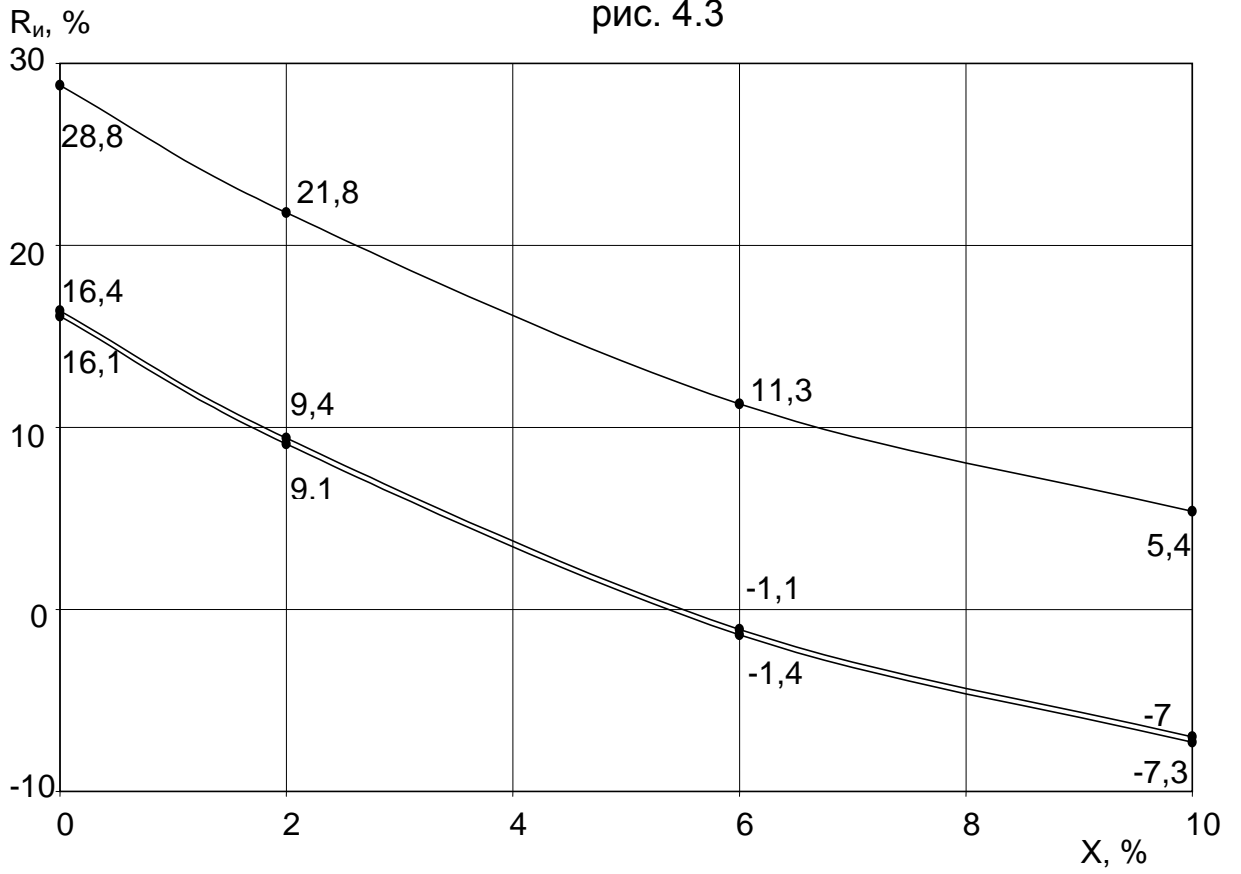
рис. 4.2



T = 2 мес.

Ц = 40 %

рис. 4.3



T = 2 мес.
Ц = 40 %

рис. 4.4

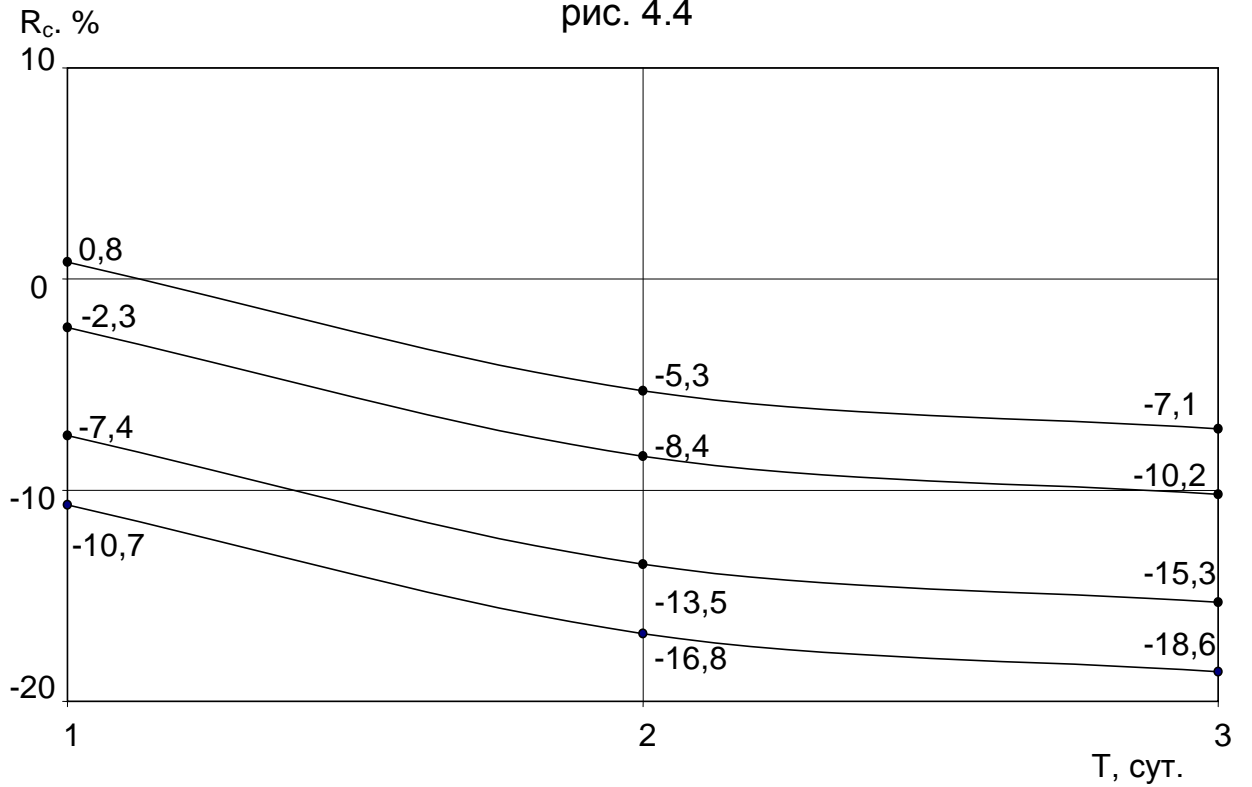


рис. 4.5

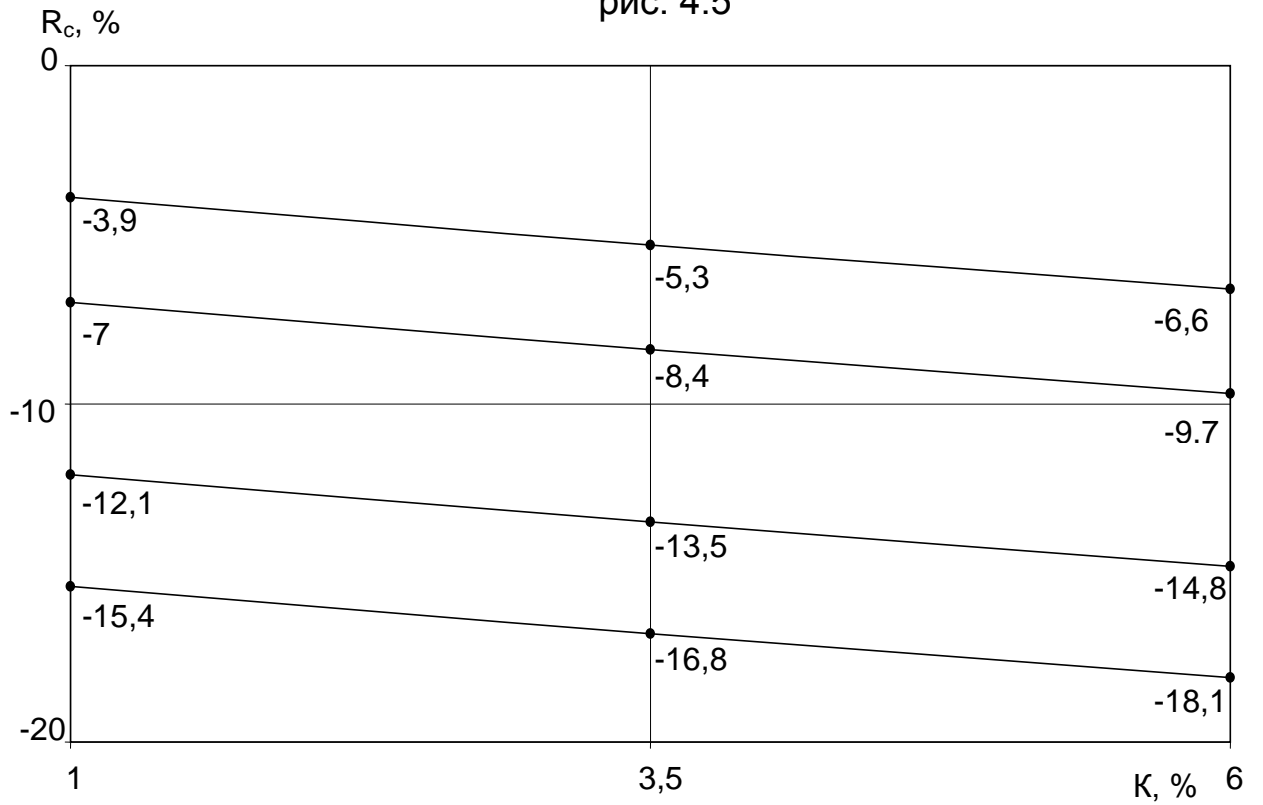
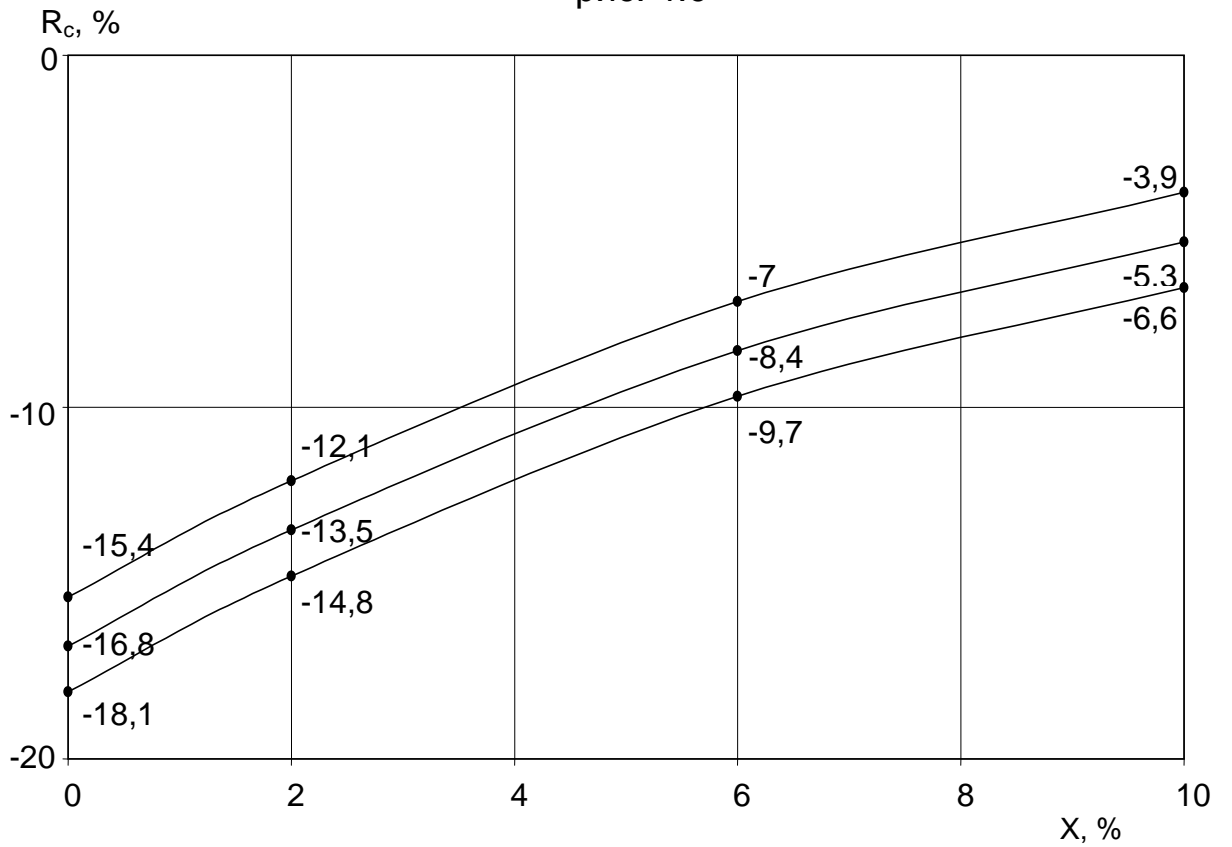


рис. 4.6



Согласно таблице 4.4 максимальная разность значений показателей $\delta R_{и}$ составляет 68,2%, а для показателя $\delta R_{с}$ – 22,1 %, что свидетельствует о том, что суммарное влияние факторов для показателя $\delta R_{и}$ примерно в 3 раза выше, чем для показателя $\delta R_{с}$. Степень влияния КАЛЬМАТРОНа для $\delta R_{с}$ в 1,5 раза выше, чем для $\delta R_{и}$ (отношение 0,37 : 0,24). Необходимо отметить важную особенность настоящих испытаний, связанную с наличием положительных значений показателя $\delta R_{и}$, максимальная величина которых (59,6%) значительно (в 3 раза) превышает максимальные отрицательные значения (-19,9) показателя $\delta R_{с}$.

В этой связи можно предположить о том, что в агрессивной среде (морской воде) кроме солей-хлоридов могут присутствовать и другие реагенты, в том числе, сульфаты. Характер проявления сульфатов по результатам предыдущих и настоящих испытаний, практически, аналогичен. Это предположение следует проверить по результатам химического анализа морской соли.

5. СООБРАЖЕНИЯ ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ СНИЖЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕТОНА.

Все расчеты с анализом результатов по прогнозированию изменений прочностных показателей ($\delta R_{и}$ и $\delta R_{с}$) во времени при длительном воздействии агрессивной среды предусматривается выполнить в заключительном отчете по результатам всех испытаний КАЛЬМАТРОНа.

На данном этапе работ сформулированы предварительные положения методического характера и выявлены тенденции по прогнозированию изменений показателей бетона с использованием КАЛЬМАТРОНа.

Для вычисления показателей методом экстраполяции были преобразованы (как в предыдущих испытаниях) базовые частные зависимости (для обоих показателей) $\delta R_{и}^T$, $\delta R_{и}^K$ и $\delta R_{с}^T$, $\delta R_{с}^K$ в эмпирические формулы, в которых отсутствует свободный член «с», т. е. выполняется условие: при значениях факторов T и K, равных нулю, значения частных зависимостей для этих факторов также равны нулю. Графики этих зависимостей проходят через начало координат.

Для аппроксимации базовых зависимостей выбраны три вида функций:

$$y = ax + bx^2 \text{ (парабола);}$$

$$y = ax^a \text{ (показательная);}$$

$$y = ax \text{ (линейная).}$$

Параметры (коэффициенты), полученные для преобразованных частных зависимостей по факторам T и K, сведены в таблицу 5.1.

Таблица 5.1

Аппроксимирующая функция	Показатель		Параметры			№ завис.
			a	b	α	
$y = ax + bx^2$	$\delta R_{и}$	$\delta R_{и}^T$	15,25	-6,75	-	5.1
$y = ax + bx^2$		$\delta R_{и}^K$	3,933	-0,7422	-	5.2
$y = ax^a$	$\delta R_{с}$	$\delta R_{с}^T$	2,505	-	1,411	5.3
$y = ax$		$\delta R_{с}^K$	-1,601	-	-	5.4

Вид аппроксимирующей функции для каждого показателя выбран с учетом характера исходной (базовой) зависимости и более полного (адекватного) отражения действительной закономерности изменения показателей ($\delta R_{и}$ и $\delta R_{с}$).

Основной (базовой) зависимостью для вычисления показателей путем экстраполяции при прогнозировании являются частная зависимость по фактору времени T ($\delta R_{и}^T$ и $\delta R_{с}^T$). Влияние остальных факторов, в том числе КАЛЬМАТРОНа, учитывается путем введения коэффициентов по специальной методике.

Поэтому от правильности выбора вида и параметров зависимости по фактору T зависит реальность результатов прогнозирования показателей и оценки роли КАЛЬМАТРОНа в процессе воздействия агрессивной среды.

Указанные положения обоснованы приведенными ниже конкретными примерами на основе результатов настоящих испытаний.

В результате замены аппроксимирующих формул для $\delta R_{и}^T$ и $\delta R_{с}^T$, приведенных в таблице 5.1, линейными зависимостями вида (5.4), путем экстраполяции получены значения показателей для периода времени $T = 300$ мес. (25 лет) (таблица 5.2).

Таблица 5.2

Аппроксимирующая функция		Значение показателя, % для $T=300$ мес.	№ зависимости
Вид	Значение		
Исходная	$R_{и}^T = 15,25 T - 6,75 T^2$	-602 925	5.1
После замены	$R_{и}^T = 31,5 - 15,5 T$	-4618,5	
Исходная	$R_{с}^T = 2,505 + T^{1,411}$	-7839	5.3
После замены	$R_{с}^T = -3,507 T$	-1052	

Приведенные в таблице результаты вычислений показывают, что после замены аппроксимирующих функций значение показателя $\delta R_{и}^T$ (для 25 лет) уменьшилось в 130 раз, а $\delta R_{с}^T$ – в 7,5 раз.

В отношении КАЛЬМАТРОНа можно предварительно отметить, что для учета влияния его при прогнозировании снижения показателей бетона могут быть использованы данные, полученные при анализе зависимостей (таблицы 4.1, 4.2, 4.4), согласно которым при использовании КАЛЬМАТРОНа для показателя $\delta R_{и}$ (прочность на растяжение) максимальное снижение показателя прочности составляет около 20%, а для показателя $\delta R_{с}$ (прочность на сжатие) максимальное увеличение показателя прочности составляет порядка 40%. Эти значения, предполагается, справедливы при экстраполяции показателей во всем временном интервале (по фактору T).

Все расчеты по прогнозированию для КАЛЬМАТРОНа при варьировании факторов во всем диапазоне с анализом результатов предполагается выполнить в заключительном отчете.

ВЫВОДЫ

1. Эмпирические зависимости, полученные в результате испытаний, отражают характер и степень влияния всех факторов (T – продолжительности испытаний, K – степени агрессивности среды, X – содержание КАЛЬМАТРОНа (ХАЧ), Π – цемента) на изменение показателей бетонных образцов (прочности на растяжение при изгибе ($\delta R_{и}$) и прочности на сжатие ($\delta R_{с}$)) при воздействии агрессивной среды – морской воды.

2. В результате анализа результатов выявлен ряд особенностей настоящих испытаний:

- отсутствие потерь массы – образцов;
- высокая водонепроницаемость всех образцов (предельная для используемого лабораторного оборудования), составляющая не менее 2,4 МПа (марка W24);
- наличие положительных значений показателя прочности на растяжение при изгибе ($\delta R_{и}$) (превышение прочности основных образцов), что свидетельствует о сложном характере воздействия агрессивной среды ввиду наличия в морской воде различных компонентов, в том числе, сульфатов;
- неоднозначность (противоречивость) влияния ряда факторов (степени агрессивности среды, содержания КАЛЬМАТРОНа и цемента) на изменение показателей прочности бетона ($\delta R_{и}$ и $\delta R_{с}$).

В частности, увеличение концентрации морской соли (по фактору K) вызывает повышение показателя прочности бетона на растяжение ($\delta R_{и}$) и снижение показателя прочности на сжатие ($\delta R_{с}$).

Увеличение содержания КАЛЬМАТРОНа (по фактору X) вызывает снижение показателя прочности на растяжение и, наоборот, - повышение показателя прочности на сжатие.

Повышение содержания цемента (по фактору Π) вызывает повышение показателя прочности на растяжение и практически не оказывает влияние на показатель прочности на сжатие.

3. Согласно результатам расчетов (таблица 4.3) увеличение содержания КАЛЬМАТРОНа от 0 до 100% ($ХАЧ = 0 \dots 10\%$) вызывает снижение показателя прочности на растяжение в 6-7 раз и повышение показателя прочности на сжатие в 1,5 раза. Учитывая эти обстоятельства, КАЛЬМАТРОН в виде изолирующего покрытия ($ХАЧ = 10\%$ от Π) или в качестве модифицирующей добавки следует рекомендовать в сжатых или ограждающих бетонных элементах. В растянутых (изгибаемых) элементах КАЛЬМАТРОН может быть использован только в качестве модифицирующей добавки в бетон ($ХАЧ$ до 0,5% от Π). Окончательное решение по этим предварительным рекомендациям может быть принято после анализа результатов по прогнозированию снижения прочностных показателей (долговечности) бетона в агрессивной среде.

4. Методические положения, сформулированные при анализе результатов испытаний, свидетельствуют о том, что базовой зависимостью для прогнозирования прочностных показателей методом экстраполяции является частная зависимость по фактору времени T ($\delta R_{и/с}^T$).

От вида этой зависимости (аппроксимирующей функции) в значительной степени зависят значения прогнозируемых показателей. Как показали предварительные расчеты (таблица 5.2) значения показателей, вычисленные по двум вариантам аппроксимирующих зависимостей, отличаются между собой на 1-2 порядка.

Вид реальной аппроксимирующей функции для прогнозирования действительных значений показателей (долговечности) бетона может быть установлен на основании результатов длительных (продолжительностью не менее 1 года) испытаний бетонных образцов в агрессивной среде.

Физические показатели образцов 31 серии при испытаниях в морской воде

Таблица 1

До испытаний							После испытаний							
Дата изгот. образцов	№№ образцов	Масса, г, после		Размеры образцов, мм	Объем образцов, см ³	Плотность бетона, кг/м ³	Дата испытания	Масса образцов, г		Размеры образцов, мм	Потери массы, г	Глубина разрушения, мм		
		1 сут.	7 сут.					До обработки	После обработки			образцов	среднее	
22.09.04		23.09.04	29.09.04	Призмы			27.10.04							
	1	577,7	579,7	40x40x160,5	269,6	2143		581,8	Без изменен.	Без изменения	Потерь нет	-		
	2	553,2	554,8	40x40x160	256,0	2161		557,0						
	3	554,2	556,0	40x40x160	256,0	2165		558,2						
	4	556,1	558,1	40x40x160	256,0	2172		560,3						
	5	559,4	561,6	40x40x159,5	255,2	2192		563,8						
	6	550,9	554,2	40x40x159	254,4	2165		557,0						
	7	568,9	570,8	40,5x40x160	259,2	2195		572,4						
	8	559,5	561,3	40,5x40x160	259,2	2159		562,5						
	9	555,0	556,9	40,5x40x160	259,2	2141		558,4						
	10	568,7	570,4	41x40x160	262,4	2167		572,2						
	11	559,7	563,9	41x40x159	260,8	2146		565,5						
	12	552,0	555,8	40x40x160	256,0	2156		557,7						
					ср.	2164								
	Цилиндры													
		1	1139,0	1146,2	29,5x148x150	515,9		2208	1151,2	Без изменен.	Без изменения	Потерь нет	-	
		2	1140,9	1149,9	30x148,5x149,5	515,9		2211	1154,9					
		3	1147,9	1152,0	30x149,5x149	522,9		2195	1157,3					
		4	1136,4	1140,0	30x149,5x149,5	522,9		2173	1143,0					
	5	1150,4	1154,2	30x149,5x149	519,4	2215	1156,8							
	6	1163,7	1167,2	30,5x148,5x151	535,2	2174	1170,0							
					ср.	2196								

Прочностные показатели образцов-призм 40x40x160
31 серии при испытаниях в морской воде

Таблица 2

Дата, число, месяц, год		№№ образцов	Пресс, № манометра	Показание манометра	Разрушающая нагрузка, т	Площадь образцов, см ²	Предел прочности на растяжение при изгибе, кгс/см ²	
изгот.	испытания						Образцов	Среднее
22.09.04	27.10.04	1	ПЛИГ-5 № 21479	32,5	0,46	16,8	27,6	28,6
		2		33,0	0,47	16,0	29,5	
		3		32,5	0,46	16,0	29,0	
		4		30,5	0,44	16,0	27,2	
		5		35,5	0,51	16,0	31,7	
		6		30,0	0,43	16,0	26,8	
		7		28,5	0,41	16,2	25,1	23,8
		8		24,0	0,34	16,2	21,2	
		9		26,5	0,38	16,2	23,4	
		10		26,0	0,37	16,4	22,6	
		11		11,0	0,16	16,4	9,6 *	
		12		30,0	0,43	16,0	26,8	

* Результат исключен из расчета

Приложение

Таблица 2
(продолжение)

Дата, число, месяц, год		№№ образцов	Пресс, № манометра	Показание манометра	Разрушающая нагрузка, т	Площадь образцов, см ²	Предел прочности на сжатие, кгс/см ²			
изгот.	испытания						Образцов	Среднее		
Призмы-половинки (40x40x62,5)										
22.09.04	27.10.04	1	ПЛГ-30 № 30211	183	8,0	25	321	309		
				185	8,1		325			
				171	7,5		300			
				162	7,1		284			
				169	7,4		296			
				174	7,6		305			
		200		8,8	351					
		166		7,3	291					
		179		7,9	314					
		173		7,6	304					
		179		7,9	314					
		170		7,5	298					
7	8	9	10	11	12	25,0	351	325		
							200		200	351
							180		7,9	316
							177		7,8	311
							169		7,4	296
							169		7,4	296
172	7,5	302								
185	8,1	325								
196	8,6	344								
186	8,2	326								
197	8,6	346								
189	8,3	332								

Физические показатели образцов 32 серии при испытаниях в морской воде

Таблица 3

До испытаний							После испытаний							
Дата изгот. образцов	№№ образцов	Масса, г, после		Размеры образцов, мм	Объем образцов, см ³	Плотность бетона, кг/м ³	Дата испытания	Масса образцов, г		Размеры образцов, мм	Потери массы, г	Глубина разрушения, мм		
		1 сут.	7 сут.					До обработки	После обработки			образцов	среднее	
15.09.04		16.09.04	22.09.04	Призмы			20.10.04							
	1	580,7	581,2	41,5x40x159,5	264,8	2193		583,5	Без изменен.	Без изменения	Потерь нет	-		
	2	580,2	580,7	41,5x40x160	265,6	2184		583,0						
	3	563,5	564,0	40,5x40x160	259,2	2174		565,7						
	4	562,0	562,5	40x40x160	256,0	2194		564,4						
	5	563,0	563,5	40x40x160	256,0	2199		565,5						
	6	570,2	570,7	40,5x40x160,5	260,0	2193		573,0						
	7	570,2	570,4	40,5x40x159,5	258,4	2207		572,4						
	8	563,2	563,6	40,5x40x159,5	258,4	2180		565,7						
	9	582,0	582,9	41,5x40x159,5	264,8	2198		584,7						
	10	565,0	565,4	40x40x160	256,0	207		567,6						
	11	578,2	578,4	41x40x160	262,4	2204		579,8						
	12	571,5	572,0	40,5x40,5x158,5	260,0	2198		574,5						
					ср.	2194								
		Цилиндры												
		1	1177,5	1179,5	30,5x149,5x149	533,6	2207		1184,5	Без изменен.	Без изменения	Потерь нет	-	
		2	1176,8	1179,0	30,5x148x150	531,7	2213		1184,0					
		3	1168,0	1170,0	30,5x148x149,5	530,4	2202		1174,7					
		4	1181,5	1184,0	30,8x148x149,5	533,7	2214		1181,5					
		5	1191,0	1194,5	30,5x149,5x150	536,9	2218		1198,0					
	6	1200,0	1203,0	31,5x149x149,5	551,1	2177		1206,2						
				ср.	2205									

Прочностные показатели образцов – призм 40x40x160
32 серии при испытаниях в морской воде

Таблица 4

Дата, число, месяц, год		№№ образцов	Пресс, № манометра	Показание манометра	Разрушающая нагрузка, т	Площадь образцов, см ²	Предел прочности, на растяжение при изгибе, кгс/см ²	
Изготовл.	Испытания						образцов	среднее
15.09.04	20.10.04	1	ПЛГ-5 № 21479	32,0	0,46	16,6	27,5	27,1
		2		33,0	0,47	16,6	28,4	
		3		30,5	0,44	16,2	26,9	
		4		32,5	0,46	16,0	29,0	
		5		31,0	0,44	16,0	27,7	
		6		26,0	0,37	16,2	22,9	
		7		25,0	0,36	16,2	22,0	19,9
		8		25,0	0,36	16,2	22,0	
		9		22,0	0,31	16,6	18,9	
		10		22,5	0,32	16,6	20,0	
		11		12,0	0,17	16,4	10,4*	
		12		19,0	0,27	16,4	16,6	

* Результат исключен из расчета

Приложение

Таблица 4
(продолжение)

Дата, число, месяц, год		№№ образцов	Пресс, № манометра	Показание манометра	Разрушающая нагрузка, т	Площадь образцов, см ²	Предел прочности на сжатие, кгс/см ²	
изгот.	испытания						Образцов	Среднее
Призмы-половинки (40x40x62,5)								
15.09.04	20.10.04	1	ПЛГ-30 № 30211	136	6,0	25	239	243
				140	6,1		246	
				130	5,7		228	
				139	6,1		244	
				131	5,7		230	
				145	6,4		254	
		2		141	6,2	247		
				144	6,3	253		
				140	6,1	246		
				132	5,8	232		
				144	6,3	253		
				141	6,2	247		
3	137	6,0	240	241				
	129	5,7	226					
	140	6,1	246					
	149	6,5	261					
	127	5,6	223					
	135	5,9	237					
4	130	5,7	228					
	137	6,0	240					
	147	6,4	258					
5	152	6,7	267					
	125	5,5	219					
	140	6,1	246					

Физические показатели образцов 33 серии при испытаниях в морской воде

Таблица 5

До испытаний							После испытаний							
Дата изгот. образцов	№№ образцов	Масса, г, после		Размеры образцов, мм	Объем образцов, см ³	Плотность бетона, кг/м ³	Дата испытания	Масса образцов, г		Размеры образцов, мм	Потери массы, г	Глубина разрушения, мм		
		1 сут.	7 сут.					До обработки	После обработки			образцов	среднее	
08.09.04		09.09.04	15.09.04	Призмы			13.10.04							
	1	556,4	560,5	40x40x160	256,0	2173		563,5	Без изменен.	Без изменения	Потерь нет	-		
	2	575,0	578,2	40,5x40x159,5	258,4	2225		580,7						
	3	584,6	588,9	41x40x159	260,8	2245		591,2						
	4	579,7	583,3	41,5x40x160	262,4	2209		586,2						
	5	569,8	573,3	40x40x159,5	255,2	2233		575,7						
	6	582,7	586,0	40,5x40,5x159	260,8	2234		588,4						
	7	568,7	571,9	40,5x40x160	259,2	2194		574,9						
	8	554,9	557,9	40x40x160	256,0	2168		562,4						
	9	587,7	590,9	41,5x40x159,5	264,8	2219		593,5						
	10	562,9	566,9	40x40x160	256,0	2199		569,9						
	11	572,4	576,1	40x40x160,5	256,8	2229		579,0						
	12	586,6	590,3	41x40x159,6	261,6	2242		593,0						
					ср.	2214								
					Цилиндры									
		1	1176,8	1182,7	30x148,5x149	512,5	2296		1187,4	Без изменен.	Без изменения	Потерь нет	-	
		2	1207,9	1214,7	30,5x150x149,5	535,3	2256		1219,5					
		3	1215,7	1223,1	31,5x149x149,5	545,9	2227		1227,9					
		4	1126,9	1137,1	30,0x149x149	516,0	2184		1146,2					
	5	1128,4	1138,9	30,0x149x149	516,0	2187		1147,2						
	6	1107,0	1116,4	30x149,5x149,5	522,9	2117		1125,6						
				ср.	2211									

Прочностные показатели образцов – призм 40x40x160
33 серии при испытаниях в морской воде

Таблица 6

Дата, число, месяц, год		№№ образцов	Пресс, № манометра	Показание манометра	Разрушающая нагрузка, т	Площадь образцов, см ²	Предел прочности, на растяжение при изгибе, кгс/см ²	
Изготовл.	Испытания						образцов	среднее
08.09.04	13.10.04	1	ПЛГ-5 № 21479	29,5	0,42	16,0	26,3	27,6
		2		33,5	0,48	16,2	29,5	
		3		34,0	0,49	16,4	29,6	
		4		31,5	0,45	16,4	27,4	
		5		29,0	0,41	16,0	25,9	
		6		31,0	0,44	16,4	27,0	
		7		30,0	0,43	16,2	26,5	25,8
		8		26,0	0,31	16,0	23,2	
		9		32,0	0,46	16,6	27,5	
		10		27,5	0,39	16,0	24,6	
		11		30,5	0,44	16,0	27,2	
		12		29,5	0,42	16,9	25,7	

Приложение

Таблица 6
(продолжение)

Дата, число, месяц, год		№№ образцов	Пресс, № манометра	Показание манометра	Разрушающая нагрузка, т	Площадь образцов, см ²	Предел прочности на сжатие, кгс/см ²	
изгот.	испытания						Образцов	Среднее
Призмы-половинки (40x40x62,5)								
08.09..04	13.10.04	1	ПЛГ-30 № 30211	143	6,3	25	253	272
				142	6,2		249	
				152	6,7		267	
				144	6,3		253	
				171	7,5		300	
				167	7,3		293	
		2		158	6,9	277		
				158	6,9	277		
				155	6,8	272		
				151	6,6	265		
				157	6,9	275		
				161	7,1	282		
3	155	6,8	25	272	279			
	150	6,6	263					
	149	6,5	24	272				
	134	5,9	23	256				
	174	7,6	25	305				
	167	7,3	293					
4	167	7,3	25	293				
	167	7,3		293				
	164	7,2		288				
5	160	7,0	25	281				
	160	7,0		281				
	150	6,6		263				
6	155	6,8	25	272				
	155	6,8		272				
	155	6,8		272				

Физические показатели образцов 34 серии при испытаниях в морской воде

Таблица 7

До испытаний							После испытаний							
Дата изгот. образцов	№№ образцов	Масса, г, после		Размеры образцов, мм	Объем образцов, см ³	Плотность бетона, кг/м ³	Дата испытания	Масса образцов, г		Размеры образцов, мм	Потери массы, г	Глубина разрушения, мм		
		1 сут.	7 сут.					До обработки	После обработки			образцов	среднее	
16.09.04		17.09.04	23.09.04	Призмы			18.11.04							
	1	565,5	569,0	41,5x40x159,5	264,8	2136		575,6	Без изменен.	Без изменения	Потерь нет	-		
	2	568,2	572,0	41x40x159,5	261,6	2172		578,4						
	3	560,2	563,5	40,5x40,5x159	260,8	2148		569,7						
	4	560,5	564,2	40,5x40x161	260,8	2149		570,7						
	5	558,8	562,0	40x40x159,5	255,8	2185		567,4						
	6	562,5	566,0	41x40x160	256,0	2197		572,0						
	7	577,9	581,0	41,5x40x160	265,6	2176		585,4						
	8	565,7	569,0	41x40x160	262,4	2155		573,0						
	9	557,2	560,5	40,5x40x159,5	258,4	2156		564,3						
	10	552,4	556,5	40,5x40x159,5	258,4	2138		561,0						
	11	551,9	555,0	40,5x40x160	259,2	2129		559,3						
	12	555,4	558,8	41x40x159,5	261,6	2123		563,5						
					ср.	2155								
								Цилиндры						
		1	1172,5	1178,5	31x149,5x149	542,3	2162		1191,4	Без изменен.	Без изменения	Потерь нет	-	
		2	1157,5	1164,5	30x149,5x149,5	526,4	2199		1177,5					
		3	1164,4	1171,0	30,5x148,5x150	533,5	2183		1184,7					
		4	1189,9	1196,5	31x150,5x149	545,8	2180		1206,0					
	5	1162,2	1168,5	30,5x149x149	531,7	2186		1177,4						
	6	1165,2	1172,5	30x149,5x149	524,7	2221		1181,4						
				ср.	2188									

Прочностные показатели образцов – призм 40x40x160
34серии при испытаниях в морской воде

Таблица 8

Дата, число, месяц, год		№№ образцов	Пресс, № манометра	Показание манометра	Разрушающая нагрузка, т	Площадь образцов, см ²	Предел прочности, на растяжение при изгибе, кгс/см ²	
Изготовл.	Испытания						образцов	среднее
16.09.04	18.11.04	1	ПЛГ-5 № 21479	3,0	0,04	16,6	2,4*	18,9
		2		3,0	0,04	16,4	2,4*	
		3		3,5	0,05	16,4	3,0*	
		4		23,0	0,33	16,2	20,3	
		5		15,0	0,21	16,0	13,4	
		6		26,5	0,38	16,4	23,1	
		7		31,5	0,45	16,6	27,1	26,8
		8		30,5	0,44	16,4	25,6	
		9		32,0	0,46	16,2	28,2	
		10		30,5	0,44	16,2	28,9	
		11		30,5	0,44	16,2	28,9	
		12		25,5	0,36	16,4	22,2	

* Результат исключен из расчета

Приложение

Таблица 8
(продолжение)

Дата, число, месяц, год		№№ образцов	Пресс, № манометра	Показание манометра	Разрушающая нагрузка, т	Площадь образцов, см ²	Предел прочности на растяжение при изгибе, кгс/см ²			
изгот.	испытания						Образцов	Среднее		
Призмы-половинки (40x40x62,5)										
16.09.04	18.11.04	1	ПЛГ-30 № 30211	165	7,2	25	289	281,5		
				171	7,5		300			
				168	7,4		295			
				167	7,3		293			
				165	7,2		289			
				158	6,9		277			
		150	6,6	263						
		153	6,7	268						
		155	6,8	272						
		159	7,0	279						
		152	6,7	261						
		163	7,1	286						
7	8	9	10	11	12	25	289	289		
							174		7,6	305
							170		7,5	298
							178		7,8	312
							169		7,4	296
							164		7,2	288
154	6,8	270								
166	7,3	291								
162	7,1	284								
157	6,9	275								
156	6,8	274								
163	7,1	286								

Физические показатели образцов 35 серии при испытаниях в морской воде

Таблица 9

До испытаний							После испытаний								
Дата изгот. образцов	№№ образцов	Масса, г, после		Размеры образцов, мм	Объем образцов, см ³	Плотность бетона, кг/м ³	Дата испытания	Масса образцов, г		Размеры образцов, мм	Потери массы, г	Глубина разрушения, мм			
		1 сут.	7 сут.					До обработки	После обработки			образцов	среднее		
09.09.04		10.09.04	16.09.04	Призмы			11.11.04								
	1	543,5	548,2	40,5x40x160	259,2	2097		552,3	Без изменен.	Без изменения	Потерь нет	-			
	2	548,5	553,5	40x40x160,5	256,8	2136		557,2							
	3	546,4	550,7	40x40x160	256,0	2134		554,3							
	4	541,3	546,0	40x40x160	256,0	2114		550,4							
	5	550,2	554,8	40,5x40x159,5	258,4	2129		558,6							
	6	541,2	545,4	40x40x160	256,0	2114		550,0							
	7	544,8	548,0	40x40x160	256,0	2128		551,7							
	8	564,7	569,5	41,5x40x160	256,6	2126		572,7							
	9	553,9	558,2	40,5x40,5x159	260,8	2120		561,2							
	10	561,6	566,2	41,5x40x160	265,6	2114		569,2							
	11	555,0	559,5	41x40x160	262,4	2115		563,0							
	12	561,5	595,5	41,5x40x159	264,0	2127		568,9							
					ср.	2121									
	Цилиндры														
		1	1157,3	1166,5	30,5x149x149	531,7		2177	11.11.04	1174,8	Без изменен.	Без изменения	Потерь нет	-	
		2	1156,3	1166,0	30,5x149x149,5	583,5		2167		1174,2					
		3	1151,3	1162,0	30,5x150x150	538,7		2137		1171,4					
		4	1136,7	1143,2	30x149,5x149,5	526,4		2159		1150,2					
	5	1155,2	1162,5	31x148x149,5	538,8	2144	1168,4								
	6	1154,2	1160,8	30,5x149x149	531,7	2171	1166,9								
				ср.	2159										

Прочностные показатели образцов – призм 40x40x160
35серии при испытаниях в морской воде

Таблица 10

Дата, число, месяц, год		№№ образцов	Пресс, № манометра	Показание манометра	Разрушающая нагрузка, т	Площадь образцов, см ²	Предел прочности, на растяжение при изгибе, кгс/см ²	
Изготовл.	Испытания						образца	среднее
09.09.04	11.11.04	1	ПЛГ-5 № 21479	28,0	0,4	16,2	24,7	23,6
		2		26,0	0,37	16,0	23,2	
		3		32,5	0,46	16,0	29,0	
		4		13,0	0,19	16,0	11,6*	
		5		23,5	0,34	16,2	20,7	
		6		23,0	0,33	16,0	20,5	
		7		32,0	0,46	16,0	28,6	25,6
		8		28,0	0,4	16,6	24,1	
		9		27,5	0,39	16,4	24,0	
		10		28,0	0,4	16,6	24,1	
		11		30,5	0,44	16,4	26,6	
		12		30,5	0,44	16,6	26,2	

* Результат исключен из расчета

Приложение

Таблица 10
(продолжение)

Дата, число, месяц, год		№№ образцов	Пресс, № манометра	Показание манометра	Разрушающая нагрузка, т	Площадь образцов, см ²	Предел прочности на растяжение при изгибе, кгс/см ²	
изгот.	испытания						Образцов	Среднее
Призмы-половинки (40x40x62,5)								
09.09.04	11.11.04	1	ПЛГ-30 № 30211	172	7,5	25,0	302	322
				190	8,3		333	
				175	7,7		307	
				182	8,0		319	
				186	8,2		326	
				187	8,2		328	
		182		8,0	319			
		183		8,0	321			
		195		8,6	342			
		188		8,2	330			
		179		7,8	314			
		183		8,0	321			
187	8,2	328						
182	8,0	319						
197	8,6	346						
203	8,9	356						
175	7,7	307						
182	8,0	319						
201	8,8	353						
198	8,7	347						
189	8,3	332						
200	8,8	351						
220	9,6	386						
		239		10,5		419	247	

Физические показатели образцов 36 серии при испытаниях в морской воде

Таблица 11

До испытаний							После испытаний							
Дата изгот. образцов	№№ образцов	Масса, г, после		Размеры образцов, мм	Объем образцов, см ³	Плотность бетона, кг/м ³	Дата испытания	Масса образцов, г		Размеры образцов, мм	Потери массы, г	Глубина разрушения, мм		
		1 сут.	7 сут.					До обработки	После обработки			образцов	среднее	
02.09.04		03.09.04	09.09.04	Призмы			04.11.04							
	1	567,0	570,6	40,5x40x159,5	258,4	2194		574,4	Без изменен.	Без изменения	Потерь нет	-		
	2	570,0	573,4	40,5x40x160,5	260,0	2193		578,0						
	3	572,4	577,1	41x40x160	262,4	2181		580,9						
	4	568,7	573,3	41x40x159,5	261,6	2174		577,2						
	5	560,5	565,2	41x40x160	262,4	2136		569,3						
	6	562,0	566,6	40x40x160	256,0	2195		570,5						
	7	566,2	569,7	40,5x40,5x159	260,8	2171		573,5						
	8	563,9	568,9	40,5x40x160	259,2	2176		572,5						
	9	559,2	563,7	40,5x40x159,5	258,4	2164		567,7						
	10	581,7	584,2	41,5x40,5x160	268,8	2164		587,9						
	11	566,1	570,0	41x40x160,5	263,2	2151		574,2						
	12	572,1	575,5	41x40x160	262,4	2142		579,7						
					ср.	2170								
	Цилиндры													
		1	1157,7	1164,6	30x149,5x149	524,8	2206		1171,2	Без изменен.	Без изменения	Потерь нет	-	
		2	1162,7	1170,6	30x149x149,5	524,8	2216		1177,6					
		3	1144,5	1153,6	29,5x149x149	508,9	2249		1161,4					
		4	1178,4	1187,1	30x149x150	521,1	2261		1196,4					
		5	1147,0	1154,6	30x149,5x149,5	521,1	2201		1163,7					
	6	1161,3	1170,6	30x149x149	512,3	2267		1178,6						
				ср.	2233									

Прочностные показатели образцов – призм 40x40x160
36 серии при испытаниях в морской воде

Таблица 12

Дата, число, месяц, год		№№ образцов	Пресс, № манометра	Показание манометра	Разрушающая нагрузка, т	Площадь образцов, см ²	Предел прочности, на растяжение при изгибе, кгс/см ²	
Изготовл.	Испытания						образца	среднее
02.09.04	04.11.04	1	ПЛГ-5 № 21479	33,5	0,48	16,2	25,9	29,1
		2		36,5	0,52	16,2	32,2	
		3		34,5	0,49	16,4	30,0	
		4		32,0	0,48	16,4	27,9	
		5		30,0	0,43	16,4	26,1	
		6		22,0	0,31	16,0	19,6*	
		7		36,0	0,51	16,4	31,2	26,7
		8		25,0	0,36	16,2	22,0	
		9		30,0	0,43	16,2	26,5	
		10		17,0	0,24	16,8	14,5*	
		11		20,0	0,29	16,4	17,4*	
		12		31,0	0,44	16,4	27,0	

* Результат исключен из расчета

Приложение

Таблица 12
(продолжение)

Дата, число, месяц, год		№№ образцов	Пресс, № манометра	Показание манометра	Разрушающая нагрузка, т	Площадь образцов, см ²	Предел прочности на растяжение при изгибе, кгс/см ²														
изгот.	испытания						Образцов	Среднее													
Призмы-половинки (40x40x62,5)																					
02.09.04	04.1104	1	ПЛГ-30 № 30211	162	7,1	25,0	284	326													
				163	7,1		286														
				164	7,2		288														
				144	6,3		253*														
				217	9,5		381														
				225	9,9		395														
		2		167	7,3		293														
				185	8,1		325														
				176	7,7		309														
				197	8,6		346														
				188	8,2		330														
				198	8,7		347														
3	223	9,8	391																		
	200	8,8	351																		
	212	9,3	372																		
	218	9,6	382																		
	214	9,4	375																		
	198	8,7	347																		
4	227	10,0	398																		
	230	10,0	404																		
	233	10,2	409																		
	233	10,2	409																		
	210	9,2	368																		
	224	9,8	393																		
5	383	10	233	233	10,2	409	409														
								11	233	10,2	409										
												12	210	9,2	368						
																224	9,8	393			
																			233	10,2	409

* Результат исключен из расчета

Приложение

Физические показатели образцов 37 серии при испытаниях в морской воде

Таблица 13

До испытаний							После испытаний							
Дата изгот. образцов	№№ образцов	Масса, г, после		Размеры образцов, мм	Объем образцов, см ³	Плотность бетона, кг/м ³	Дата испытания	Масса образцов, г		Размеры образцов, мм	Потери массы, г	Глубина разрушения, мм		
		1 сут.	7 сут.					До обработки	После обработки			образцов	среднее	
07.09.04		08.09.04	14.09.04	Призмы			07.12.04							
	1	568,4	572,8	41x40x159,5	258,4	2200		578,2	Без изменен.	Без изменения	Потерь нет	-		
	2	578,7	583,4	41,5x40x160	265,6	2179		589,2						
	3	572,4	577,0	40,5x40,5x159,5	261,6	2188		582,5						
	4	560,9	565,0	41x40x159,5	261,6	2144		570,5						
	5	560,4	564,8	40,5x40x160	29,2	2162		570,0						
	6	555,9	560,5	40x40x160	256,0	2171		566,2						
	7	572,0	576,5	41,5x40x160	265,6	2154		580,7						
	8	566,4	570,4	41x40x160	262,4	2159		575,5						
	9	560,6	565,4	40x40x161	257,6	2176		571,0						
	10	560,6	565,4	40,5x40x160	259,2	2163		570,7						
	11	555,6	560,4	40x40x160	256,0	2170		565,5						
	12	555,5	560,4	40x40x160	256,0	2170		565,7						
					ср.	2170								
								Цилиндры						
		1	1162,9	1170,8	30,5x149,5x149	531,2	2189		1181,8	Без изменен.	Без изменения	Потерь нет	-	
		2	1165,4	1173,1	30,5x149,5x 149	527,8	2208		1183,5					
		3	1173,9	1181,7	30,5x149,5 x149	527,8	2224		1190,9					
		4	1181,0	1189,1	31,0 x149,549	536,6	2201		1198,0					
	5	1181,7	1190,8	30,5x149,5 x150	538,8	2193		1199,2						
	6	1176,7	1182,8	31,0x148x149,5	539,0	2219		1191,0						
				ср.	2206									

Прочностные показатели образцов – призм 40x40x160
37 серии при испытаниях в морской воде

Таблица 14

Дата, число, месяц, год		№№ образцов	Пресс, № манометра	Показание манометра	Разрушающая нагрузка, т	Площадь образцов, см ²	Предел прочности, на растяжение при изгибе, кгс/см ²	
Изготовл.	Испытания						образца	среднее
07.09.04	07.12.04	1	ПЛГ-5 № 21479	29,0	0,41	16,4	25,3	28,1
		2		34,5	0,49	16,6	29,7	
		3		32,0	0,46	16,4	27,9	
		4		31,0	0,44	16,4	27,0	
		5		33,5	0,48	16,2	29,5	
		6		33,0	0,47	16,0	29,5	
		7		30,5	0,44	16,6	26,2	28,9
		8		33,0	0,47	16,4	28,7	
		9		32,0	0,46	16,0	28,6	
		10		31,0	0,44	16,2	27,3	
		11		37,0	0,53	16,0	33,0	
		12		33,0	0,47	16,0	29,5	

Приложение

Таблица 14
(продолжение)

Дата, число, месяц, год		№№ образцов	Пресс, № манометра	Показание манометра	Разрушающая нагрузка, т	Площадь образцов, см ²	Предел прочности на сжатие, кгс/см ²	
изгот.	испытания						Образцов	Среднее
Призмы-половинки (40x40x62,5)								
07.09.04	07.12.04	1	ПЛГ-30 № 30211	184	8,0	25,0	323	350
				174	7,6		305	
				211	9,2		370	
				203	8,9		356	
				209	9,2		367	
				206	9,0		361	
		4		162	7,1	284		
		170		7,5	298			
		5		207	9,1	363		
		226		9,9	396			
		6		220	9,6	386		
		223		9,8	391			
7	195	8,6	342	384				
195	8,6	342						
8	190	8,3	333					
194	8,5	340						
9	247	10,8	433					
233	10,2	409						
10	203	8,9	356	25,0				
233	10,2	409						
11	221	9,7	388					
240	10,5	421						
12	242	10,6	425	25,0				
233	10,2	409						

Физические показатели образцов 38 серии при испытаниях в морской воде

Таблица 15

До испытаний							После испытаний							
Дата изгот. образцов	№№ образцов	Масса, г, после		Размеры образцов, мм	Объем образцов, см ³	Плотность бетона, кг/м ³	Дата испытания	Масса образцов, г		Размеры образцов, мм	Потери массы, г	Глубина разрушения, мм		
		1 сут.	7 сут.					До обработки	После обработки			образцов	среднее	
31.08.04		01.09.04	07.09.04	Призмы			30.11.04							
	1	567,6	572,2	40,5x40x160,5	260,0	2183		580,4	Без изменен.	Без изменения	Потерь нет	-		
	2	550,0	554,5	40x40x159,5	255,2	2155		562,4						
	3	556,5	561,2	40,5x40,5x159	260,8	2134		569,8						
	4	563,5	567,7	40,5x40,5x159,5	261,6	2154		576,0						
	5	555,7	560,7	40x40x159,5	259,2	2144		568,8						
	6	561,5	566,5	40,5x40x159,5	257,4	2181		574,5						
	7	564,5	569,3	40x40x161	257,6	2191		575,5						
	8	561,6	566,5	40x40x160	256,0	2194		572,8						
	9	557,1	561,8	40,5x40x159,5	258,4	2160		568,0						
	10	552,6	557,5	40x40x160	256,0	2173		563,9						
	11	564,6	569,7	41,5x40x160,5	266,4	2119		575,9						
	12	568,6	573,5	41x40x160,5	263,2	2160		579,7						
					ср.	2162								
	Цилиндры													
		1	1175,7	1175,2	30,5 x149	531,2	2213		1198,0	Без изменен.	Без изменения	Потерь нет	-	
		2	1138,2	1139,8	30x149,5	521,1	2184		1164,0					
		3	1144,4	1145,2	30 x149	521,1	2196		1169,0					
		4	1137,1	1137,8	30x149	521,1	2182		1162,0					
		5	1191,8	1191,5	30,5 x150	538,7	2212		1214,2					
	6	1147,8	1148,2	30 x149	521,1	2203		1172,4						
				ср.	2198									

Прочностные показатели образцов – призм 40x40x160
38 серии при испытаниях в морской воде

Таблица 16

Дата, число, месяц, год		№№ образцов	Пресс, № манометра	Показание манометра	Разрушающая нагрузка, т	Площадь образцов, см ²	Предел прочности, на растяжение при изгибе, кгс/см ²	
Изготовл.	Испытания						образца	среднее
31.08.04	30.11.04	1	ПЛГ-5 № 21479	28,0	0,4	16,2	24,7	24,6
		2		27,0	0,39	16,0	24,1	
		3		28,0	0,4	16,4	24,4	
		4		28,5	0,41	16,4	24,8	
		5		27,5	0,39	16,0	24,6	
		6		28,5	0,41	16,2	25,1	
		7		28,0	0,4	16,0	25,0	25,1
		8		20,0	0,29	16,0	17,9*	
		9		29,0	0,41	16,2	25,6	
		10		27,5	0,39	16,0	24,6	
		11		29,5	0,42	16,6	25,4	
		12		-	-	16,4	-	

* Результат исключен из расчета

Приложение

Таблица 16
(продолжение)

Дата, число, месяц, год		№№ образцов	Пресс, № манометра	Показание манометра	Разрушающая нагрузка, т	Площадь образцов, см ²	Предел прочности на сжатие, кгс/см ²	
изгот.	испытания						Образцов	Среднее
Призмы-половинки (40x40x62,5)								
31.08.04	30.11.04	1	ПЛГ-30 № 30211	182	8,0	25,0	319	297
				175	7,7		307	
				177	7,8		311	
				163	7,1		286	
				143	6,3		251	
				144	6,3		253	
		164		7,2	288			
		177		7,8	311			
		174		7,6	305			
		175		7,7	307			
		190		8,3	333			
		170		7,5	298			
7	205	206	216	200	8,8	25,0	351	346
				205	9,0		360	
				206	9,0		361	
				216	9,5		380	
				193	8,5		339	
				200	8,8		351	
10	207	198	178	182	8,0	319		
				207	9,1	363		
11	178	188	192	198	8,7	347		
				178	7,8	312		
				188	8,2	330		
				192	8,4	337		

Физические показатели образцов 39 серии при испытаниях в морской воде

Таблица 17

До испытаний							После испытаний							
Дата изгот. образцов	№№ образцов	Масса, г, после		Размеры образцов, мм	Объем образцов, см ³	Плотность бетона, кг/м ³	Дата испытания	Масса образцов, г		Размеры образцов, мм	Потери массы, г	Глубина разрушения, мм		
		1 сут.	7 сут.					До обработки	После обработки			образцов	среднее	
24.08.04		25.08.04	31.08.04	Призмы			23.11.04							
	1	553,0	554,7	41x39,5x159,5	258,4	2142		560,0	Без изменен.	Без изменения	Потерь нет	-		
	2	561,2	561,5	41x40x160	262,4	2139		566,5						
	3	556,4	557,7	40,5x40x160,5	260,0	2140		563,2						
	4	559,2	560,9	41x40x159,5	261,5	2138		566,9						
	5	550,2	551,7	40,5x40x159,5	258,4	2129		557,4						
	6	554,1	555,9	41x40x159,5	261,6	2118		561,3						
	7	557,6	559,7	41x40,5x159	263,8	2114		564,6						
	8	552,0	553,5	40,5x40x160	259,2	2130		558,6						
	9	549,3	549,5	40x40x160	256,0	2146		553,5						
	10	553,3	554,0	41x40x159,5	261,6	2115		558,6						
	11	562,3	562,5	41,5x40x160	265,6	2117		568,1						
	12	551,1	552,1	40,5x40x159,5	258,4	2133		558,0						
					ср.	2130								
	Цилиндры													
	1	1141,0	1146,4	30 x149,5	526,5	2167		1157,2	Без изменен.	Без изменения	Потерь нет	-		
	2	1171,4	1177,6	31x149,5	544,1	2153		1189,0						
	3	1156,5	1161,3	31 x149	540,6	2139		1174,0						
	4	1192,6	1197,4	31,5x150	556,3	2146		1209,2						
5	1186,1	1192,0	32 x149	558,2	2125		1202,0							
6	1175,8	1181,0	31,5 x149	549,4	2140		1190,0							
				ср.	2145									

Прочностные показатели образцов – призм 40x40x160
39 серии при испытаниях в морской воде

Таблица 18

Дата, число, месяц, год		№№ образцов	Пресс, № манометра	Показание манометра	Разрушающая нагрузка, т	Площадь образцов, см ²	Предел прочности, на растяжение при изгибе, кгс/см ²	
Изготовл.	Испытания						образца	среднее
24.08.04	23.11.04	1	ПЛГ-5 № 21479	23,5	0,34	16,2	20,7	20,1
		2		25,5	0,36	16,4	22,2	
		3		10,0	0,14	16,2	8,8*	
		4		4,0	0,06	16,4	3,5*	
		5		4,5	0,06	16,2	4,0*	
		6		20,0	0,29	16,4	17,4	
		7		32,0	0,46	16,6	27,5	27,8
		8		32,5	0,46	16,2	28,7	
		9		32,5	0,46	16,0	29,0	
		10		33,5	0,48	16,4	29,2	
		11		31,0	0,44	16,6	26,7	
		12		29,0	0,41	16,2	25,6	

* Результат исключен из расчета

Приложение

Таблица 18
(продолжение)

Дата, число, месяц, год		№№ образцов	Пресс, № манометра	Показание манометра	Разрушающая нагрузка, т	Площадь образцов, см ²	Предел прочности на сжатие, кгс/см ²	
изгот.	испытания						Образцов	Среднее
Призмы-половинки (40x40x62,5)								
24.08.04	23.11.04	1	ПЛГ-30 № 30211	158	6,9	25,0	277	292
				165	7,2		289	
				158	6,9		277	
				176	7,7		309	
				178	7,8		312	
				179	7,9		314	
		176		7,7	309			
		164		7,2	288			
		164		6,9	277			
		171		7,5	300			
		150		6,6	263			
		171		7,5	7,5	300	315	
170	7,5	298						
193	8,5	339						
170	7,5	298						
177	7,8	311						
186	8,2	326						
178	7,8	312	25,0					
177	7,8	311						
176	7,7	309						
168	7,48,5	295						
194	8,5	340						
		194		340				