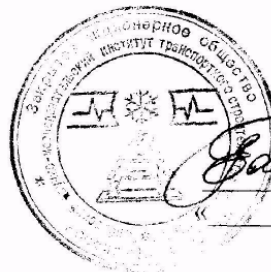


Закрытое акционерное общество
"Сибирский научно-исследовательский
институт транспортного строительства"
ЗАО «СИБЦНИИТС»

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
Е.О. Гадилёв
« » 2004 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ цементобетонных образцов с составом КАЛЬМАТРОН в соляной кислоте (отчет)

Испытания проведены в лаборатории метрополитенов ЗАО «СИБЦНИИТС» в соответствии с рабочей «Программой испытаний защитных составов проникающего действия КАЛЬМАТРОН в агрессивной среде» и календарным планом в период с 16.03 по 09.07.2004 г.

1. УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЙ

Для проведения испытаний согласно «Программе» составлен план четырехфакторного эксперимента, включающий:

- выбор и варьирование параметров факторов (Таблица 1.1);
- построение комбинационного квадрата (Таблица 1.2);
- определение комбинаций 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 кислоты	НР (ph)	K	0,01 (4)	0,05 (3)	0,1 (1)
3	Содержание ХАЧ от Ц по массе		X	2	6	10
4	Содержание цемента в сухой смеси по массе		Ц	30	40	50

Комбинационный квадрат четырехфакторного 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 (серии образцов согласно табл. 1.1 и 1.2.)

Таблица 1.3

№ серии	Шифр, ТКХЦ	Т, мес.	К, н.р. (рН)	Х, % От Ц	Ц, %
1.	1113	1	0,01 (4)	2	50
2.	1232	1	0,05 (3)	10	40
3.	1321	1	0,1 (1)	6	30
4.	2131	2	0,01 (4)	10	30
5.	2223	2	0,05 (3)	6	50
6.	2312	2	0,1 (1)	2	40
7.	3122	3	0,001 (4)	6	40
8.	3211	3	0,05 (3)	2	30
9.	3333	3	0,1 (1)	10	50

2. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

Для проведения испытаний в соляной кислоте изготовлено 9 серий образцов – призм 40x40x160 и цилиндров Ø 150x30. В каждой серии содержится 12 призм (6 – основных, 6 – контрольных), 6 цилиндров (3 – основных, 3 – контрольных).

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. Сульфат натрия (Na₂SO₄).

При изготовлении 9 серий образцов определены составы и физические показатели смесей (табл. 2.1).

Таблица 2.1

№	Наименование показателей	Измеритель	Номер серии, дата изготовления, 2004 г.								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
			14.04	07.04	31.03	08.04	01.04	25.03	30.03	23.03	16.03
1	Состав смеси:										
	КАЛЬМАТРОН	кг/м ³	361	1492	696	1162	1060	304	900	231	1833
	Цемент	кг/м ³	724	-	232	-	354	608	300	462	-
	Песок	кг/м ³	723	373	1007	776	354	989	675	1231	-
	Вода	кг/м ³	361	336	262	262	398	303	338	260	367
	Водоцементное отношение		0,4	0,45	0,45	0,45	0,45	0,40	0,45	0,45	0,4
2	Насыпная масса	кг/м ³	1360	1385	1512	1470	1377	1497	1464	1550	1320
3	Плотность	кг/м ³	2169	2201	2196	2200	2166	2204	2213	2184	2200
4	Подвижность	См	14,6	11,3	3,2	3,9	5,8	6,15	9,9	2,5	1,9
5	Удобоукладываемость	-	Хор.	Хор.	Уд.	Уд.	Уд.	Уд.	Уд.	Уд.	Уд.
6	Водоотделение	%	нет								
7	Начало и конец схватывания смеси	час.-мин.	2-45	0-07	0-05	0-30	0-07	2-10	0-10	2-15	0-55
			4-50	1-25	0-20	01-10	1-05	4-10	0-40	3-55	1-15

В процессе испытаний определяли четыре показателя образцов (приложение, Табл. 1...18):

- глубина разрушения (по потере массы) h , мм;
- потери прочности на растяжение при изгибе $\delta R_{и}$, %;
- потеря прочности на сжатие $\delta R_{с}$, %;
- потеря водонепроницаемости δW , %.

Значения полученных при испытаниях показателей сведены в таблицу 3.1.1.

3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ ОБРАЗЦОВ

3.1. В результате аппроксимации результатов испытаний (Таблица 3.1.1) путем математических преобразований с использованием расчетных схем методики математического планирования эксперимента (Табл. 3.2.1 и 3.2.2) получены графики и аналитические выражения частных и общих зависимостей исследуемых показателей от факторов Т, К, Х, Ц.

В качестве аппроксимирующей функции полученных эмпирических зависимостей по всем четырем факторам, ввиду минимального количества (трех) значений вариантов факторов, принято уравнение прямой вида $y=ax+b$. Параметры a и b этого линейного уравнения определяли по методу наименьших квадратов (1).

3.2. Глубина разрушения образцов (h)

Результаты математической обработки материалов по методике планирования представлены в таблицах 3.2.1 и 3.2.2 и в виде графиков (рис. 3.2.1...3.2.5) и эмпирических зависимостей (3.2.1... 3.2.5).

Показатели по результатам испытаний образцов в соляной кислоте (HCl)

Таблица 3.1.1

№№ серий	Дата изготовления образцов	Продолж. испытаний образцов, мес.	Показатели образцов									
			Глубина разрушения, мм	Прочность						Водонепроницаемость		
				На растяжение при изгибе			На сжатие			Основн. МПа	Контр. МПа	Потери, %
				Основн. МПа	Контр. МПа	Потери, %	Основн. МПа	Контр. МПа	Потери, %			
1	14.04.04	1	0,14	26,5	27,0	2	30,3	35,2	14	2,2	2,2	0
2	07.04.04		0,28	25,7	23,8	0	20,4	23,1	12	1,3	1,4	14
3	31.03.04		0,42	25,5	22,0	0	22,6	29,5	23	1,1	1,5	25
4	08.04.04	2	0	27,2	28,0	3	27,3	26,2	0	1,8	2,2	18
5	01.04.04		0,17	27,5	26,7	0	27,7	31,4	12	1,9	2,2	14
6	25.03.04		0,31	27,6	27,1	0	29,2	39,7	26	0,8	2,2	64
7	30.03.04	3	0	3,25	31,5	6	34,2	34,2	0	1,5	2,2	32
8	23.03.04		0,23	2,50	2,91	14	26,4	33,9	22	1,5	2,2	32
9	16.03.04		0,36	2,24	3,14	29	28,5	39,5	28	0,6	2,4	75

- По факторам Т и К

Расчетная схема

Таблица 3.2.1

Т, мес. \ К, н.р. (рН)	1	2	3	Σ	ср
0,01 (4)	0,14 (1)	0 (4)	0 (7)	0,14	0,05
0,05 (3)	0,28 (2)	0,17 (5)	0,23 (8)	0,68	0,23
0,10 (1)	0,42 (3)	0,31 (6)	0,36 (9)	0,109	0,36
Σ	0,84	0,48	0,59	1,91	0,64
ср	0,28	0,16	0,20	0,64	0,212

Частные зависимости

$$h^T = 0,293 - 0,04T \quad (3.2.1)$$

$$h^K = 3,44K + 0,024 \quad (3.2.2)$$

- По факторам Х и Ц

Расчетная схема

Таблица 3.2.2

Ц, % \ Х, %	2	6	10	Σ	Ср.
30	0,23 (8)	0,42 (3)	0 (4)	0,65	0,22
40	0,31 (6)	0 (7)	0,28 (2)	0,59	0,20
50	0,14 (1)	0,17 (5)	0,36 (9)	0,67	0,22
Σ	0,68	0,59	0,64	0,191	0,64
Ср.	0,23	0,20	0,21	0,64	0,212

Частные зависимости

$$h^X = 0,225 - 0,0025X \quad (3.2.3);$$

$$h^Ц = 0,212 \quad (3.2.4).$$

Общая зависимость $h = M(T, K, X, Ц)$

$$h = -0,04T + 3,44K - 0,0025X + 0,118 \quad (3.2.5)$$

С использованием (3.2.5) вычислены предельные значения

$$h_{\min} = 0,107 \text{ мм (при min T, K, X, Ц);}$$

$$h_{\max} = 0,317 \text{ мм (при max T, K, X, Ц);}$$

и получен совмещенный график h (рис. 3.2.5).

Анализируя полученные эмпирические зависимости, следует отметить, что по степени влияния на показатель h (при оценке в долях единицы) самым сильным является фактор К (0,76), затем, по убывающей, - фактор Т (0,20), далее фактор Х (0,05) и фактор Ц (ноль), практически не оказывающий заметного влияния на величину разрушения образцов. Из этого следует, что степень коррозионного воздействия соляной кислоты в исследуемом диапазоне рН (4 ... 1) практически не зависит от состава смеси (Х и Ц), что не вполне объяснимо.

Абсолютная величина разрушения образцов согласно графику h (рис. 3.2.5) при воздействии всех факторов в исследуемом диапазоне варьирования изменяется (увеличивается) почти в 3 раза (0,107 ... 0,317 мм).

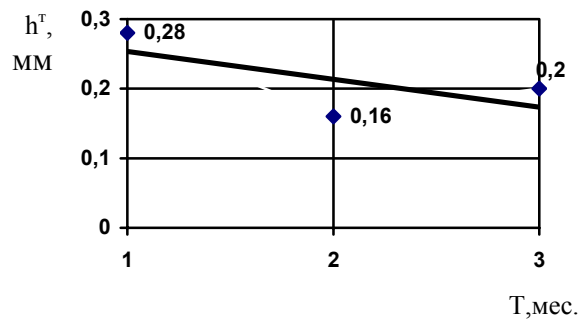


Рис. 3.2.1

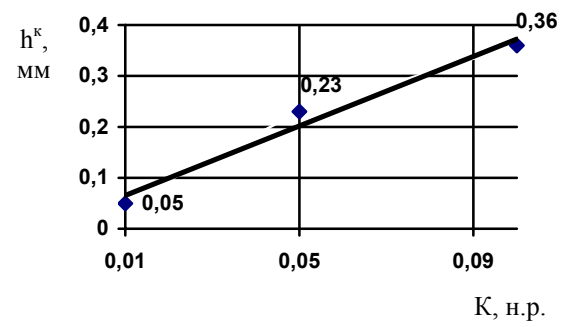


Рис. 3.2.2

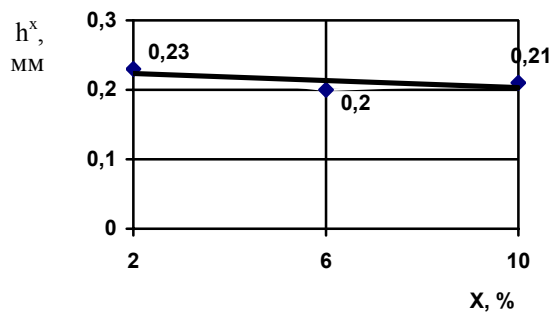


Рис. 3.2.3

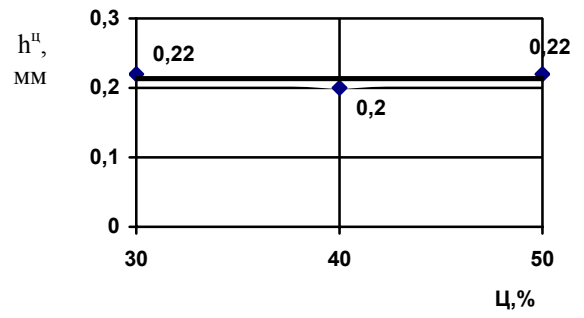


Рис. 3.2.4

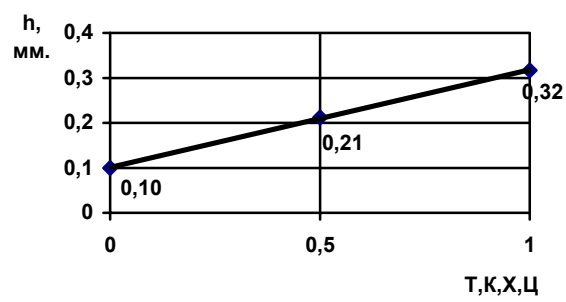


Рис. 3.2.5

Прогнозирование (экстраполяция) величины разрушения по факторам Т и К с использованием полученной зависимости h (3.2.5) не представляется возможным в виду ограниченности объема экспериментальных данных (как отмечалось в п. 3.1). Эту задачу можно реализовать только в результате проведения более углубленных испытаний, позволяющих получать параметры экспериментальных зависимостей с необходимой точностью и надежностью.

3.3. Потери прочности образцов

- прочность на растяжение при изгибе ($\delta R_{и}$)

Результаты обработки приведены в таблицах 3.3.1 и 3.3.2, на рис. 3.3.1 ... 3.3.5 и формулах 3.3.1 ... 3.3.5.

- по факторам Т и К

Расчетная схема

Таблица 3.3.1

Т,мес. К,нр (рН)	1	2	3	Σ	Ср.
0,01 (4)	2 (1)	3 (4)	6 (7)	11	4
0,05 (3)	0 (2)	0 (5)	14 (8)	14	5
0,10 (1)	0 (3)	0 (6)	29 (9)	29	10
Σ	2	3	49	54	18
Ср.	1	1	16	18	6

Частные зависимости

$$\delta R_{и}^T = 6T - 6 \quad (3.3.1);$$

$$\delta R_{и}^K = 67K + 2,3 \quad (3.3.2).$$

- по факторам Х и Ц

Расчетная схема

Таблица 3.3.2

Ц,% Х,%	2	6	10	Σ	Ср.
30	14 (8)	0 (3)	3 (4)	17	6
40	0 (6)	6 (7)	0 (2)	6	2
50	2 (1)	0 (5)	29 (9)	31	10
Σ	16	6	32	54	18
Ср.	5	2	11	18	6

Частные зависимости

$$\delta R_{и}^X = 0,75X + 1,5 \quad (3.3.3);$$

$$\delta R_{и}^Ц = 0,2Ц - 2 \quad (3.3.4).$$

Общая зависимость $\delta R_{и} = M(T, K, X, Ц)$

$$\delta R_{и} = 6T + 67K + 0,75X + 0,2Ц - 22,2 \quad (3.3.5)$$

$$\delta R_{и} \min = -8\% \quad (\text{при } \min T, K, X, Ц)$$

$$\delta R_{и} \max = 20\% \quad (\text{при } \max T, K, X, Ц)$$

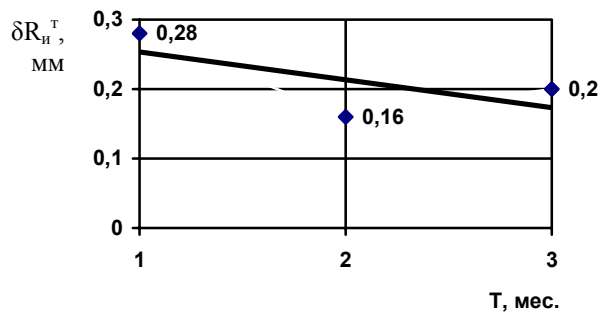


Рис. 3.3.1

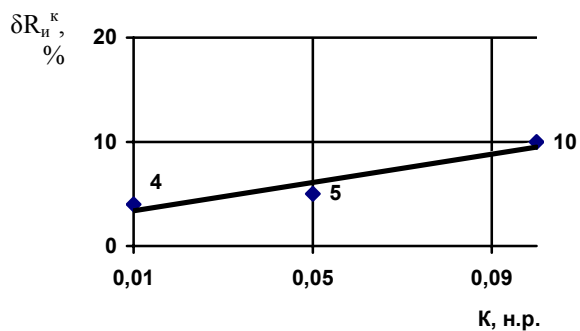


Рис. 3.3.2

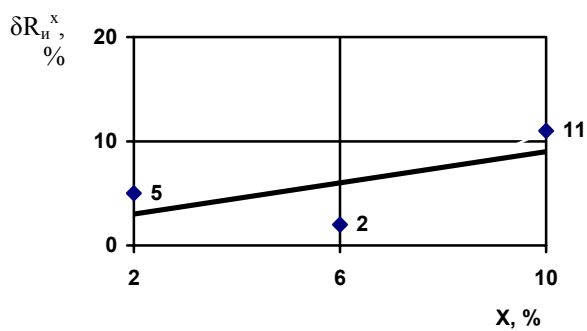


Рис. 3.3.3

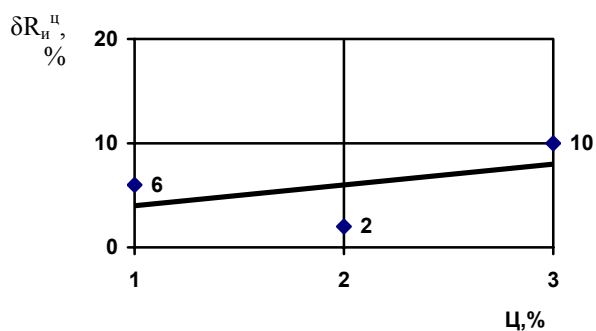


Рис. 3.3.4

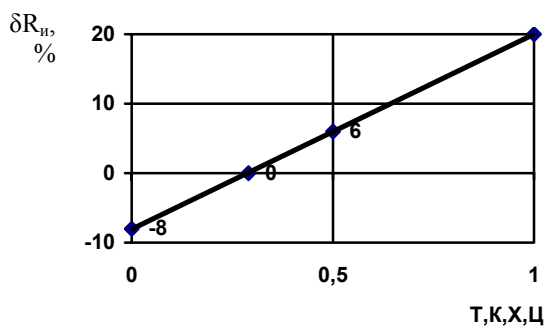


Рис. 3.3.5

По степени влияния факторов на показатель $\delta R_{и}$ доля (по убывающей) самого сильного фактора Т составляет 0,47, К и Х – 0,20, Ц – 0,13. Эти данные свидетельствуют о том, что определяющим величину снижения прочности на растяжение $\delta R_{и}$ является фактор времени Т. Более сильное влияние фактора Х по сравнению с Ц свидетельствует о том, что увеличение содержания ХАЧ в составе влияет в большей степени на разрушение материала, создавая растягивающие напряжения в результате проникновения (прорастания) КАЛЬМАТРОНА в тело образца. В этом случае следует отметить, что достоверный прогноз по изменению $R_{и}$ может быть осуществлен только в результате накопления в достаточном объеме экспериментального материала.

- **прочность на сжатие (δR_c)**

Результаты обработки материалов испытаний приведены в таблицах 3.3.3 и 3.3.4, на рис. 3.3.6 ... 3.3.10 и формулах 3.3.6 ... 3.3.10.

- по факторам Т и К

Расчетная схема

Таблица 3.3.3

Т,мес. К,нр (рН)	1	2	3	Σ	Ср.
0,01 (4)	14 (1)	0 (4)	0 (7)	14	5
0,05 (3)	12 (2)	12 (5)	22 (8)	46	15
0,10 (1)	23 (3)	26 (6)	28 (9)	77	26
Σ	49	38	50	137	46
Ср.	16	13	17	46	15,2

Частные зависимости

$$\delta R_c^T = 0,5T + 14,2 \quad (3.3.6);$$

$$\delta R_c^K = 233K + 2,4 \quad (3.3.7).$$

- по факторам Х и Ц

Расчетная схема

Таблица 3.3.4

Х,% Ц,%	2	6	10	Σ	Ср.
30	22 (8)	23 (3)	0 (4)	45	15
40	26 (6)	0 (7)	12 (2)	38	13
50	14 (1)	12 (5)	28 (9)	54	18
Σ	62	35	40	137	46
Ср.	21	12	13	46	15,2

Частные зависимости

$$\delta R_c^X = 21,2 - X \quad (3.3.8);$$

$$\delta R_c^Ц = 0,15Ц + 9,2 \quad (3.3.9).$$

Общая зависимость $\delta R_c = M(T, K, X, Ц)$

$$\delta R_c = 0,5 T + 233K - X + 0,15Ц + 1,4 \quad (3.3.10)$$

$$\delta R_c \min = 6,7 \% \text{ (при min T, K, X, Ц)}$$

$$\delta R_c \max = 23,7 \% \text{ (при max T, K, X, Ц)}$$

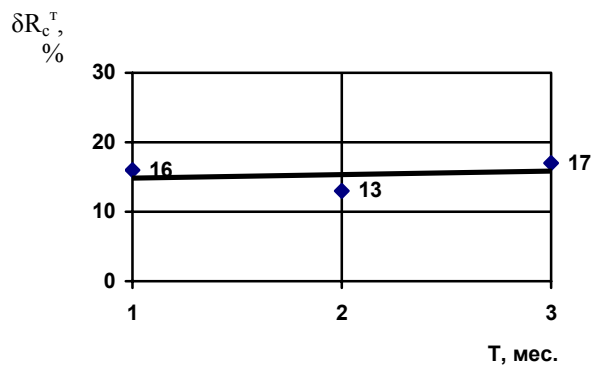


Рис. 3.3.6

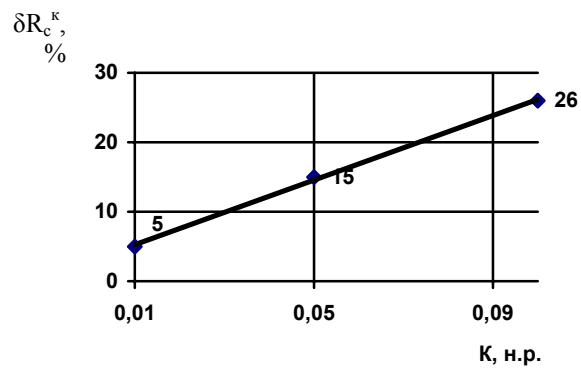


Рис. 3.3.7

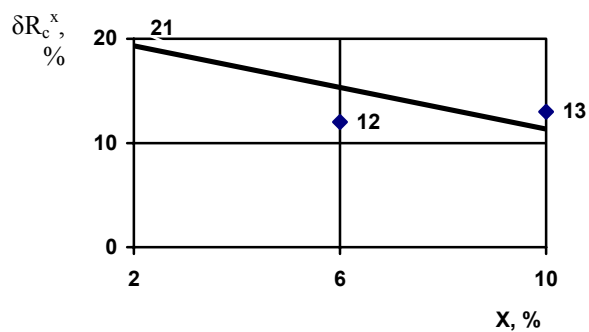


Рис. 3.3.8

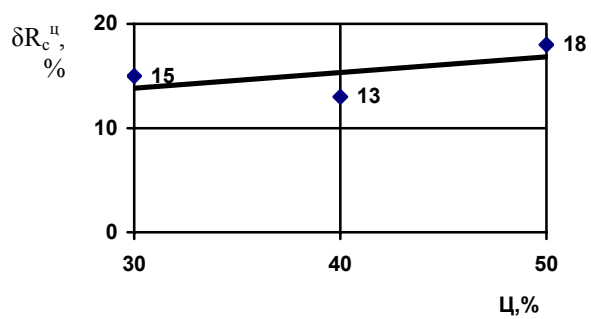


Рис. 3.3.9

Совмещенный график δR_c

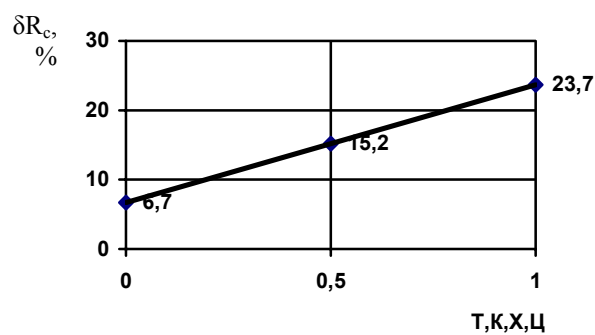


Рис. 3.3.10

Анализ влияния факторов с помощью графиков (рис. 3.3.1 ... 3.3.10) показал, что по сравнению с показателем $\delta R_{и}$ для $\delta R_{с}$ наблюдается обратная картина: фактор К – является самым сильным (определяющим) – доля его составляет 0,64, самым слабым – Т (0,03), промежуточными: Х (0,24) и Ц (0,09).

Первостепенное влияние фактора К также можно объяснить, предполагая иной по сравнению с показателем $\delta R_{и}$ характер (механизм) разрушения образцов при сжатии, когда разрыхление их структуры происходит интенсивнее при увеличении концентрации соляной кислоты, чем при увеличении времени воздействия.

Как и для показателя $\delta R_{и}$ роль фактора Х для $\delta R_{с}$ аналогична: увеличение содержания ХАЧ в составах способствует развитию деструктивных процессов в образцах.

3.4. Потери водонепроницаемости образцов (δW)

Обработка приведенных в таблице 3.1.1 результатов выполнена аналогично предыдущим показателям и представлена в таблицах 3.4.1, 3.4.2 и на рисунках 3.4.1 ... 3.4.5.

Ввиду того, что в процессе испытаний не было возможности получить предельные значения водонепроницаемости образцов (выше марки W22), поэтому приведенные ниже зависимости данного показателя от всех факторов (Т,К,Х,Ц) носят несколько тенденциозный характер, однако, качественная картина процесса выявлена достаточно достоверно.

- зависимости по факторам Т и К

Расчетная схема

Таблица 3.4.1

Т,мес. К,вр (рН)	1	2	3	Σ	Ср.
0,01 (4)	0 (1)	8 (4)	32 (7)	50	17
0,05 (3)	14 (2)	14 (5)	32 (8)	60	20
0,10 (1)	25 (3)	64 (6)	75 (9)	164	55
Σ	39	96	139	274	92
Ср.	13	32	46	92	30,7

Частные зависимости

$$\delta W^T = 16,5T + 2,3 \quad (3.4.1);$$

$$\delta W^K = 433K + 7,5 \quad (3.4.2).$$

- по факторам Х и Ц

Расчетная схема

Таблица 3.4.2

Х,% Ц,%	2	6	10	Σ	Ср.
30	32 (8)	25 (3)	18 (4)	75	25
40	64 (6)	32 (7)	14 (2)	110	37
50	0 (1)	14 (5)	75 (9)	89	30
Σ	96	71	107	274	92
Ср.	32	24	36	92	30,7

Частные зависимости

$$\delta W^X = 0,5X + 27,7 \quad (3.4.3);$$

$$\delta W^Ц = 0,25Ц + 20,7 \quad (3.4.4).$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Общая зависимость } W = M(T, K, X, C) \\
 & \delta W = 16,5 T + 422K + 0,5X + 0,25C - 38,5 \quad (3.4.5) \\
 & \delta W_{\min} = -9,3 \% \text{ (при } \min T, K, X, C) \\
 & \delta W_{\max} = 70,7 \% \text{ (при } \max T, K, X, C)
 \end{aligned}$$

Самыми сильными для этого показателя являются факторы К и Т, слабыми – С и Х. Последовательно, при доленой оценке: К (0,48), Т (0,41), С (0,06), Х (0,05).

Следует отметить, что степень влияния всех факторов на снижение водонепроницаемости во всем диапазоне варьирования является более значительной по сравнению с другими показателями и при доленой оценке составляет более 70 %.

Зависимости, полученные для показателя δW , способствуют раскрытию характера коррозионного воздействия агрессивной среды: значительное снижение водонепроницаемости по фактору К свидетельствует о значительной глубине проникновения кислоты, создающем микротрещиноватую зону в поверхностном слое образцов.

4. ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для сравнительной оценки степени влияния факторов Т, К, Х, С в таблице приведены максимальные изменения значений исследуемых показателей h , δR_n , δR_c , δW , полученные с использованием зависимостей по п. 3.

Таблица 4.1

Факторы	Показатели			
	h , мм	δR_n , %	δR_c , %	δW , %
Т	0,08	15	1	33
К	0,31	6	21	38
Х	0,02	6	8	4
С	0	4	3	5
$\Sigma (T, K, X, C)$	0,21	20	17	70,7
$\max (T, K, X, C)$	0,317	20	23,7	70,7

Данные, приведенные в таблице 4,1, показывают, что факторы Т, К, Х, С в разной степени влияют на изменение значений показателей. В большей степени изменение показателей зависит от продолжительности испытаний (Т) и агрессивности среды (К).

Глубина разрушения образцов, в основном, зависит от фактора К. Факторы Х и С (состав бетонной смеси: содержание ХАЧ и цемента) фактически не оказывают существенного влияния на величину разрушения образцов.

При анализе влияния факторов Т и К на изменение прочности образцов (δR_n и δR_c) можно отметить выявленную особенность. Фактор Т значительно влияет на δR_n и незначительно (1%) на δR_c , а фактор К, наоборот, значительно влияет на δR_c и незначительно (~6%) – на δR_n . Можно предположить, что особенности воздействия этих факторов на изменение показателей δR_n и δR_c можно объяснить разным характером разрушения поверхностного слоя образцов при увеличении продолжительности испытаний и при повышении степени агрессивности среды, влияющих на одинаково на растягивающие усилия при испытаниях образцов на изгиб и сжатие.

Факторы Х и С значительно меньше (8% и 3%) влияют на изменение показателей δR_n и δR_c .

Влияние факторов Т и К в большей мере (33% и 38%) сказываются на снижении водонепроницаемости образцов.

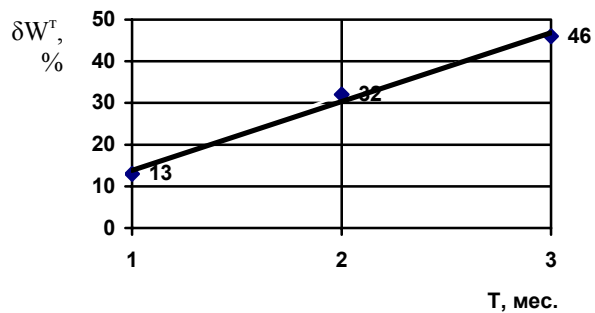


Рис. 3.4.1

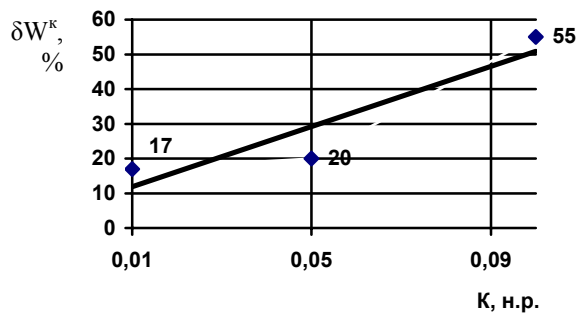


Рис. 3.4.2

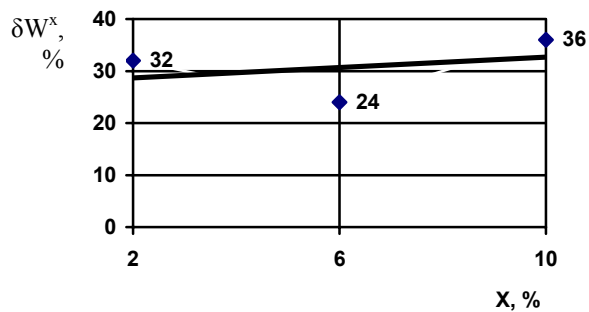


Рис. 3.4.3

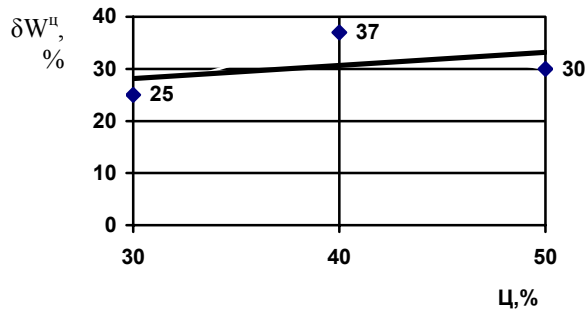


Рис. 3.4.4

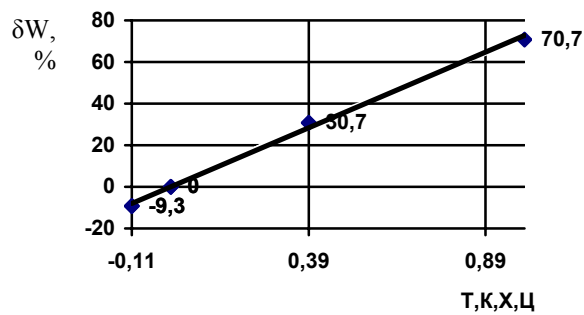


Рис. 3.4.5

Величина показателей при воздействии всех факторов (максимальные значения по табл. 4.1) почти одинаковая для $\delta R_{и}$ $\delta R_{с}$ (20% и 24%) и более, чем в 3 раза, выше для δW (71%).

С использованием зависимостей по п. 3 при определенных значениях факторов Т,К,Х,Ц вычислены минимальные и максимальные значения показателей h, $\delta R_{и}$, $\delta R_{с}$, δW (Таблица 4.2).

Таблица 4.2

№ пп	Показатели	Изм.	Концентрация раствора (рН среды), н.р., рН			
			0,01 (4)		0,1 (1)	
			Миним.	Максим.	Миним.	Максим.
1	h	Мм	0,007	0,107	0,317	0,417
2	$\delta R_{и}$	%	0	14,0	2,0	20,0
3	$\delta R_{с}$	%	1,3	10,7	19,7	31,7
4	δW	%	0	32,7	28,7	70,7

Учитывая наличие линейной связи между показателями h и фактором времени в виде \sqrt{T} (согласно рекомендациям НИИЖБ), можно экстраполяцией полученных значений определять необходимую толщину покрытия (Н) составом КАЛЬМАТРОН, соответствующую расчетному сроку службы конструкции τ и, наоборот, зная расчетную толщину покрытия, - прогнозировать его срок службы, т. е. решать задачи, связанные с долговечностью покрытия. При этом, варьируя параметрами Т, К, Х, Ц (составом и условиями работы покрытия), можно определять необходимую (расчетную) толщину покрытия. Таким образом, можно в определенной мере, управлять процессом коррозионного воздействия на конструкцию и рекомендовать этот метод для установления параметров покрытия на стадии разработки проектного решения при строительстве или ремонте сооружения. В этих целях можно пользоваться таблицей или графиком, составленными на основе материалов испытаний и полученными с их помощью выражениями для определения Н и τ с учетом конкретного сочетания факторов Т,К,Х,Ц:

$$H = h_{\max} \sqrt{\tau/T}; \quad (4.1)$$

$$\tau = T (H/h_{\max})^2, \quad (4.2)$$

где $h_{\max} = 0,417$ мм – для $k = 0,1$ н.р. (рН=1)

$h_{\max} = 0,107$ мм для $k = 0,01$ н.р. (рН=4)

T = 2.8 мес. – продолжительность испытаний.

Таблица 4.3

№ пп	\sqrt{T} , лет, (срок службы τ , лет)	Толщина покрытия Н, мм	
		Концентрация р-ра, н.р. (рН)	
		0,01 (4)	0,1 (1)
1	0,5 (0,25)	0,107	0,417
2	1,0 (1)	0,214	0,834
3	2,2 (5)	0,47	1,83
4	3,2 (10)	0,68	2,67
5	3,9 (10)	0,83	3,25
6	4,5 (20)	0,96	3,75
7	5,0 (25)	1,07	4,17
8	7,1 (50)	1,52	5,92

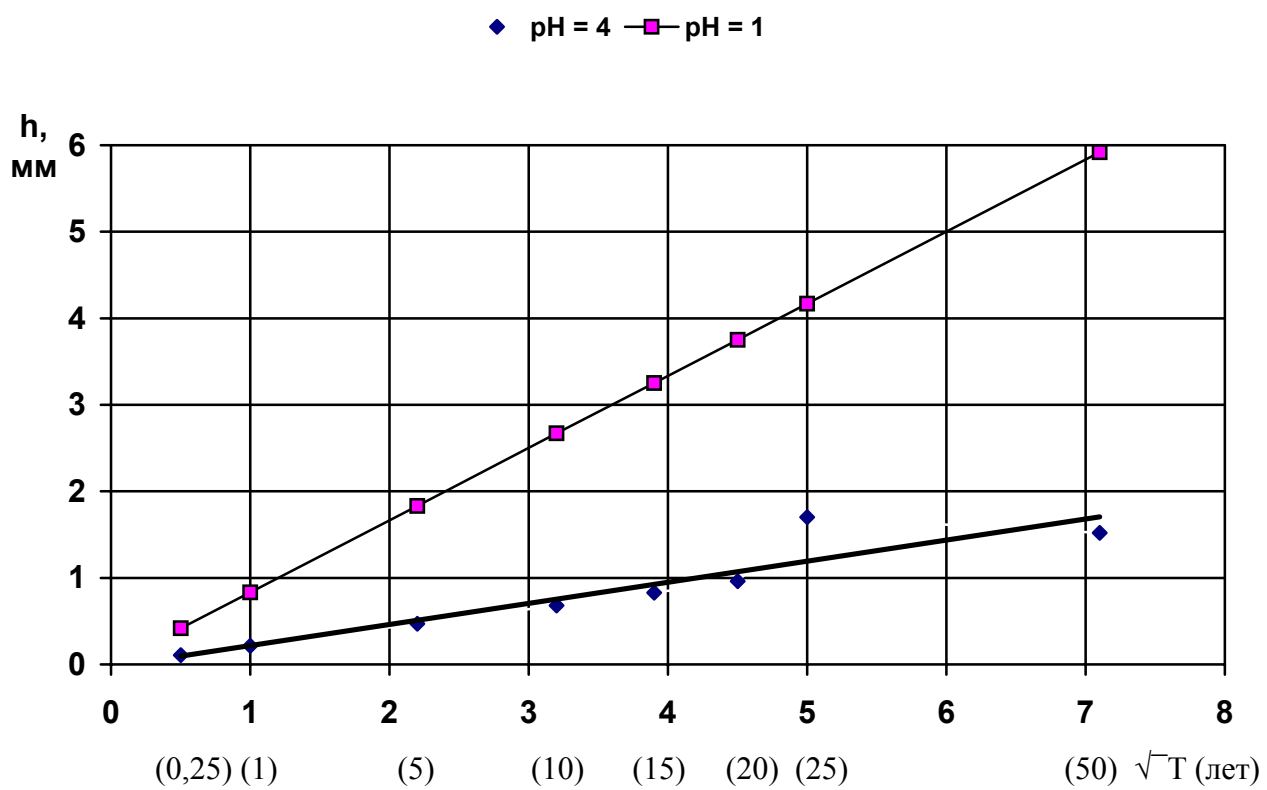


Рис. 4.1

ВЫВОДЫ

1. Использование методики математического планирования эксперимента позволило получить при минимальном объеме испытаний аналитические зависимости, устанавливающие связи между исследуемыми показателями образцов и параметрами (факторами) испытаний.
2. Анализ полученных зависимостей позволил выявить характер проявления коррозионного воздействия агрессивной среды (НС1) на мелкозернистый бетон с защитным покрытием КАЛЬМАТРОН при варьировании факторами (Т,К,Х,Ц).
3. На основании обработки результатов испытаний образцов в растворе соляной кислоты концентрацией 0.01 ... 0.1 н.р. (рН=4... 1) установлено, что необходимая толщина защитного покрытия составом КАЛЬМАТРОН, обеспечивающая срок службы конструкции в этой агрессивной среде в течение 50 лет, составляет 1,5... 6 мм.
4. Фактические данные испытаний могут быть использованы в практических целях на стадии проектирования при назначении расчетной толщины защитного покрытия составом КАЛЬМАТРОН при строительстве или ремонте бетонных сооружений, работающих в агрессивной среде (соляной кислоте).
5. Проведенные испытания, являющиеся по существу начальным этапом работы, обосновывают необходимость планирования дальнейших исследований с целью решения конкретных задач (применение покрытия КАЛЬМАТРОН, увеличение длительности испытаний для получения нормативных значений показателей и т.д.).

Зав. лабораторией метрополитенов
ЗАО «СИБЦНИИТС»



Г.Ф. Петров

Физические показатели образцов
1-й серии при испытаниях в соляной кислоте (HCl)

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.								образцов	среднее
Призмы 40x40x160												
14.04.04	1	550	558,0	40x40x160	256,0	2148	19.05.04	552,3	40x40x159,5	5,7	0,09	0,18
	2	554	560,2	40x40x160	256,0	2164		552,4	40x40x160	7,8	0,13	
	3	559	563,2	40x40,5x160	259,2	2157		550,0	40x40x160	13,2	0,21	
	4	560	565,0	40x40,5x159,5	258,4	2167		549,0	40x40x159,5	16,0	0,26	
	5	566	572,2	40x40,5x160,5	260,0	2177		560,2	40x40x160,5	12,0	0,19	
	6	559	564,0	40x40x160,5	256,8	2177		551,0	40x40x160,5	13,0	0,21	
	7	569	573,0	40x41x161,5	264,8	2149		-	-	-	-	
	8	570	575,9	40x41,5x159,5	264,8	2153		-	-	-	-	
	9	559	562,0	40x41x159	260,8	2143		-	-	-	-	
	10	563	569,0	40x41x159,5	261,6	2152		-	-	-	-	
	11	550	555,8	40x40x160	256,0	2148		-	-	-	-	
	12	552	558,5	40x40x160	256,0	2156		-	-	-	-	
					Ср.	2158		-	-	-	-	
Цилиндры Ø 150x30												
14.04.04	1	1129	1139,0	Ø149,5x30,0	526,3	2145	19.05.04	1130,0	Ø149,5x30,0	9,0	0,09	0,10
	2	1121	1130,0	Ø149,0x30,0	522,8	2144		1119,5	Ø149,5x29,5	10,5	0,10	
	3	1129	1140,5	Ø149,5x30,0	528,1	2138		1130,0	Ø149,5x30,0	10,5	0,10	
	4	1151	1156,2	Ø149,5x30,0	528,1	2180		-	-	-	-	
	5	1115	1124,5	Ø149,0x30,0	522,8	2133		-	-	-	-	
	6	1120	1132,6	Ø149,0x29,5	517,6	2148		-	-	-	-	
					Ср.	2148		-	-	-	-	

Прочностные показатели образцов-призм 40x40x160
1-й серии при испытаниях в соляной кислоте (HCl)

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.	испытаний						Образцов	Среднее
14.04	19.05	1	ПЛГ-5 № 21479	22,5	0,32	16,0	20,0*	26,5
		2		29,0	0,41	16,0	25,9	
		3		30,5	0,44	16,0	27,2	
		4		28,5	0,41	16,2	25,4	
		5		33,5	0,48	16,0	29,9	
		6		27,0	0,39	16,0	24,1	
		7		30,5	0,44	16,2	26,2	27,0
		8		32,0	0,46	16,6	27,5	
		9		35,0	0,5	16,4	30,5	
		10		31,5	0,45	16,4	27,4	
		11		26,0	0,37	16,0	23,2	
		12		22,5	0,32	16,0	20,0*	

* Результаты исключены из расчетов

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.	испытаний						Образцов	Среднее

Призмы-половинки (40x40x62,5)											
14.04	19.05	1	ПЛГ-30 № 30211	147	155	6,4	6,8		258	272	303
				175	174	7,7	7,6		307	305	
				181	175	7,9	7,7		318	307	
				175	170	7,7	7,5		307	298	
				177	185	7,8	8,1		311	325	
				179	182	7,9	8,0		3314	319	
				207	202	9,1	8,9		363	354	352
				206	196	9,0	8,6		361	344	
				196	196	8,6	8,6		344	344	
				205	205	9,0	9,0		360	360	
				206	197	9,0	8,6		361	346	
				198	196	8,7	8,6		347	344	

Приложение

Таблица 3

Физические показатели образцов
2-й серии при испытаниях в соляной кислоте (HCl)

До испытаний						После испытаний				
Дата изгот.	№№ образцов	Масса, г после	Размеры образцов,	Объем образцов,	Плотность бетона,	Дата испытания	Масса образцов,	Размеры образцов,	Потери массы,	Глубина разрушения, мм

образцов		1 сут.	7 сут.	мм	см ³	кг/м ³		г	мм	г	Образцов	Среднее	
07.04.04	Призмы 40x40x160												
							12.05.04						
	1	560	563,0	40x40,5x160	259,2	2160		541,5	39,5x40x159,5	21,5	0,34	0,33	
	2	567	569,0	40x40,5x160	259,2	2187		544,7	39x40x159,0	24,3	0,38		
	3	573	574,5	40x40x160,5	260,0	2204		553,0	39,5x39x159,5	21,5	0,34		
	4	570	571,5	40x40,5x160	259,2	2199		552,7	39,5x39,5x159,5	18,8	0,30		
	5	572	574,0	40x40x160,5	256,8	2227		553,7	39,5x40x159	20,3	0,32		
	6	562	563,8	40x40x160,5	256,8	2188		545,5	39,5x39,5x159,5	18,3	0,29		
	7	568	568,5	40,5x40x160,5	260,0	2185		570,5	-	-	-		
	8	570	573,2	40x40,5x159	257,6	2213		575,0	-	-	-		
	9	581	582,5	40x41x159,5	261,6	2221		584,0	-	-	-		
	10	575	576,0	40x41x159,5	261,6	2198		578,0	-	-	-		
	11	577	578,5	40x41x160	262,4	2199		580,0	-	-	-		
	12	568	569,5	40x40,5x159,5	258,4	2198		571,0	-	-	-		
					Ср.	2198							
	Цилиндры Ø 150x30												
								12.05.04					
	1	1161	1175,7	Ø149,5x30,0	526,3	2206		1148,0	Ø 149x29	27,7	0,25	0,24	
	2	1170	1183,5	Ø149,0x30,0	522,8	2238		1160,4	Ø 148,5x29,5	23,1	0,21		
	3	1150	1163,0	Ø149,0x30,0	522,8	2200		1136,2	Ø 148x29,5	26,8	0,25		
4	1185	1187,5	Ø149,5x30,0	528,1	2244		1201,2	-	-	-			
5	1155	1170,3	Ø149,5x30,0	524,6	2202		1173,2	-	-	-			
6	1116	1132,2	Ø149,0x29,5	514,1	2171		1136,5	-	-	-			
				Ср.	2209								

Приложение

Таблица 4

Прочностные показатели образцов – призм 40x40x160

2-й серии при испытаниях в соляной кислоте (HCl)

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

07.04.04	12.05.04	1	ПЛГ-5 № 21479	27,0	0,386	15,8	24,4	25,7
		2		26,5	0,379	15,6	24,3	
		3		30,5	0,436	15,4	28,3	
		4		28,0	0,400	15,6	25,6	
		5		29,5	0,421	15,8	26,6	
		6		27,5	0,393	15,6	25,2	
	- " -	- " -	7	25,5	0,364	16,2	22,5	23,8
			8	26,5	0,379	16,2	23,4	
			9	26,5	0,379	16,4	23,1	
			10	26,5	0,379	16,4	23,1	
			11	28,0	0,400	16,4	24,4	
			12	29,5	0,421	16,2	26,0	

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	
Изготовл.	Испытания						образцов	среднее
Призмы-половинки (40x40x62,5) – сжатие								
07.04.04	12.05.04	1	ПЛГ-30 № 30211	107	4,8	24,7	194,3	204
				113	5,0	24,7	202,4	
		2		108	4,8	24,4	196,7	
				109	4,8	24,4	196,7	

		3		112	5,0	24,4	204,9	231
				107	4,8	24,4	196,7	
		4		102	4,5	24,7	182,2	
				113	5,0	24,7	202,4	
		5		123	5,5	24,7	222,7	
				121	5,4	24,7	218,6	
	6	123	5,5	24,7	222,7			
		115	5,1	24,7	206,5			
	- " -	- " -	7	129	5,7	25,0	228,0	
				125	5,5	25,0	220,0	
			8	136	6,0	25,0	240,0	
				124	5,5	25,0	220,0	
9			145	6,4	25,6	250,0		
			145	6,4	25,6	250,0		
10	121	5,4	25,6	210,9				
	125	5,5	25,6	214,8				
11	140	6,1	25,6	238,3				
	140	6,1	25,6	238,3				
12	135	5,9	25,3	233,2				
	134	5,9	25,3	233,2				

Приложение

Таблица 5

Физические показатели образцов
3-й серии при испытаниях в соляной кислоте (HCl)

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.								Образцов	Среднее
Призмы 40x40x160												
31.03.04	1	560	564,2	40x41x160	262,4	2134	05.05.04	537,0	39,5x40x159	27,2	0,44	0,54
	2	574	575,7	40x40,5x161	260,8	2201		545,0	39x39,5x159,5	30,7	0,48	
	3	571	574,2	40x40,5x159,5	258,4	2210		535,5	39x39,5x158,5	38,7	0,61	
	4	560	561,7	40x40,5x160	259,2	2160		530,5	39x39x158,5	31,2	0,50	
	5	561	566,4	40x40,5x160	259,2	2164		521,0	38,5x39x159	45,4	0,72	
	6	554	556,2	40x40,5x160	259,2	2137		525,6	39x39,5x159	30,6	0,50	

7	568	571,2	40,5x40,5x160,5	263,2	2158	-	-	-	-		
8	545	550,0	40x40,5x160	259,2	2103	-	-	-	-		
9	560	563,5	40x41x159,5	261,6	2141	-	-	-	-		
10	564	566,5	40x41x160	262,4	2149	-	-	-	-		
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
				Ср.	2156						
Цилиндры Ø 150x30											
1	1100	1108	Ø149,5x29,5	517,5	2126	05.05.04	1073	Ø 149x29	35,0	0,34	0,31
2	1124	1131	Ø149,5x30,0	526,3	2136		1098	Ø 149x29	33,0	0,31	
3	1165	1173	Ø150,0x31,0	547,5	2128		1142	Ø 149,5x30	31,0	0,29	
4	1105	1115	Ø148,5x30,0	521,1	2120		-	-	-	-	-
5	1130	1137,7	Ø149,0x30,0	522,8	2161		-	-	-	-	
6	1110	1118,7	Ø149,0x30,0	522,8	2123		-	-	-	-	
				Ср.	2132						

Приложение

Таблица 6

Прочностные показатели образцов – призм 40x40x160
3-й серии при испытаниях в соляной кислоте (HCl)

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
31.03.04	06.05.04	1	ПЛГ-5 № 21479	27,5	0,392	15,8	24,9	25,5
		2		27,8	0,397	15,4	25,8	
		3		29,5	0,421	15,4	27,4	
		4		26,5	0,379	15,2	24,9	
		5		27,5	0,393	15,0	26,2	
		6		25,5	0,364	15,4	23,7	
	- " -	- " -	8	30,5	0,438	16,4	26,6	22,0
			9	29,0	0,286	16,2	17,6	
			10	12,0	0,171	16,4	10,4*	

		11		25,0	0,357	16,4	21,8	
--	--	----	--	------	-------	------	------	--

* Результат исключен из расчета

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	
Изготовл.	Испытания						образцов	среднее
Призмы-половинки (40x40x62,5) – сжатие								
31.03.04	06.05.04	1	ПЛГ-30 № 30211	105	4,7	24,7	190	226
				101	4,5	24,7	183	
		2		121	5,4	24,4	222	
				122	5,5	24,4	223	
		3		107	4,8	24,4	196	
				136	6,0	24,4	249	
	4	114		5,1	24,4	208		
		122		5,4	24,4	223		
	5	137		6,0	24,0	255		
		148		6,6	24,0	275		
	6	129		5,7	24,4	236		
		140		6,2	24,4	256		
- " -	- " -	7	169	7,5	25,0	301	295	
			164	7,3	25,0	293		
		8	153	6,8	25,0	273		
			146	6,5	25,0	260		
		9	180	7,9	25,0	321		
			168	7,5	25,0	300		
10	178	7,9	25,0	318				
	174	7,8	25,0	310				
11	126	5,6	25,0	225*				
	158	7,0	25,0	282				
12								

* Результат исключен из расчетов

Приложение

Таблица 7

Физические показатели образцов
4-й серии при испытаниях в соляной кислоте (HCl)

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	
		1 сут.	7 сут.							г	%
Призмы 40x40x160											
08.04.04	1	565	567,0	40x40,5x159,5	259,2	2181	10.06.04	572,0	Без изменений	Нет	Нет
	2	560	563,7	40x40x160	256,0	2188		568,9			
	3	560	561,0	40x40x160	256,0	2188		565,1			
	4	559	560,5	40x40x160	256,0	2184		565,9			
	5	557	558,5	40x40x160	256,0	2176		563,4			
	6	557	559,5	40x40x160,5	256,8	2169		565,0			
	7	561	563,0	40x40x160,5	256,8	2185		566,7	-	-	-
	8	559	560,0	40x40,5x160	256,0	2184		563,8	-	-	-
	9	570	572,5	40x41,5x159,5	264,8	2153		576,2	-	-	-
	10	552	555,0	40x39,5x159,5	252,0	2190		558,4	-	-	-
	11	569	571,0	40x40,5x160	259,2	2195		574,4	-	-	-
	12	552	554,5	40x40x160	256,0	2156		558,2	-	-	-
					Ср.	2179					
Цилиндры Ø 150x30											
08.04.04	1	1165	1179,0	Ø149,5x30,0	526,3	2214	10.06.04	1187,5	Без изменений	Нет	Нет
	2	1154	1168,0	Ø149,0x30,0	522,8	2207		1176,0			
	3	1130	1145,0	Ø149,5x29,5	517,6	2183		1153,4			
	4	1156	1170,5	Ø149,0x30,0	522,8	2211		1176,0	-	-	-
	5	1135	1150,5	Ø149,0x30,0	522,8	2171		1155,2	-	-	-
	6	1157	1172,7	Ø149,0x30,0	522,8	2213		1177,7	-	-	-
					Ср.	2200					

Приложение

Прочностные показатели образцов – призм 40x40x160
4-й серии при испытаниях в соляной кислоте (HCl)

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
08.04.04	10.06.04	1	ПЛГ-5 № 21479	30	0,43	16,2	26,5	27,2
		2		30,5	0,44	16,0	27,2	
		3		31	0,44	16,0	27,7	
		4		30,5	0,44	16,0	27,2	
		5		33	0,47	16,0	29,5	
		6		28	0,40	16,0	25,0	
		7		32	0,46	16,0	28,6	28,0
		8		31	0,44	16,0	27,7	
		9		33	0,47	16,6	28,4	
		10		34	0,49	15,8	30,7	
		11		29	0,41	16,2	25,6	
		12		30	0,43	16,0	26,8	

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		
изгот.	испытаний							Образцов	Среднее	
Призмы-половинки (40x40x62,5)										
08.04.04	10.06.04	1	ПЛГ-30 № 30211	142	161	6,2	25,0	249	282,5	273
				158	152	6,9		277	267	
				158	163	6,9		277	286	
				153	155	6,7		268	272	
				164	159	7,2		288	279	
				152	150	6,7		267	263	
		2		138	152	6,0		242	267	262
				144	148	6,3		253	260	
				152	154	6,7		267	270	
				154	163	6,8		270	286	
				144	152	6,3		253	267	
				143	148	6,3		251	260	

Физические показатели образцов
5-й серии при испытаниях в соляной кислоте (HCl)

Дата изгот. образцов	№№ образцов	До испытаний					После испытаний					
		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.								Образцов	Среднее
Призмы 40x40x160												
01.04.04	1	546	551,0	40x40x160	256	2133	03.06.04	541,0	40x39,5x159,5	10,0	0,16	0,16
	2	545	548,3	40x40x160	256	2129		538,5	40x39,5x159,5	9,8	0,16	
	3	549	553,0	40x40x1159,5	255,2	2151		544,0	39,5x40x159	9,0	0,14	
	4	556	558,0	40,5x40,5x160	262,2	2119		547,9	40,5x40x159,5	10,1	0,17	
	5	550	553,5	40x40,5x159,5	258,4	2128		545,6	39,5x40,5x159	7,9	0,13	
	6	550	553,0	40x40,5x161	260,8	2109		542,3	40x40x160,5	10,7	1,18	
	7	554	555,5	40x40,5x159,5	258,4	2144		560,5	-	-	-	-
	8	555	558,7	40x40,5x160,5	260	2135		562,7	-	-	-	
	9	561	565,7	40x41x160,5	263,2	2131		569,0	-	-	-	
	10	560	560,0	40x41x159,5	261,6	2141		564,0	-	-	-	
	11	567	570,5	40,5x41x160	265,6	2135		574,4	-	-	-	
	12	563	567,0	40,0x41x160	262,4	2146		570,9	-	-	-	
					Ср.	2133						
Цилиндры Ø 150x30												
01.04.04	1	1110	1115,0	Ø149,5x29,5	517,8	2144	03.06.04	1092,0	Ø149,5x29,0	23,0	0,22	0,18
	2	1109	1115,5	Ø149,0x30,0	522,8	2121		1095,2	Ø148,5,5x29,5	20,3	0,19	
	3	1112	1124,3	Ø149,0x30,0	522,8	2127		1110,7	Ø148,5,5x30,0	13,6	0,13	
	4	1119	1125,7	Ø149,0x30,0	522,8	2140		1143,8	-	-	-	-
	5	1156	1162,7	Ø150,0x31,0	547,5	2111		1180,4	-	-	-	
	6	1136	1141,5	Ø149,0x30,5	531,5	2137		1159,4	-	-	-	
					Ср.	2130						

Прочностные показатели образцов – призм 40x40x160
5-й серии при испытаниях в соляной кислоте (HCl)

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
01.04.04	03.06.04	1	ПЛГ-5 № 21479	30,0	0,43	16,0	26,8	27,5
		2		29,5	0,42	16,0	26,3	
		3		30,5	0,44	16,0	27,2	
		4		35,0	0,50	16,4	30,5	
		5		33,0	0,47	16,2	29,1	
		6		28,5	0,41	16,2	25,1	
		7		31,0	0,44	16,2	27,3	26,7
		8		27,5	0,39	16,2	24,2	
		9		30,5	0,44	16,4	26,6	
		10		31,0	0,44	15,4	27,0	
		11		32,0	0,46	16,6	27,5	
		12		31,5	0,45	16,4	27,4	

Таблица 10
(продолжение)

Дата, число, м-ц, год		№№ обр.	Пресс, № манометра	Показание манометра	Разрушающая нагрузка, т	Площадь образцов, см ²	Предел прочности на сжатие, кгс/см ²	
изгот.	испытаний						Отд. образцов	Среднее
Призмы 40x40x62,5 (половинки)								
01.04.04	03.06.04	1	ПЛГ-30 № 30211	153	6,7	25,0	268	277
				168	7,4		295	
		2		159	7,0		279	
				156	6,8		274	
		3		161	7,0		282	
				145	6,4		254	
		4		158	6,9		277	
				168	7,4		295	
		5		149	6,5		261	
				164	7,2		288	
		6		156	6,8		274	
				160	7,0		280	
7	162	7,1	284					
	175	7,7	307					
8	174	7,6	305					
	168	7,4	295					
9	190	8,3	333					
	188	8,2	330					
10	189	8,3	332					
	184	8,0	323					
11	185	8,1	325					
	179	7,8	314					
12	172	7,5	302					
	180	7,9	316					
							314	

Физические показатели образцов
6-й серии при испытаниях в соляной кислоте (HCl)

Дата изгот. образцов	№№ образцов	До испытаний				После испытаний							
		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.								Образцов	Среднее	
25.03.04	Призмы 40x40x160												
	1	565	570,4	40x40,5x161	260,8	2166	27.05.04	559,8	40,5x40x160,5	10,6	0,17	0,17	
	2	566	566,7	40x40,5x160	258,7	2184		556,5	40,5x40x160	10,2	0,16		
	3	564	566,5	40x40,8x160	261,1	2160		555,5	40x40x159,5	11,0	0,18		
	4	562	565,5	40x40x160	256,0	2195		554,2	40x40x160	11,3	0,18		
	5	564	564,9	40x40,5x160,5	260,0	2169		554,8	40x40x159,5	10,1	0,16		
	6	560	561,0	40x40,5x160	259,2	2160		552,2	40x39,5x159,5	8,8	0,14		
	7	565	569,2	40x40,3x160	257,9	2191		571,2	-	-	-	-	
	8	574	577,0	40x41x161	264,5	2170		581,0	-	-	-		
	9	574	577,5	40x41x160	262,4	2188		580,2	-	-	-		
	10	570	574,5	40,5x40x161	260,8	2186		576,0	-	-	-		
	11	575	576,5	40x40,5x160	259,2	2218		578,5	-	-	-		
	12	570	575,2	40x41x160	262,4	2172		577,2	-	-	-		
					Ср.	2180							
	Цилиндры Ø 150x30												
		1	1145	1146,5	Ø149,25x30,0	524,6	2183	27.05.04	1095,9	Ø148x29,5	50,6	0,47	0,45
		2	1170	1170,4	Ø150x30,5	538,7	2172		1117,9	Ø148x29,5	52,5	0,49	
		3	1135	1136,9	Ø149,0x30,5	522,8	2171		1095,3	Ø147x28,5	41,6	0,39	
		4	1176	1189,4	Ø149,0x31,5	549,0	2142		1205,5	-	-	-	-
		5	1140	1150,9	Ø149,25x30,0	524,6	2173		1167,5	-	-	-	
		6	1125	1137,0	Ø149,0x30,0	522,8	2152		1153,2	-	-	-	
					Ср.	2166							

Прочностные показатели образцов – призм 40x40x160
6-й серии при испытаниях в соляной кислоте (HCl)

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
25.03.04	27.05.04	1	ПЛГ-5 № 21479	33	0,47	16,2	29,1	27,6
		2		31	0,44	16,2	27,3	
		3		30	0,43	16,4	26,1	
		4		31,5	0,45	16,0	28,1	
		5		31	0,44	16,2	27,3	
		6		30,5	0,44	15,8	27,6	
		7		32	0,46	16,1	28,4	27,1
		8		29,5	0,42	16,4	25,7	
		9		32	0,46	16,4	27,9	
		10		32,5	0,46	16,2	28,7	
		11		30,5	0,44	16,2	26,9	
		12		28,5	0,41	16,4	24,8	

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.	испытаний								Образцов	Среднее		
Призмы-половинки (40x40x62,5)												
25.03.04	27.05.04	1	ПЛГ-30 № 30211	198		8,7		25,0	347		292	
					148		6,5			260		
				2	140		6,1			246		
					158		6,9			277		
				3	182		8,0			319		
					167		7,3			293		
		4		170		7,5			298		305	397
				174		7,6			305			
		5		151		6,6			265		302	
				172		7,5			302			
		6		159		7,0			279		316	
				180		7,9			316		386	
7	223		9,8		391		386	397				
	220		9,6		386							
8	207		9,1		363		390					
	222		9,7		390							
9	180		7,9		316		412					
	235		10,3		412							
10	239		10,5		419		391	397				
	223		9,8		391							
11	241		10,6		423		430					
	245		10,7		430							
12	253		11,1		444		398					
			227		10,0		398					

Физические показатели образцов
7-й серии при испытаниях в соляной кислоте (HCl)

Дата изгот. образцов	№№ образцов	До испытаний					После испытаний			
		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
		1 сут.	7 сут.							
Призмы										
30.03.04	1	572	575,9	40x41x160	262,4	2180	29.06.04	580,4	Без изменений	Нет
	2	575	576,2	41x40,5x161	260,8	2205		581,4		
	3	575	575,2	40x41x159,5	261,6	2198		580,0		
	4	575	576,5	40x40,5x160	259,2	2218		581,2		
	5	580	581,0	40x41,5x160	265,6	2184		585,3		
	6	565	566,5	40x40x160	256	2207		571,2		
	7	570	573,4	40x40,5x160,5	260	2192		577,2	-	-
	8	579	580,4	40x41x160	262,4	2206		584,0	-	-
	9	565	565,7	40x40,5x160	259,2	2180		569,5	-	-
	10	570	569,7	40x40,5x160	259,2	2199		573,7	-	-
	11	562	564,0	40x40x160	256	2195		567,5	-	-
	12	562	565,2	40x40,5x160	259,2	2168		569,2	-	-
					Ср.	2194				
Цилиндры Ø 150x30										
	1	1160	1165	Ø149,5x30,0	522,8	2219	29.06.04	1185,0	Без изменений	Нет
	2	1150	1155,2	Ø150,0x30,0	526,3	2185		1175,9		
	3	1170	1175	Ø149,0x30,5	531,5	2201		1194,4		
	4	1157	1164,2	Ø149,5x30,0	524,6	2205		1181,7	-	-
	5	1185	1189,0	Ø149,5x30,5	536,9	2207		1206,9	-	-
	6	1151	1165,5	Ø149,0x30,5	531,5	2166		1184,9	-	-
					Ср.	2197				

Прочностные показатели образцов – призм 40x40x160
7-й серии при испытаниях в соляной кислоте (HCl)

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
30.03.04	29.06.04	1	ПЛГ-5 № 21479	38,5	0,55	16,4	33,5	32,5
		2		40,5	0,58	16,6	34,9	
		3		35,5	0,51	16,4	30,9	
		4		37,0	0,53	16,2	32,6	
		5		36,0	0,51	16,6	31,0	
		6		36,0	0,51	16,0	32,1	
		7		35,5	0,51	16,2	31,3	31,5
		8		36,5	0,52	16,4	31,8	
		9		36,0	0,51	16,2	31,7	
		10		35,0	0,50	16,2	30,9	
		11		33,0	0,47	16,0	29,5	
		12		38,0	0,54	16,2	33,5	

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.	испытаний								Образцов	Среднее
Призмы-половинки (40x40x62,5)										
30.03.04	29.06.04	1	ПЛГ-30 № 30211	190	185	8,3	25,0	333	325	322
				176	177	7,7		309	310	
				210	202	9,2		368	352	
				210	200	9,2		368	352	
				188	194	8,2		330	340	
				180	163	7,9		316	286	
		203		198	8,9	356		347	342	
		191		187	8,4	335		328		
		207		193	9,1	363		339		
		213		185	9,3	374		325		
		186		196	8,2	326		344		
		191		192	8,4	335		337		

Физические показатели образцов
8-й серии при испытаниях в соляной кислоте (HCl)

Дата изгот. образцов	№№ образцов	До испытаний					После испытаний					
		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.								Образцов	Среднее
23.03.04	Призмы 40x40x160											
	1	545	552,7	40x40,5x160	259,2	2103	22.06.04	541,4	40x40x160	11,3	0,19	0,19
	2	560	563,5	40,5x40x160	259,2	2160		549,7	40,5x40x160	13,8	0,22	
	3	556	562,5	40x40,5x160	259,2	2145		549,0	40x40,5x159,5	13,5	0,22	
	4	545	548,5	40x40x160	256,0	2129		538,2	40,5x40x159,5	10,3	0,17	
	5	547	552,2	40x40x160	256,0	2137		541,5	40x40x159,5	10,7	0,17	
	6	550	556,0	40x40,5x159,5	258,4	2128		544,2	40,5x40x159,5	11,8	0,19	
	7	567	575,2	40x41x160,7	261,3	2170		579,8	-	-	-	-
	8	565	571,5	40x41x160	262,4	2153		575,4	-	-	-	-
	9	557	566,5	40,5x40,5x160,5	263,2	2116		570,9	-	-	-	-
	10	540	546,0	40,5x39x160	252,6	2138		550,5	-	-	-	-
	11	557	563,0	40x40,5x159,5	258,4	2156		567,0	-	-	-	-
	12	526	532,5	40x38,5x161	248,4	2118		537,4	-	-	-	-
					Ср.	2138						
	Цилиндры Ø 150x30											
	1	1118	1128	Ø149,0x30,0	522,8	2138	22.06.04	1092,0	Ø148x30	36,0	0,34	0,26
	2	1122	1135	Ø149,5x30,0	526,3	2132		1110,5	Ø148x30	24,5	0,23	
	3	1140	1151	Ø150x30,5	538,7	2116		1130,0	Ø149x30	21,0	0,20	
	4	1125	1153	Ø149,0x30,5	531,5	2117		1160,7	-	-	-	-
	5	1129	1155	Ø149,25x30,0	524,6	2152		1163,5	-	-	-	-
	6	1110	1134,5	Ø149,0x30,0	522,8	2123		1143,0	-	-	-	-
					Ср.	2130						

Прочностные показатели образцов – призм 40x40x160
8-й серии при испытаниях в соляной кислоте (HCl)

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
23.03.04	22.06.04	1	ПЛГ-5 № 21479	28,0	0,40	16,0	25,0	25,0
		2		27,5	0,39	16,2	24,2	
		3		27,5	0,39	16,2	24,2	
		4		29,0	0,41	16,2	25,6	
		5		29,0	0,41	16,0	25,9	
		6		15,5	0,22	16,2	13,7*	
		7		35,5	0,51	16,4	30,9	29,1
		8		31,5	0,45	16,4	27,4	
		9		31,5	0,45	16,4	27,4	
		10		33,5	0,48	15,8	30,3	
		11		33,5	0,48	16,2	29,5	
		12		26,0	0,37	15,4	24,1*	

* Результаты исключены из расчетов.

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.	испытаний								Образцов	Среднее
Призмы-половинки (40x40x62,5)										
23.03.04	22.06.04	1	ПЛГ-30 № 30211	149	144	6,5	25,0	261	253	264
				156	143	6,8		274	251	
				153	150	6,7		268	263	
				136	153	6,0		239	268	
				163	156	7,1		286	274	
				118	105	5,2		207*	184*	
		183		194	8,0	321		340	339	
		217		219	9,5	381		384		
		194		186	8,5	340		326		
		201		196	8,8	353		344		
		174		173	7,6	305		304		
		195		183	8,6	342		324		

* Результаты исключены из расчетов

Физические показатели образцов
9-й серии при испытаниях в соляной кислоте (HCl)

Дата изгот. образцов	№№ образцов	До испытаний					После испытаний					
		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.								Образцов	Среднее
16.03.04	Призмы 40x40x160											
	1	575	576,2	40x41x159,5	261,6	2198	15.06.04	555,0	40,5x40x159,5	21,2	0,33	0,32
	2	576	577,3	40x41x160	262,4	2195		557,6	40,5x40x159,5	19,7	0,31	
	3	578	578,0	40x41x160	262,4	2203		555,9	40,5x40x160	22,1	0,35	
	4	572	572,5	40x40,5x160	259,2	2207		553,4	40x40x159,5	19,1	0,30	
	5	565	565,7	40x40x160	256	2207		545,9	39,5x40x159,5	19,8	0,31	
	6	565	565,2	40x40x160	256	2207		544,5	39,5x40x160	20,7	0,33	
	7	577	581,8	40x40,5x161	260,8	2212		584,2	-	-	-	-
	8	583	584,0	40,5x40,5x161	264,1	2204		586,9	-	-	-	-
	9	582	585,5	40x40x160	262,4	2218		588,0	-	-	-	-
	10	575	579,5	40,5x40x161	260,8	2205		581,7	-	-	-	-
	11	580	581,5	40x41x160	262,4	2210		584,2	-	-	-	-
	12	567	568,0	39,5x40x161	254,4	2227		570,7	-	-	-	-
					Ср.	2208						
	Цилиндры Ø 150x30											
	1	1165	1156,2	Ø149,0x30,0	522,8	2228	15.06.04	1111,2	Ø148x29,2	45,0	0,41	0,40
	2	1169	1158,0	Ø149,0x30,0	522,8	2236		1111,9	Ø148x29,2	46,1	0,42	
	3	1175	1165,2	Ø149,0x30,5	522,8	2247		1124,6	Ø148x29,5	40,6	0,37	
	4	1164	1171,0	Ø149,0x30,5	522,8	2226		1176,7	-	-	-	-
	5	1175	1182,0	Ø149,25x30,0	531,5	2211		1187,5	-	-	-	-
	6	1190	1199,0	Ø149,0x30,0	536,9	2216		1205,0	-	-	-	-
					Ср.	2227						

Прочностные показатели образцов – призм 40x40x160
9-й серии при испытаниях в соляной кислоте (HCl)

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
16.03.04	15.06.04	1	ПЛГ-5 № 21479	26,0	0,37	16,2	22,9	22,4
		2		25,0	0,36	16,2	22,0	
		3		8		16,2		
		4		26,5	0,38	16,0	23,7	
		5		24,0	0,34	15,8	21,7	
		6		24,5	0,34	15,8	21,7	
		7		34,5	0,49	16,2	30,4	31,4
		8		35,0	0,50	16,4	30,5	
		9		35,5	0,51	16,4	30,9	
		10		34,5	0,49	16,2	30,4	
		11		39,0	0,56	16,4	34,0	
		12		36,0	0,51	15,8	32,5	

Дата, число, месяц, год		№№ образцов	Пресс, № манометра	Показание манометра		Разрушающая нагрузка, т		Площадь образцов, см ²	Предел прочности на сжатие, кгс/см ²	
изгот.	испытаний								Образцов	Среднее
Призмы-половинки (40x40x62,5)										
16.03.04	15.06.04	1	ПЛГ-30 № 30211	144	152	6,3	25,0	252	267	285
				160	168	7,0		281	295	
				170	159	7,4		297	279	
				162	156	7,1		284	274	
				165	169	7,2		289	296	
				171	175	7,5		300	307	
		7		244	236	10,7		428	414	395
		8		207	234	9,1		363	411	
		9		241	227	10,6		423	398	
		10		231	213	10,1		405	374	
		11		266	210	9,9		396	368	
		12		208	190	9,1		365	333	