


Министерство науки и образования
ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
«СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА»

625001, г.Тюмень, ул.Луначарского,2

тел.:(3452)46-47-60

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ТюмГАСУ, д.т.н., профессор


В.М. Чикишев

15 апреля 2011 г.

Техническое заключение

по договору №32 ИЛ/10:

**«Изучение влияния добавки «Гидротэкс» на строительно-технические
свойства и долговечность бетона»**

Директор Испытательной лаборатории


Г.А. Зимакова

Тюмень, 2011

Содержание

	Введение	3
1	Общие сведения	3
2	Цель исследования	6
3	Сырьевые материалы и программа исследований	6
4	Результаты исследований	10
5	Выводы	17
	Литература	20

Введение

Работы по договору 32 ИЛ/10, заключенному между ГОУ ВПО ТюмГАСУ и ООО «Тюменьгидрострой», выполнены Испытательной лабораторией, состав работ по данному договору отражен в перечне видов строительной деятельности, на осуществление которых Исполнитель имеет Свидетельство о допуске к видам работ № П-168 от 26.03.10, выданное Некоммерческим партнерством «Объединение проектировщиков «Западная Сибирь».

Испытания проведены на основании Свидетельства о состоянии измерений № 1334 от 6 февраля 2009 г. Приборы и инструменты, используемые при измерениях, поверены и отвечают требованиям ГОСТов, СНИП, соответствующих инструкций по эксплуатации.

Содержание работ определено в соответствии с Техническим заданием Заказчика и выполнено в соответствии с положениями нормативно-технической документации.

1. Общие сведения

Современные бетоны отличаются высокими эксплуатационными свойствами: проницаемость для воды эквивалентная маркам W12...W20, повышенная долговечность, характеризуемая марками по морозостойкости F300-600 наряду с высокой водонепроницаемостью для таких бетонов характерна высокая прочность. Для некоторых видов железобетонных изделий одной из важнейших характеристик является водо-и газонепроницаемость бетона. Бетоны с высокими гидроизолирующими свойствами играют основную роль в обеспечении долговечности конструкций, работающих в особом эксплуатационном режиме.

Проницаемость бетона характеризуется прямыми показателями: маркой бетона по водонепроницаемости или коэффициентом фильтрации; косвенные показатели: водопоглощение бетона и водоцементное отношение, являются ориентировочными и дополнительными к прямым показателям.

Показатели, отражающие взаимосвязь технических свойств и характеристику бетона по проницаемости, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Условные обозначения показателя проницаемости бетона	Показатели проницаемости бетона			
	прямые		косвенные	
	марка бетона по водонепроницаемости	коэффициент фильтрации, см/с	водопоглощение, % по массе	В/Ц, не более
Н - бетон нормальной проницаемости	W4	Св. $2 \cdot 10^{-9}$ до $7 \cdot 10^{-9}$	Св. 4,7 до 5,7	0,6
П - бетон пониженной проницаемости	W6	Св. $6 \cdot 10^{-10}$ до $2 \cdot 10^{-9}$	Св. 4,2 до 4,7	0,55
О - бетон особо низкой проницаемости	W8	Св. $1 \cdot 10^{-10}$ до $6 \cdot 10^{-10}$	До 4,2	0,45

Водонепроницаемость бетонов зависит от структуры и характера пористости. Бетон, будучи капиллярно-пористым телом, при наличии соответствующего градиента давления проницаем для воды; при непосредственном контакте с водой происходит водопоглощение бетона, за счет капиллярного подсоса вода способна перемещаться по очень мелким капиллярам на относительно большие расстояния (теоретически на 4,15 м).

В основе обеспечения высокой водонепроницаемости бетонов лежит ряд факторов:

1. Правильный выбор цемента, заполнителей и назначение оптимального состава бетона;
2. Применение бетонных смесей с В/Ц отношением 0.4-0.5, чем выше В/Ц, тем ниже прочность и водонепроницаемость бетона. В более поздние сроки твердения (180 суток), пористость бетона тем ниже, чем меньше В/Ц;
3. Применение специальных модифицирующих добавок, т.к. происходящие в цементной системе сложные коллоидно-химические и физические явления, которые поддаются воздействию модификатора, отражаются, в конечном счете, на пористости, прочности и долговечности цементного камня;

4. Применение эффективных технологий укладки бетонной смеси. Поры возникают в результате недостаточного уплотнения смеси при укладке и от избыточного количества воды, требуемого для обеспечения достаточной удобоукладываемости бетонной смеси. Излишняя вода обуславливает формирование системы сообщающихся капиллярных пор, которые служат основными путями для фильтрации воды;
5. Обеспечение должных условий твердения бетона. Изменение водонепроницаемости бетона неотделимо от тех условий, при которых происходит его твердение. При воздушном хранении, в условиях испарения из бетона воды; рост водонепроницаемости бетона замедляется тем больше, чем полнее происходит его обезвоживание. При больших потерях воды возникают микро- и макродефекты, рост водонепроницаемости бетона прекращается;
6. Учет фактора, что с увеличением возраста бетона изменяется характер его пористости, постепенно уменьшается объем макропор, за счет формирования в поровом пространстве продуктов гидратации цемента, поры становятся условно дискретными.

В настоящее время наиболее часто повышение водонепроницаемости бетона обеспечивают за счет применения в составе бетонной смеси специальных модифицирующих добавок, однако влияние модификаторов на свойства бетонных смесей и бетонов, кинетику гидратации цемента является не однозначным, наряду с приданием основного положительно эффекта действия могут быть изменены некоторые другие важные свойства. Влияние добавок также зависит от вида и расхода применяемого цемента, водоцементного фактора и ряда других параметров, поэтому для внедрения в практику производят всестороннее исследование влияния добавок на свойства бетонной смеси и бетонов.

2. Цель исследования

Исследования выполнены с применением добавки Гидротэкс. Группа материалов маркировки «Гидротэкс» используется в основном для устройства капиллярно-прерывающей гидроизоляции.

В данной работе изучены физико-механические свойства бетона с добавкой Гидротэкс В, в качестве компонента бетонной смеси.

Основная цель введения добавки Гидротэкс: повысить водонепроницаемость бетонов.

Краткая характеристика: добавка Гидротэкс является комплексной органоминеральной добавкой, сочетающей в себе органическую составляющую в виде пластификатора и ускорителя процесса твердения и минерального компонента; представляет собой тонкодисперсный порошок.

3. Сырьевые материалы и программа исследований

Вязущее. Экспериментальные данные получены при использовании портландцемента Сухоложского цементного завода марки 400; вещественный состав: доменный гранулированный шлак до 15 %, минеральная добавка до 3%; минералогический состав: C_3S - 60-63%; C_2S - 13-14%, C_3A - 7%, C_4AF - 14%-15%.

Крупный заполнитель: щебень гранитный, зерновой состав - фракции 5-10, марки по прочности П1200, удовлетворяющий всем требованиям стандартов.

Мелкий заполнитель. В качестве мелкого заполнителя использован песок Махневского месторождения, соответствующий требованиям стандартов, предъявляемых к строительным пескам I группы.

Проектирование состава бетона произведено с использованием эмпирических формул, связывающих прочность бетона со свойствами вяжущего, заполнителей и водоцементным отношением.

Испытания проведены в соответствии с требованиями ГОСТ 310.1-76 «Цементы. Методы испытаний», ГОСТ 31108-2003 «Цементы общестроительные. Технические условия», ГОСТ 10181-2000 «Смеси бетонные. Методы испытаний», ГОСТ 10060 «Бетоны. Методы определения морозостойкости», ГОСТ 10180-90 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам»

Работу выполняли в следующей последовательности:

1. Из цементно-песчаного раствора с добавкой Гидротэкс В были изготовлены образцы – кубы с ребром 7см (подвижность смеси постоянна). Результаты испытаний цементно-песчаных образцов на прочность представлены в таблице 2, установлено, что с увеличением количества добавки прочность цементно-песчаного раствора постепенно возрастает, в дальнейших исследованиях дозировки добавки назначены – 2 и 5 масс % (от массы цемента).

Таблица 2

Результаты испытания цементно-песчаных образцов на прочность

№ состава	Прочность на сжатие, МПа, в возрасте, сут				Плотность кг/м ³
	1	3	7	28	
контрольный	6,3	12,2	17,7	26,4	2250
добавка 1%	7,4	15,8	18,1	26,6	2234
добавка 2%	7,9	16,0	18,9	30,2	2281
добавка 3%	9,4	18,2	21,0	31,7	2310
добавка 4%	11,6	19,3	21,7	32,3	2268
добавка 5%	12,4	19,5	22,2	36,8	2353

2. Из цемента, щебня и песка изготавливали бетонную смесь с водоцементным отношением равным 0.45, затем формовали образцы размером 10×10×10 см и образцы-цилиндры диаметром 15 см, высотой 15 см, данные составы рассматривались как контрольный. Следующие серии образцов изготовлены с введением в состав смеси добавки Гидротэкс в дозировках 2, 5 мас. %. Образцы помещались в ванну с гидравлическим затвором. Через 24 часа образцы извлекали из форм и хранили до момента испытания в воздушно-влажных условиях. Предел прочности при сжатии определяли через 3, 7, 14 и 28 суток твердения.

Для решения задач, связанных с изучением влияния добавки на кинетику гидратационных процессов, строительно-технические свойства бетонов, проанализирована прочность твердеющей системы в различные

сроки твердения, водонепроницаемость в возрасте 28 и 180 суток, пористость, морозостойкость.

Контроль прочности бетонных образцов при сжатии проводился по стандартной методике.

Марку бетона по водонепроницаемости определяли по ГОСТ 12730.5-84; водопоглощение бетона - по ГОСТ 12730.3-78.

Для проведения испытаний по водонепроницаемости использовано устройство типа «Агама-2Р» (метод воздухопроницаемости бетона), принципиальная схема которого приведена на черт. 1. В соответствии с инструкцией по эксплуатации устройства, определяли значение параметра воздухопроницаемости бетона, $\text{см}^3/\text{с}$, каждого образца в возрасте 28 и 180 суток твердения. Водонепроницаемость бетона (a_i) определена по табл.3.

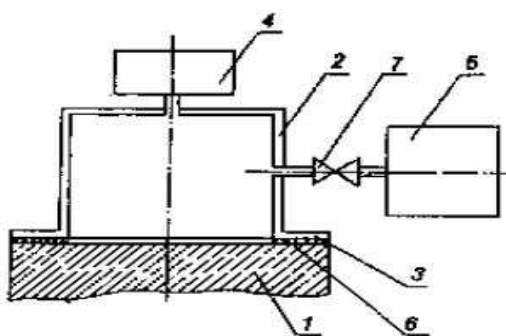


Рис. 1

1 - бетонный образец; 2 - камера устройства; 3 - фланец камеры; 4 - датчик; 5 - вакуум-насос; 6 - герметизирующая мастика; 7 - вентиль

Поровую структуру бетона изучали по кинетике водопоглощения (стандартный метод) и величине сорбционной влажности, по результатам хранения образцов в герметичной камере с относительной влажностью воздуха более 95 %.

Таблица 3

Параметр воздухопроницаемост и бетона a_c , $\text{см}^3/\text{с}$	Марка бетона по водонепроницаемост и W	Параметр воздухопроницаемост и бетона a_c , $\text{см}^3/\text{с}$	Марка бетона по водонепроницаемост и W
0,325 - 0,224	2	0,0509 - 0,0345	12
0,223 - 0,154	4	0,0344 - 0,0238	14
0,153 - 0,106	6	0,0237 - 0,0164	16

Параметр воздухопроницаемости бетона a_c , см ³ /с	Марка бетона по водонепроницаемости W	Параметр воздухопроницаемости бетона a_c , см ³ /с	Марка бетона по водонепроницаемости W
0,105 - 0,0728	8	0,0163 - 0,0113	18
0,0727 - 0,0510	10	0,0112 - 0,0077	20

На основании обзора имеющихся способов определения и прогнозирования морозостойкости принят метод дилатометрических испытаний, основанный на связи структурных характеристик бетонов с их морозостойкостью и дающий результаты с удовлетворительной корреляционной связью полученных деформативных характеристик с морозостойкостью бетонов, определяемой методом прямого замораживания и оттаивания. Графопостроитель во время замораживания непрерывно фиксирует кривую разности объёмных деформаций бетонного и стандартного образцов, испытания проведены для бетонов контрольного состава и бетонов с добавкой Гидротэкс В.

С целью установления влияния добавки на реологические свойства бетонной смеси, изучен характер изменения подвижности бетонной смеси во времени, определен коэффициент водоотделения цементного теста с добавкой Гидротэкс в сравнении со свойствами цементного теста не содержащего добавки.

4. Результаты исследований

По результатам испытания бетонов с различным расходом цемента, включая состав контрольный (без добавки) и с добавкой Гидротэкс, получены зависимости, отраженные на рисунке 2



Рис.2. Прочность бетона в зависимости от расхода цемента и количества введенной добавки

Таблица 4

Скорость набора прочности бетона в различные сроки твердения

Цемент, кг/м ³	Добавка, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа	
		3 сут	28 сут
320	нет	9.7	21.7
320	16	12.3	32.2
390	нет	14.2	32.2
390	19.5	21.9	40.2
460	нет	17.8	37.9
460	23	25.3	45.1

Из табл. 4. видно, что образцы с добавкой Гидротэкс В, в 5-ти процентной дозировке от массы цемента, обладают высокими прочностными характеристиками, а именно, прочность превалирует над прочностью исходных бездобавочных составов на 20-25%.

С введением добавки не только повышается марка бетона, но и значительно ускоряется интенсивность нарастания прочности бетона, следовательно, добавка Гидротэкс В ускоряет процессы гидратации и обеспечивает уплотнение структуры цементного камня в ранние сроки ее формирования.

Водонепроницаемость бетонов изучена на оптимальном составе бетона (Табл.5), отвечающего по прочности при сжатии классу В25.

Таблица 5

Компоненты	Расход компонентов, кг/м ³	
	контрольный состав	с добавкой Гидротэкс В
Цемент М400	435	435
Щебень	1167	1167
Песок	676	676
Вода	195	195
Добавка Гидротэкс		22
Плотность бетонной смеси, кг/м ³	2473	2495

Прогрессирующая гидратация цемента в присутствии добавки вызывает качественное изменение пористости цементного камня – уменьшение капиллярной пористости, снижение водопоглощения бетонов с добавкой произошло в среднем с 4 до 2%, водопоглощение бетонов оптимального состава, табл. 6.

Таблица 6

Результаты определения водопоглощения бетонов

Состав	Водопоглощение, %
контрольный 28 сут.	3,27
	3,94
	4,03
с добавкой Гидротэкс, 5 % 28 сут.	1,53
	1,4
	1,6
	1,9
	1,92

Таблица 7

Микрокапиллярная пористость бетонов с добавкой Гидротэкс

№ состава	Капиллярная пористость, %				Плотность бетона, кг/м ³
	в возрасте, сут				
	1	3	7	28	
контр. 1	8,3	6,0	4,9	4,5	2485
контр.2	8,0	5,9	4,2	3,3	2443
3 с добавкой	5,9	4,9	2,8	2,2	2539
4 с добавкой	5,8	4,1	2,3	2,0	2526

Сопротивление движению воды оказывают в основном капиллярные поры, как установлено введение добавки приводит к снижению величины капиллярной пористости (Рис.3).

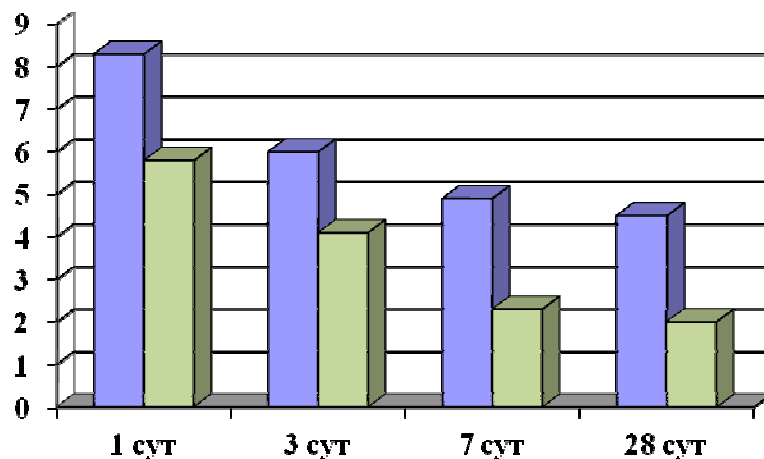



Рис.4. Изменение пористости с возрастом бетона

Капиллярная пористость:  контрольного бетона;  бетона с добавкой.

Процесс льдообразования в бетоне зависит от капиллярно-пористого пространства. В таблице 8, рис.5 приведены данные по величине объемных деформаций при замерзании бетонов. По результатам исследования установлено, что без использования добавки объемные деформации при замерзании в 1,7 раза выше, чем имеет бетон с добавкой Гидротэкс В. Влияние дозировки добавки Гидротэкс на морозостойкость, вероятно, в основном обусловлено более полной гидратацией цемента.

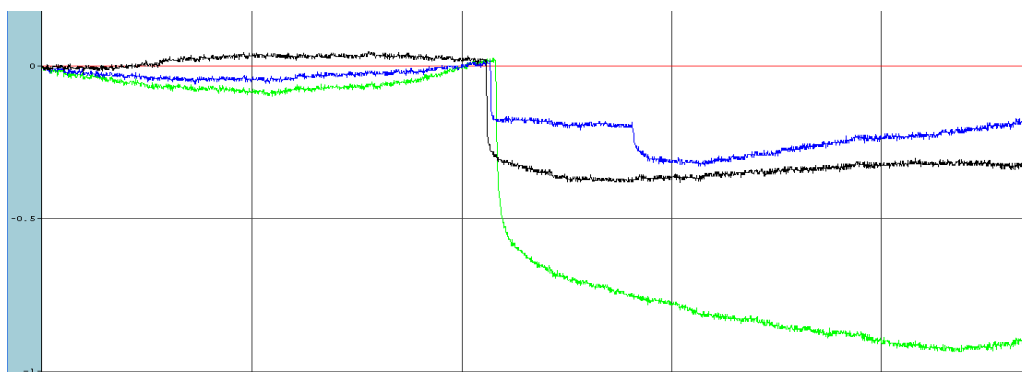


Рис.5. Дифференциальные кривые деформации бетона при замерзании: --- контрольный состав, ---- и - - - - бетон с добавкой Гидротэкс.

Таблица 8

Результаты испытания морозостойкости

Состав №	Марка по	Разность объёмной
----------	----------	-------------------

	морозостойкости	деформации, $\theta \cdot 10^{-3}$
Контр.	F200	0,660
	F300	0,644
3	F300	0,390
4	F300	0,387
9	F300	0,393

Таблица 9

Марка бетона по морозостойкости F по максимальной относительной разности объемных деформаций

Форма и размер образца, мм	Вид бетона	Максимальное увеличение разности объемной деформации бетонного и стандартного образцов $\theta \cdot 10^{-3}$ для марки бетона по морозостойкости										
		F25	F35	F50	F75	F100	F150	F200	F300	F400	F500	F600
Куб с ребром 100	Тяжелый	>3,80	3,80-3,60	3,60-3,50	3,50-2,40	2,40-1,70	1,70-1,00	1,0-0,65	0,65-0,33	0,33-0,20	0,20-0,18	0,18-0,08

С увеличением возраста бетона изменяется характер его пористости, постепенно уменьшается объем макропор, которые как бы зарастают продуктами гидратации цемента, и в результате уменьшается проницаемость (таблица 10).

Таблица 10

Водонепроницаемость бетона

	Возраст бетона, сут	Параметр воздухопроницаемости бетона a_v , см ³ /с	Марка бетона по водонепроницаемости W
Контрольный состав бетона	28	0,153 - 0,106	6
Контрольный состав бетона	180	0,0727 - 0,0510	10
Состав бетона с добавкой Гидротэкс	28	0,0509 - 0,0345	10
Состав бетона с добавкой Гидротэкс	180	0,0344 - 0,0238	14

Прим. Хранение образцов: герметично, в условиях относительной влажности более 90%

По результатам испытания по ГОСТ 12730.5-84 установлена водонепроницаемость в возрасте 28 суток:

- Для бетона контрольного состава – отсутствие «мокрого пятна» при давлении 0.6 МПа, что соответствует марке W6;
- Для бетона с добавкой Гидротэкс В отсутствие «мокрого пятна» при давлении 10 МПа, водонепроницаемость отвечает марке W10

С увеличением возраста бетона изменяется характер его пористости, постепенно уменьшается объем макропор, которые зарастают продуктами гидратации цемента, в результате уменьшается проницаемость, что отмечено повышением сопротивления в возрасте 180 суток воздухопроницанию,:

- Для бетона контрольного состава сопротивление воздухопроницанию составило 0,0730 что соответствует марке –W10;
- Для бетона с добавкой Гидротэкс сопротивление воздухопроницанию составило 0,0330 что соответствует марке - W14

Пористость к 180 суткам становится условно дискретной, т.е. поры представленные в раннем возрасте в виде сообщающихся капилляров переходят в условно замкнутые. Подобное строение порового пространства возникает тем раньше, чем меньше водоцементный фактор, т.к. чем ниже В/Ц тем меньше радиус капилляров и тем больше возможность их разделения цементными новообразованиями. Рост водонепроницаемости, от исходных величин в возрасте 28 дней, произошел на 4 марки.

Серия образцов подвергалась тепловой обработке по режиму 2+6+2 при температуре 80°C.

По результатам испытаний установлено, что прочность бетонов, в состав которых включена добавка Гидротэкс на 44% выше прочности бетона контрольного состава, и достигает 80% от 28-ми суточной нормальной твердения. Водонепроницаемость пропаренного бетона соответствует марке W8 для добавочного состава и марке W4 для контрольного.

Реологические свойства цементного теста и бетонных смесей с добавкой Гидротэкс.

В таблице 11 приведены результаты испытания цементного теста на водоотделение и влияние добавки Гидротэкс на данный процесс. Установлено, что добавка практически не влияет на устойчивость цементного теста во времени.

Таблица 11

Водоотделение цементного теста

Характеристика состава	Исходный объем цементного теста, мл	Объем после седиментации, мл	Коэффициент водоотделения, %
цемент, вода, В/Ц=0.5	455	400	12.1
цемент, вода, В/Ц=0.5, добавка Гидротэкс	465	405	12.9

Жизнеспособность бетонной смеси во времени устанавливалась по результатам сохранения первоначальной подвижности бетонной смеси. В процессе испытаний установлено снижение подвижности смеси во времени, начальное изменение диагностируется по истечению 30 минут, что обусловлено ускоряющим эффектом действия добавки на гидратацию цемента и соответственно, сокращением срока схватывания цемента. При введении добавки интенсифицируются процессы гидратации цемента, соответственно, сокращается продолжительность пластичного состояния бетонной смеси.

5. Выводы

Основная цель применения добавки «Гидротэкс В»: повысить водонепроницаемость бетонов - обеспечивается.

Как было установлено, использование добавки Гидротэкс позволяет получить на основе рядовых вяжущих бетоны с высокими эксплуатационными характеристиками и уникальными конструкционными возможностями:

- Формирование высокой прочности в начальные сроки твердения;
- Получение бетонов с высокой морозостойкостью;
- Повышение водонепроницаемости на две-три марки.

Технологические свойства, который следует обязательно учитывать при применении в составе бетонных смесей добавки Гидротэкс В:

- снижение подвижности смеси на одну марку за 30 минут хранения;
- наличие водоотделения бетонной смеси, за счет которого может сформироваться поверхностный слой пористого бетона

Краткая характеристика: добавка Гидротэкс является комплексной органоминеральной добавкой, сочетающей в себе органическую составляющую в виде пластификатора и ускорителя процесса твердения и минерального компонента, представляет собой тонкодисперсный порошок.

Условия поставки. Модифицирующая добавка для бетонов поставляется в полипропиленовых мешках и полимерных ведрах.

Условия применения. Применение Гидротэкса В при производстве бетонов может осуществляться по принятой на бетоносмесительных узлах схеме приема, хранения порошкообразных продуктов. Введение Гидротэкса В осуществляется без предварительного растворения добавки.

Технические эффекты. Эффективность применения Гидротэкса изучена на бетонах, изготовленных с использованием портландцемента марки М400, заполнителях, отвечающих требованиям нормативной документации.

Установлено, что за счет введения добавки обеспечивается получение бетонов:

- Прочностью 40-45 МПа;
- Ранней прочностью при твердении в нормальных условиях до 25 МПа;
- Низкой проницаемости, марки W10-14;
- Долговечностью F300.

Добавка Гидротэкс обеспечивает повышение водонепроницаемости, путем кальматации пор новообразованиями при использовании в качестве добавки на стадии приготовления бетона или цементно-песчанного раствора. Водопроницаемость, объясняется его специфической структурой.

Водонепроницаемый бетон, который за счет своей структуры (поры и микродефекты заполнены продуктами гидратации) способен сопротивляться проникновению воды при давлении 1 МПа и более. Для обеспечения высокого эффекта необходимо применять бетонные смеси с водо-цементным отношением 0.4 - 0.5.

Применение бетонов с добавкой Гидротэкс позволяет отказаться от «вторичной» защиты конструкций (обмазочной, оклеечной и другой изоляции).

По показателям проницаемости бетон с добавкой относится к категории бетон особо низкой проницаемости, с коэффициентом фильтрации от $1 \cdot 10^{-10}$ до $6 \cdot 10^{-10}$ см/с .

В более поздние сроки твердения (180 суток, когда степень гидратации цемента не существенно зависит от добавок), пористость бетона тем ниже, чем меньше В/Ц.

Гидротэкс В - это добавка, обеспечивающая определенную скорость твердения и позволяющая при традиционных приемах приготовления бетонной смеси и режимах твердения получать заданную начальную прочность: при концентрации добавки ГИДРОТЭКС 5 % бетоны на 3 сутки твердения обладают высокими прочностными характеристиками, прочность превалирует над прочностью исходных бездобавочных составов на 20-25%. Повышение дозировок добавки не целесообразно. Собственные напряжения в твердеющем цементном камне возникают на таком этапе

твердения цемента, когда поры, уменьшающиеся в процессе гидратации, достигнут таких размеров, при которых с данной степенью пересыщения жидкой фазы становится невозможным их прораствание растущими кристаллогидратами. Рост кристаллов в поровом пространстве цементного камня будет сопровождаться возникновением собственных напряжений от кристаллизационного давления. Чем больше кристаллизационное давление, тем выше обусловленные им собственные напряжения. Внешним проявлением действия собственных напряжений являются: снижение интенсивности роста прочности цемента.

В связи с высокой стоимостью цемента, возникает вопрос его рационального использования в строительстве. Одним из способов увеличения его активности является химическая активация, с помощью добавки Гидротэкс В, которая позволяет более полно использовать потенциал цемента. В табл. 12 рассмотрено влияние различных способов ускорения твердения бетона, в сравнении.

Способ ускорения твердения	Повышение прочности по сравнению с контрольным, % в возрасте, сут.	
	1	2
Применение быстротвердеющего цемента	130-170	115-135
Применение цемента с высокой удельной поверхностью до 5000 см ² /г	200-250	150-200
Добавка-ускоритель	150-200	125-150
Добавка Гидротэкс	175	135

Исполнитель:

Инженер



Зелиг М. П.

Литература

1. Афанасьев А.А. Интенсификация работ при возведении зданий и сооружений из монолитного железобетона.- М.; Стройиздат, 1990.- 384 с.
2. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона._ М.; Стройиздат 1981.- 464 с.
3. Баженов Ю.М., Комар А.Г. Технология бетонных и железобетонных изделий._ М.; Стройиздат, 1984._ 672 с.
4. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны.-М.; Стройиздат. 1990.- 400 с .
5. ГОСТ 24211. Добавки к бетонам. Классификация.- М., 1980.
6. Добавки к бетонам: Справочное пособие / В.С.Рамачандран., Р.Ф.Фельдман, М.Коллепарди и др.; Под ред. В.С.Рамачандрана.- М.; Стройиздат. 1988.- 575 с.
7. Ларионова З.М. Формирование структуры цементного камня и бетона.- М.; Стройиздат, 1971._ 161 с.
8. Рамачандран В., Фельдман Ф., Бодуэн Д.Ж. Наука о бетоне.- М.; Стройиздат 1986.- 280 с.
9. Ратинов В.В.,Розенберг Т.И. Добавки в бетон. - М.; Стройиздат, 1989.- 207
10. Руководство по применению химических добавок в бетон.- М.; Стройиздат. 1980.- 55 с.
11. Руководство по подбору состава тяжелого бетона М.; Стройиздат, 1979.
12. Штарк Й. Взаимосвязь между гидратацией цемента и долговечностью бетона. Цемент.- М. 1996. Специальный выпуск.- 39-45 с.