

УДК 627.751.4

UDC 627.751.4

МЕЛИОРАТИВНЫЕ ТРУБЫ ИЗ ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНОГО БЕТОНА

MELIORATIVE PIPES FROM POLYMER-CEMENT CONCRETE

Федоров Виктор Матвеевич
к.т.н., профессор
Новочеркасская государственная мелиоративная академия, Новочеркасск, Россия

Fedorov Victor Matveevich
Cand. Tech. Sci., professor
Novocherkassk State Reclamation Academy, Novocherkassk, Russia

В статье показана целесообразность применения водных дисперсий полимеров (ВДП) в бетоне труб с металлическим сердечником, применяемых на мелиоративных системах

In the article the expediency of application of polymers water dispersions (WDP) in pipes concrete with the metal core, applied on reclamation systems is shown

Ключевые слова: ТРУБЫ, КАЧЕСТВО, ДОЛГОВЕЧНОСТЬ, ВОДНЫЕ ДИСПЕРСИИ ПОЛИМЕРОВ, МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ СЕРДЕЧНИК, БЕТОН, ЦЕМЕНТ, ПЕСОК, СТАНДАРТНЫЕ ОБРАЗЦЫ, ПРОЧНОСТЬ, ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ

Keywords: PIPES, QUALITY, ENDURANCE, WATER DISPERSIONS OF POLYMERS, METAL CORE, CONCRETE, CEMENT, SAND, STANDARD SAMPLES, RESISTANCE, WATER ABSORPTION

Железобетонные трубы относятся к элементам массового применения на оросительной сети. Стремление к снижению их материалоемкости при обеспечении требуемых прочностных показателей привело к созданию железобетонных труб с металлическим сердечником [1]. По сравнению с обычными железобетонными, трёхслойные трубы с металлическим спирально-шовным сердечником значительно экономичнее по расходу бетона, имеют меньший объём и массу, а доставка их и монтаж не столь трудоёмки. При надлежащем качестве таких труб высокие прочностные показатели, стабильная пропускная способность и длительный срок службы должны были обеспечить предпочтительность их применения по сравнению с другими. Однако нарушения технологического характера привели к тому, что их качество и долговечность оказывались недостаточными. Между тем, за рубежом (США, ФРГ, Франция) срок службы таких труб достигает 50-60 лет, а доля в общем количестве применяемых труб – порядка 25-30 %. Для повышения эксплуатационных качеств и надёжности было предложено в состав бетонных слоёв труб дополнительно ввести водные дисперсии полимеров (ВДП).

Технология применения ВДП (латексов) в производстве

железобетонных труб с металлическим сердечником не вносит принципиальных изменений в действующий технологический процесс, а лишь дополняет его. Латекс, рекомендуемый в качестве полимерного компонента мелкозернистого полимерцементного бетона, должен удовлетворять требованиям ТУ-38-103111-82 (ТУ-38-103111-93) «Латекс синтетический СКС-65 ГП марки Б» или ГОСТ 10564-85 «Латекс синтетический СКС-65 ГП». Введение латексов в состав мелкозернистого бетона осуществляется с водой затворения.

В случае использования латекса СКС-65 ГП (нестабилизированного) предварительную его стабилизацию рекомендуется осуществлять поверхностно-активными веществами ОП-7 или ОП-10 в количестве 5-7 % от массы латекса. ОП-7 или ОП-10 рекомендуется предварительно растворять в воде с температурой 40-50 °С в соотношении 1:1 по объёму. В качестве стабилизатора для латекса СКС-65 ГП ГОСТ10564-85 может быть рекомендован также и триполифосфат натрия по ГОСТ 13493-86 в сочетании с антивспенивателем БА по ТУ-8-14-5299-89. Триполифосфат натрия рекомендуется в количестве 1-3 % от массы цемента, расход антивспенивателя – 0,1-0,3 % от массы латекса.

Оптимальная дозировка ВДП зависит от особенностей, используемых в производстве труб материалов и должна корректироваться опытным путём и уточняться по мере изменения характеристик цемента и песка [2].

В наших разработках в качестве вяжущего для приготовления мелкозернистых бетонных смесей использовался портландцемент марки 500 Новороссийского завода «Октябрь». Заполнителем служил отход камнедробления щебня Карабулагского месторождения фракции 0-5 мм с модулем крупности $M_{кр} = 3,1$. Вода для затворения мелкозернистой бетонной смеси удовлетворяла общим требованиям ГОСТ 23732-93. Расход материалов для контрольных образцов был принят в соответствии с

заводским составом для внутреннего центрифугированного мелкозернистого бетона: портландцемент М500 – 580 кг/м³; песок Карабулагский – 1450 кг/м³; вода – 300 кг/м³.

Подбор составов полимерцементных смесей осуществлялся на вибрированных образцах, а затем проверялся в производственных условиях на Азовском опытно-экспериментальном заводе напорных труб (ОЭЗНТ). Взвешенные сухие компоненты цемента и песка (отхода камнедробления) тщательно перемешивали, после чего к ним добавляли требуемое количество воды и латекса. Латекс в состав мелкозернистой смеси вводился с водой затворения. Количество латекса в опытах изменялось от 1 до 10 % от массы цемента. Количество воды затворения в каждом случае подбирали экспериментально, из условия получения равноподвижных смесей. Подвижность смеси контролировали по расплыву конуса на стандартном встряхивающем столике после 30 ударов. Диаметр расплыва конуса был в пределах 23-25 см. Из приготовленных мелкозернистых бетонных смесей формовали образцы-балочки размером 40×40×160 мм. Уплотнение смеси осуществлялось на вибростоле в течение 20-30 с при частоте 3300±200 кол/мин. и амплитуде 0,35±0,05 мм. После формования образцы хранились в течение 4-6 часов в воздушно-сухих условиях, затем пропаривались по заводскому режиму (3+3+6+2). Далее, балочки извлекались из форм и перед испытаниями находились в помещении лаборатории 6 часов. После чего их испытывали на изгиб, используя машину МИИ-100, а половинки балочек – на сжатие. Результаты испытаний представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Влияние латекса СКС-65 ГП марки Б на прочность мелкозернистого бетона

№ состава	Расход материалов, кг/м ³				Расплыв конуса, см	Прочность пропаренных образцов			
						изгиб		сжатие	
	цемент	песок	вода	латекс		МПа	%	МПа	%

1	580	1450	300	-	24,0	3,72	100	20,0	100
2	580	1450	294	5,8	24,0	3,65	98	19,6	98
3	580	1450	288	11,6	23,8	3,60	96	19,2	96
4	580	1450	281	17,4	24,1	3,68	99	19,6	98
5	580	1450	275	23,2	24,0	3,70	99	19,8	99
6	580	1450	268	29,0	23,7	3,96	106	19,4	97
7	580	1450	262	34,8	23,5	4,28	115	19,0	95
8	580	1450	255	40,6	23,6	4,67	126	19,1	96
9	580	1450	249	46,4	23,9	4,91	132	18,9	95
10	580	1450	246	52,2	24,2	4,98	134	19,0	95
11	580	1450	242	58,0	24,1	4,77	128	18,9	95

Таблица 2 – Влияние латекса СКС-65 ГП на прочность мелкозернистого бетона

№ состава	Расход материалов, кг/м ³				Распływ конуса, см	Прочность пропаренных образцов			
						изгиб		сжатие	
						МПа	%	МПа	%
1	580	1450	300	-	24,0	3,70	100	20,0	100
2	580	1450	297	5,8	24,1	3,70	100	19,9	99
3	580	1450	293	11,6	23,9	3,82	103	20,1	101
4	580	1450	286	17,4	23,8	3,9	105	20,3	102
5	580	1450	282	23,2	23,6	3,74	101	19,6	98
6	580	1450	277	29,0	24,0	3,62	98	19,4	97
7	580	1450	273	34,8	24,0	3,50	95	19,4	97
8	580	1450	270	40,6	23,6	3,42	92	19,2	96
9	580	1450	267	46,4	24,3	3,34	90	19,0	95
10	580	1450	261	52,2	23,9	3,2	86	18,8	94
11	580	1450	260	58,0	24,2	3,0	81	19,0	95

Как следует из приведённых в таблице данных, при добавлении в бетонную смесь латекса СКС-65 ГП марки Б в количестве 5-10 % от массы цемента, водопотребление смеси снижается, а латекс ведёт себя как пластификатор.

Наличие полимерной составляющей в составе смеси увеличило деформативность мелкозернистого бетона, повысило на 10-30 % прочность на растяжение при изгибе и незначительно снизило прочность полимерцементного бетона на сжатие. Как видно из приведённых данных, введение в бетонную смесь добавки латекса СКС-65 ГП

(нестабилизированного) в количестве 2-3 % от массы цемента увеличивает прочность на растяжение при изгибе на 3-5 %, оставляя прочность полимерцементного бетона на сжатие на прежнем уровне.

Способность бетона впитывать и удерживать воду характеризуется водопоглощением. Насыщение мелкозернистых бетонных слоёв труб водой снижает их прочность, плотность, стойкость к воздействию агрессивных сред и т.д.

Водопоглощение мелкозернистого бетона труб определялось испытанием образцов площадью не менее 50 см² каждый. Образцы высушивали при температуре 105-110 °С до постоянной массы и помещали в воду с температурой 20±2 °С на 24 часа. Затем их вытирали мягкой тканью для удаления влаги с поверхности и взвешивали. Водопоглощение определяли по результатам испытаний трёх-четырёх образцов по формуле:

$$W = \frac{(m_1 - m)100}{m},$$

где m_1 - масса насыщенного водой образца, г;

m - масса сухого образца, г.

Результаты испытаний на водопоглощение представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние ВДП на водопоглощение бетонных слоев труб

Наименование слоя трубы	Расход материалов, кг/м ³				Добавка латекса, % от массы Ц	Водопоглощение, W, %
	цемент	песок	вода	латекс		
Внутренний	580	1450	300	-	0	8,0
	580	1450	262	34,8	6	4,0
	580	1450	255	40,6	7	3,8
	580	1450	249	46,4	8	3,4
	580	1450	246	52,2	9	3,3
Наружный без покрытия	600	1320	250	-	0	7,0
	600	1320	220	36	6	3,5
	600	1320	213	42	7	3,4
	600	1320	208	48	8	3,4
	600	1320	205	54	9	3,0
Наружный с латексным (СКС-65 ГП) покрытием	600	1320	220	36	6	2,8
	600	1320	213	42	7	2,6
	600	1320	208	48	8	2,4
	600	1320	205	54	9	2,3

Как следует из приведённых в таблице данных, водопоглощение мелкозернистых бетонов с добавкой латекса СКС-65 ГП марки Б значительно ниже водопоглощения контрольных (заводских). Преимущество таких бетонов становится ещё более ощутимым при дополнительной их защите гидроизоляционным латексным покрытием (СКС-65 ГП марки Б или СКС-65 ГП).

Латексные покрытия высокоэффективны и как средства повышения сцепления металлического сердечника с бетонными слоями труб. Ниже обосновывается их нанесение на внутреннюю и наружную поверхности металлического сердечника в качестве адгезионных покрытий.

В процессе исследований использовалось несколько марок латекса.

1. Латекс СКС-50 ГПС должен удовлетворять требованиям ГОСТ 14053-88, массовая доля сухого вещества 47-50 %, рН 11,5-12,5, поверхностное натяжение 42-43 мН/м, устойчив при введении суспензии мела.

2. Латекс БС-65 А должен удовлетворять требованиям ТУ-38-103550-84, массовая доля сухого вещества 46,5-49,5 %, рН 8-9, поверхностное натяжение 32-35 мН/м, вязкость 12-13 с.

3. Латекс СКС-65 ГП марки Б, стабилизированный, должен удовлетворять требованиям ТУ-38-103111-93, массовая доля сухого вещества 48-50 %, рН 11-12, поверхностное натяжение 40-43 мН/м, вязкость 12-13 с.

Латекс на поверхность сердечника рекомендуется наносить пневмораспылителем.

Для проведения исследований использовались предварительно нарубленные металлические пластины размером 120×120 мм, форма-конус, испытательная машина МИИ-100. Металлические пластины предварительно обезжировали. После чего на них тонким слоем наносили латекс. Затем на пластине размещали форму-конус и укладывали в неё

мелкозернистую смесь требуемого состава. В незатвердевшую смесь, строго по центру конуса, устанавливали анкерный крюк, а форму-конус затем снимали. Через 6 часов бетонные конусообразные образцы с пластинами помещали в пропарочную камеру для тепловлажностной обработки. После её завершения и положенной выдержки образцы с помощью анкерного крюка и кронштейна устанавливали между маховиком и захватным устройством МИИ-100. Вращением маховика создавали первичное натяжение, и коромысло выводили из положения равновесия так, чтобы в момент отрыва образца от пластины стрелка находилась против нуля шкалы. Затем включали тумблер и осуществляли плавный отрыв бетонного конусообразного образца от покрытой латексом металлической пластины.

Результаты испытаний представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Влияние латекса на сцепление сердечника с бетонными слоями труб

Марка латекса	Поверхность сердечника	Расход материала, кг/м ³				Усилие при отрыве образца, %
		цемент	песок	вода	латекс	
-	Без латексного покрытия	600	1320	250	-	100
	Без латексного покрытия	600	1320	208	48	140
СКС-50 ГПС	С латексным покрытием	600	1320	250	-	1400
	С латексным покрытием	600	1320	208	48	1600
БС-65 А	С латексным покрытием	600	1320	250	-	1200
	С латексным покрытием	600	1320	208	48	1450
СКС-65 ГП марки Б	С латексным покрытием	600	1320	250	-	1050
	С латексным покрытием	600	1320	208	48	1300
СКС-50 ГПС	Не обезжиренная с покрытием	600	1320	250	-	1000
	Не обезжиренная с покрытием	600	1320	208	48	1100

Как следует из приведённых в таблице данных, нанесение на поверхность металлического сердечника латексных покрытий увеличивает сцепление между слоями труб в 10-16 раз. Наиболее эффективно применение латекса СКС-50 ГПС. При отсутствии его допускается применение и других марок латекса: СКС-65 ГП марки Б или БС-65 А. При низком качестве обезжиривания или отсутствии такового нанесенное на поверхность металлического сердечника латексное покрытие увеличивает сцепление между слоями труб в 10-11 раз.

Надёжность труб зависит от условий их работы. Переувлажнённые и минерализованные грунты разрушают не только наружный бетонный слой трубы, но и металлический сердечник. Основной способ защиты – гидроизоляция путём нанесения на наружный бетонный слой трубы защитного покрытия. В качестве такового предлагается защитное латексное покрытие, результаты исследований которого приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Влияние защитного латексного покрытия на стойкость бетона

Тип латексного покрытия	Расход материалов, кг/м ³				Латекс, % от массы Ц	Водопоглощение, W, %
	цемент	песок	вода	латекс		
СКС-50 ГПС	600	1320	220	36	6	2,9
	600	1320	213	42	7	2,7
	600	1320	208	48	8	2,6
	600	1320	205	54	9	2,4
СКС-65 ГП марки Б	600	1320	220	36	6	2,8
	600	1320	213	42	7	2,6
	600	1320	208	48	8	2,4
	600	1320	205	54	9	2,3
БС-65 А	600	1320	220	36	6	2,4
	600	1320	213	42	7	2,1
	600	1320	208	48	8	1,9
	600	1320	205	54	9	1,8

Из приведённых в таблице данных следует, что латекс БС-65 А наиболее эффективен при использовании в качестве защитного гидроизоляционного покрытия по наружному бетонному слою трубы. При

отсутствии латекса БС-65 А допускается применение латексов СКС-65 ГП марки Б и СКС-50 ГПС.

Обработку наружного слоя трубы следует осуществлять пневмораспылителем сразу же после тепловой обработки, т.е. по «горячему» бетону. Для этого изделие следует подать на пост приёмки и ремонта или на установку нанесения наружного бетонного слоя и с помощью пневмораспылителя обработать поверхность бетона латексом.

Полученные опытные результаты были проверены в условиях действующего производства Азовского ОЭЗНП, где была изготовлена опытно-промышленная партия труб ТНС 10.100. В состав бетонной смеси внутреннего и наружного слоёв труб вводился латекс СКС-65 ГПБ, а на поверхность сердечника наносился латекс СКС-50 ГПС. Наружная бетонная поверхность труб обрабатывалась латексом БС-65 А.

Одновременно с формованием труб изготавливались и образцы мелкозернистого полимерцементного бетона защитных слоёв труб. Образцы внутреннего центрифугированного слоя изготавливались в кольцевых формах-приставках, а наружного – торкретированием жёсткого полимерцементного бетона на формы-пластины, закрепляемые на металлическом сердечнике. Образцы твердели вместе с трубами, после чего были испытаны в заводской лаборатории. Результаты испытаний опытных образцов в сопоставлении с контрольными образцами заводского состава приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели свойств полимерцементного бетона труб ТНС 10.100

Состав бетона	Средняя по 8 образцам прочность на растяжение, МПа / %		Среднее значение водопоглощения, % по массе	
	внутренний слой	наружный слой	внутренний слой	наружный слой
Заводской	2,21/100	2,37/100	8,0	7,0
С добавкой латекса СКС-65 ГПБ (8 % от массы цемента)	2,72/123	2,77/117	3,5	2,4

Принимая во внимание, что в трубах с металлическим сердечником образование трещин в бетоне наружного слоя не вызывает потерю несущей способности они отнесены к конструкциям III категории трещиностойкости с допустимой шириной раскрытия трещин 0,2 мм. Контроль на раскрытие трещин производился внутренним гидростатическим давлением на стенде. При давлении 2,0 МПа ширина раскрытия трещин не превышала 0,2 мм.

На основании проведённых исследований и испытаний установлено, что опытные составы с добавкой латекса СКС-65 ГПБ для бетонов внутреннего и наружного слоёв труб по сравнению с контрольными прочнее при раскалывании на 17-23 %. Водопоглощение бетонов с латексом более чем в 2 раза ниже, чем контрольных. Опытная партия труб отвечает установленным техническим требованиям.

Список литературы

1. Тевелев Ю.А., Горячев В.Н., Шмурнов А.Е. Особенности конструкции труб с металлическим сердечником //Бетон и железобетон. 1979. № 12. с. 13-19.
2. Баженов Ю.М., Комар А.Г. Технология бетонных и железобетонных изделий. М.: Стройиздат, 1984. 672 с.