

3. Выполнено утепление ограждающих конструкций камер путем устройства утепляющего слоя в виде кладки из арболитовых пустотных мелкоштучных блоков, изготовленных на заводе.

4. Анализ результатов температурного мониторинга режимов термообработки в пропарочных камерах после их утепления, проведенный совместно с анализом результатов прочностных испытаний бетона, подтвердил эффективность выполненного утепления, обеспечившего снижение теплотерь в камерах и повысить прочность бетона после термообработки.

Список цитированных источников

1. Коротков, С.Н. Методические основы выявления резервов и планирования экономии энергоресурсов на предприятиях сборного железобетона / С.Н. Коротков // Всесоюзный научно-практический семинар по повышению эффективности использования топливно-энергетических ресурсов при производстве сборных железобетонных конструкций и изделий: Тезисы докл. – Ленинград, 1984 – С. 48–52

2. Малинина, Л.А. Снижение энергетических затрат при производстве сборного железобетона за счет рационального выбора цементов, назначения эффективных режимов термообработки бетона и учета экзотермии / Л.А. Малинина // Всесоюзный научно-практический семинар по повышению эффективности использования топливно-энергетических ресурсов при производстве сборных железобетонных конструкций и изделий: Тезисы докл. – Ленинград, 1984. – С. 53–58

3. Что такое термохрон? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elin.ru/Thermochron/?Topic=whatis>.

УДК 621.643.25

ПОВЫШЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕТОНА СМЕСЬЮ «КАЛЬМАТРОН» ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ НАПОРНЫХ ТРУБ

Полейко Н.Л., Журавский С.В.

Введение. Водонепроницаемость – одна из основных технических характеристик, определяющих эксплуатационность и долговечность бетонных конструкций.

Проницаемость бетона в значительной степени зависит от состава бетонной смеси, качества уплотнения, ухода за бетоном, степени гидратации цемента и условий эксплуатации конструкций. Особо остро стоит вопрос о восстановлении водонепроницаемости бетона в условиях эксплуатации, при которых выявлены признаки разрушения бетона.

Технологический процесс бетонирования конструкций, режима тепловлажностной обработки бетона сопряжены с большой вероятностью образования температурных, усадочных и силовых трещин, наличием зон контакта свежесушеной бетонной смеси и затвердевшего бетона, наличием водных пленок под арматурой и крупным заполнителем.

Постоянная миграция влаги в массиве бетона за счет капиллярного подсоса, испарения, перепада температур на различных поверхностях являются определяющим фактором процесса интенсификации разрушения цементного камня.

Установлено [1, 2, 3], что от параметра проницаемости в значительной степени зависит и морозостойкость, косвенно характеризующая долговечность бетона конструкции. Снижение проницаемости бетонных конструкций достигается различными способами, но наиболее эффективным и радикальным, по нашему мнению, является кольматация пор и капилляров бетона.

Для бетонных и железобетонных конструкций наибольший интерес представляют неорганические растворные смеси на основе цементного вяжущего, реализующие проникающие и колюматирующие свойства в присутствии воды. К такого рода материалам относится защитный состав

«Кальматрон», который представляет собой цементирующий материал капиллярного действия, обеспечивающий водонепроницаемость бетона, цементно-песчаного раствора и других цементосодержащих капиллярно-пористых материалов. Эффект водонепроницаемости обеспечивается за счет ряда строго последовательных химических реакций, продолжающихся во времени, проходящих внутри структуры бетона между его составляющими с компонентами, содержащимися в растворе смеси «Кальматрон» [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Гидроизоляционная смесь жесткая однокомпонентная проникающего действия «Кальматрон» изготавливается согласно СТБ 1543-2005. Она представляет собой готовый к применению сухой сыпучий материал серого цвета с белыми включениями, состоящий из портландцемента, кварцевого песка и комплексной химической добавки. По физико-механическим показателям смесь «Кальматрон» должна соответствовать требованиям, указанным в таблице № 1.

Учитывая физико-механические показатели смеси «Кальматрон» были скорректированы и испытаны заводские составы бетона, содержащие «Кальматрон» в качестве добавки, при производстве виброгидропрессованных железобетонных труб различного диаметра на предприятии «Спецжелезобетон» (г. Микашевичи).

Таблица 1 – Физико-механические показатели смеси «Кальматрон»

№ п/п	Наименование показателя	Нормативные значения
1	Внешний вид	Серый порошок с белыми включениями
2	Влажность, % не более	2,5
3	Сроки схватывания, мин. - начало, не менее - окончание, не более	30 180
4	Прочность при сжатии, МПа не менее	M25
5	Марка по морозостойкости, не менее	F300
6	Марка по водонепроницаемости, не менее	W10
7	Коррозионное состояние стальной арматуры	Устойчиво-пассивное

Составляющие бетонной смеси с добавкой «Кальматрон» вводятся в бетоносмеситель в следующем порядке: песок, щебень гранитный фракции 5-10 и 10-20, добавка «Кальматрон», цемент. Время перемешивания сухих составляющих с добавкой «Кальматрон» составляет не менее 2-3 минут, затем вводится вода и смесь дополнительно перемешивается 2-3 минуты.

Применение смеси «Кальматрон» при производстве напорных труб. Отличительной особенностью производства напорных труб является испытание каждого изделия на избыточное гидростатическое давление. Согласно ГОСТ трубы третьего класса испытываются при давлении 0,6МПа, второго класса – при давлении 1,2 МПа, первого класса – 1,8 МПа.

Наличие при испытаниях изделий протечек воды – брака, обуславливает перевод труб на класс ниже или в класс безнапорных труб. Снижение классности труб приводит к значительным материальным затратам, так как изделия разных классов изготавливаются на соответствующих составах бетона, с расчетным армированием, что обуславливает их различную стоимость.

Было изготовлено шесть серий бетонных образцов при производстве вибропрессованных труб. Две серии являлись контрольными, без применения добавки. Четыре серии образцов изготовлены с использованием различного содержания добавки «Кальматрон». Составы бетона приведены в таблице № 2.

Таблица 2 – Составы бетона для изготовления труб

Номер состава	Класс труб	Расход материалов на 1м ³ бетона, кг				Добавка «Кальматрон»
		Цемент	Песок	Щебень гранитный фракций		
				5-10	10-20	
1	Ш	430	547	731	487	–
2	Ш	414	547	731	487	16,6
3	Ш	417	547	731	487	13,0
4	П	527	611	800	343	–
5	П	507	611	800	343	20,0
6	П	511	611	800	343	16,6

Подвижность бетонной смеси составляла ОК=2-4см для всех составов. Из каждого заводского состава (см. табл. № 2) изготавливались контрольные образцы для проведения испытаний на морозостойкость, водонепроницаемость, водопоглощение и прочность на сжатие. Образцы после 28 суток хранения в нормально-влажностных условиях подвергались испытанию.

Прочность бетона определялась на образцах-кубах размером 100×100×100 мм согласно ГОСТ 10180-90.

Результаты испытаний приведены в таблице № 3.

Таблица 3 – Результаты испытания образцов на прочность

Номер состава	Среднее значение R _{сж} , МПа	Прирост прочности, %
1	37,8	–
2	41,9	10,8
3	38,3	1,3
4	43,6	–
5	44,4	1,8
6	46,0	10,5

Анализ результатов испытания образцов на прочность при сжатии показывает, что оптимальным расходом добавки «Кальматрон» является 16,6 кг/м³ бетона.

Водопоглощение бетона определялось на образцах-кубах размером 100×100×100 мм по ГОСТ 12730.3-78. Результаты испытаний по определению водопоглощения бетона приведены в таблице № 4.

Таблица 4 – Определение водопоглощения бетона

Номер состава	Среднее значение водопоглощения, %	Снижение водопоглощения, %
1	5,49	–
2	5,14	6,4
3	5,21	5,1
4	5,86	–
5	5,14	12,2
6	5,33	9,0

Анализ результатов таблицы № 4 показывает, что водопоглощение бетонных образцов с добавкой «Кальматрон» снизилось от 5,1% до 12,2% в зависимости от состава бетона и расхода добавки.

Было изготовлено шесть серий бетонных образцов при производстве виброгидропрессованных труб. Две серии являлись контрольными, без применения добавки. Четыре серии образцов изготовлены с использованием различного содержания добавки «Кальматрон». Составы бетона приведены в таблице № 2.

Таблица 2 – Составы бетона для изготовления труб

Номер состава	Класс труб	Расход материалов на 1м ³ бетона, кг				
		Цемент	Песок	Щебень гранитный фракций		Добавка «Кальматрон»
				5-10	10-20	
1	Ш	430	547	731	487	-
2	Ш	414	547	731	487	16,6
3	Ш	417	547	731	487	13,0
4	П	527	611	800	343	-
5	П	507	611	800	343	20,0
6	П	511	611	800	343	16,6

Подвижность бетонной смеси составляла ОК–2-4см для всех составов. Из каждого заводского состава (см. табл. № 2) изготавливались контрольные образцы для проведения испытаний на морозостойкость, водонепроницаемость, водопоглощение и прочность на сжатие. Образцы после 28 суток хранения в нормально-влажностных условиях подвергались испытанию.

Прочность бетона определялась на образцах-кубах размером 100×100×100 мм согласно ГОСТ 10180-90.

Результаты испытаний приведены в таблице № 3.

Таблица 3 – Результаты испытания образцов на прочность

Номер состава	Среднее значение R _{сж} , МПа	Приrost прочности, %
1	37,8	-
2	41,9	10,8
3	38,3	1,3
4	43,6	-
5	44,4	1,8
6	46,0	10,5

Анализ результатов испытания образцов на прочность при сжатии показывает, что оптимальным расходом добавки «Кальматрон» является 16,6 кг/м³ бетона.

Водопоглощение бетона определялось на образцах-кубах размером 100×100×100 мм по ГОСТ 12730.3-78. Результаты испытаний по определению водопоглощения бетона приведены в таблице № 4.

Таблица 4 – Определение водопоглощения бетона

Номер состава	Среднее значение водопоглощения, %	Снижение водопоглощения, %
1	5,49	-
2	5,14	6,4
3	5,21	5,1
4	5,86	-
5	5,14	12,2
6	5,33	9,0

Анализ результатов таблицы № 4 показывает, что водопоглощение бетонных образцов с добавкой «Кальматрон» снизилось от 5,1% до 12,2% в зависимости от состава бетона и расхода добавки.

Водонепроницаемость бетона определялась на образцах цилиндрах диаметром 150 мм по ГОСТ 12730.5, метод «мокрого пятна». Водонепроницаемость бетонных образцов с добавкой «Кальматрон» увеличилась на 1–2 марки с W8 до W10–W12.

Морозостойкость бетона определялась на образцах-кубах 100×100×100мм по ГОСТ 10160.2-95, третий метод. Составы № 1, № 3, № 4 соответствуют марке по морозостойкости F150, а составы № 2, № 5, № 6 соответствуют F200.

В результате эксперимента была изготовлена тридцать одна виброгидропрессованная труба. Восемь труб содержали добавку «Кальматрон». Контрольные трубы испытывались избыточным давлением в 1,2 МПа, основные с добавкой «Кальматрон» давлением 1,4 МПа. Гидростатические испытания труб проводили постепенным повышением давления на 0,1–0,25 МПа в минуту до указанных значений и выдерживали под испытательным давлением в течение 10 минут. Трубы считаются выдержавшими испытания на водонепроницаемость, если к моменту его окончания на поверхности труб не будет обнаружено фильтрации воды, в виде влажных пятен, капель или течи. Результаты испытаний труб приведены в таблице № 5.

Таблица 5 – Результаты гидростатического испытания труб

№ состава	Количество труб		Испытательное давление, МПа	Результаты испытаний, количество труб
	Контрольных	С добавкой «Кальматрон»		
1	23	-	1,2	21
			1,0	1
			0,8	1
2	-	8	1,4	8

Проведенные исследования по использованию состава «Кальматрон» в качестве кольматирующей добавки в бетон показали, что химические реагенты равномерно распределяются в объеме бетонной смеси на стадии приготовления, растворяются в воде затворения и вступают в химические реакции с активными составляющими цемента. В результате формируются сложные соли, способные создавать нерастворимые кристаллогидраты. Их образование происходит постепенно, с меньшей скоростью, чем реакции гидратации цемента, поэтому сеть новообразованных кристаллов заполняет капилляры, микротрещины и поры бетона. При этом кристаллы являются составной частью структуры бетона и оказывают влияние на его физико-механические свойства [6].

Заключение. Процесс формирования кристаллов приостанавливается в результате снижения влажности бетона. Во время эксплуатации конструкции, например, при увеличении гидростатического давления, химическая реакция кристаллообразования возобновляется, в результате чего повышится водонепроницаемость бетона, что позволяет изготавливать виброгидропрессованные трубы со стабильным показателем напорности [5].

В последующем, предприятие «Спецжелезобетон» (г. Михашевичи) выпустило промышленную партию указанных труб с применением добавки «Кальматрон».

Список цитированных источников

1. Герчин, Д.В. Особенности применения защитного состава «Кальматрон» для повышения долговечности бетонов зданий и сооружений. Материалы Международной конференции «Проблемы долговечности зданий и сооружений в современном строительстве». – СПб.: РИФ «Роза мира», 2007 – С. 338–343.

2. Полейко, Н.Л., Осос, Р.Ф., Полейко, Д.Н. Применение гидрофобизатора типа «Кальматрон» в производстве железобетонных труб методом виброгидропрессования // *Материалы докладов Международной научно-технической конференции «Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы развития»* – М.: БГТУ, 2005. – С. 216–219.

3. Полейко, Н.Л., Осос, Р.Ф., Полейко, Д.Н. Гидроизоляционный материал «Кальматрон» – перспективы применения // *Архитектура и строительство* – 2005. – № 5 – С. 94–97.

4. Полейко, Н.Л., Осос, Р.Ф., Полейко, Д.Н. Структура порового пространства бетона с добавкой «Кальматрон» // *Сборник статей Международного научно-практического семинара «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь»* – Мн.: БНТУ, 2006. – С. 126–131.

5. Журавский, С.В., Полейко, Н.Л., Осос, Р.Ф., Полейко, Д.Н. Гидроизоляционная и антикоррозийная защита объектов промышленного и гражданского строительства составом «Кальматрон» // *Архитектура и строительство*. – 2006 – № 4. – С. 106–108.

6. Полейко, Н.Л., Осос, Р.Ф., Полейко, Д.Н., Журавский, С.В. Повышение долговечности бетона с применением состава «Кальматрон» // *Материалы Международной конференции «Проблемы долговечности зданий и сооружений в современном строительстве»*. – СПб.: РИФ «Роза мира», 2007 – С. 377–383.

УДК 691.54

ПЛАСТИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО ТЕСТА, ТВЕРДЕЮЩЕГО ПОД ВОДОЙ

Федорович П.Л., Якимович В.Д.

Введение. Необходимость в разработке единой теории твердения минеральных вяжущих веществ, на наш взгляд, уже давно переросла из категории настоятельной в категорию первостепенной важности.

И связано это отнюдь не с удовлетворением личных научных амбиций кого-либо, а с тем, что невозможно без такой теории на сегодняшний день предложить принципиально новые направления как в разработке новых технологий, так и в получении на их основе материалов с новыми или кардинально лучшими свойствами.

До сих пор технологи годами накапливали (и на сегодняшний день накопили) богатейший экспериментальный материал по разработке новых технологий с использованием портландцемента и его разновидностей. Попытки при этом объяснить поведение цементного бетона на основе теории были. Эти попытки увенчались появлением двух основных теорий: кристаллизационной и топохимического твердения с различными вариациями. Однако стройности, под которой подразумевается возможность объяснения поведения цемента от момента затвердения его водой до получения камня, ни одна из существующих теорий не имеет. Чаще всего испытатели берут для объяснения конкретного явления ту теорию, которая больше для объяснения данного явления подходит. Но это, конечно, лучше, чем “принципиальное” отстаивание позиций одной из существующих теорий, несмотря на ее полное несоответствие вновь открывшемуся явлению. В этом случае появляются загадочные для обывателя и совершенно бессмысленные для специалистов словосочетания и понятия вроде ван-дерваальсовых сил “ближнего и дальнего действия”, “центров кристаллизации” (это в среде с огромными насыщениями и значениями RH при крошечных дозировках указанных центров), “перезарядки поверхности”, “образованием или отравлением энергетически активных центров” (причем без ссылки на конкретный “яд”, который в одном месте подразумевается как яд, а в другом так совсем