

Е.А.Батчаев

КОНСТРУКЦИИ ОБЛИЦОВОК КАНАЛА В УСЛОВИЯХ СУХОГО ЖАРКОГО КЛИМАТА

Климатические условия юга России характеризуются продолжительным знойным летом с высокой дневной температурой воздуха и его низкой относительной влажностью и холодной зимой. Также наблюдаются большие перепады температуры и влажности воздуха днем и ночью. К таким районам относят Дагестан, Калмыкию и восточную часть Ставропольского края. Без орошения земель здесь трудно рассчитывать на высокую продуктивность сельскохозяйственных угодий.

Условия сухого жаркого климата приводят к необходимости создания надежных противофильтрационных устройств на ирригационных сооружениях любого типа. Для повышения КПД сельскохозяйственных каналов и устранения негативных явлений, возникающих в процессе их эксплуатации, все каналы должны выполняться с противофильтрационной облицовкой. Как показал мировой опыт строительства и эксплуатации каналов, устройство монолитных бетонных облицовок является наиболее экономичным противофильтрационным мероприятием, отвечающим современным требованиям к оросительным системам.

Ориентация на устройство монолитных бетонных облицовок позволяет использовать наиболее целесообразную поточную технологию с применением единого комплекса взаимосвязанных и взаимодополняющих землеройно-транспортных и бетоноукладочных машин и механизмов [1].

Практика строительства и эксплуатации каналов в районах с сухим жарким климатом показывает, что недоучет климатических условий приводит к резкому снижению качества бетонных облицовок и долговечности каналов, а в некоторых случаях и к их преждевременному разрушению [2]. Качество и долговечность монолитных бетонных облицовок во многом определяются правильным выбором способов ухода за свежесуложенным бетоном, чтобы исключить его интенсивное обезвоживание.

В условиях сухого жаркого климата при возведении монолитных бетонных облицовок требуется два вида ухода за бетоном – начальный и последующий. Начальный уход служит для предотвращения интенсивного развития пластической усадки и трещинообразования, а последующий обеспечивает сохранность внутреннего запаса влаги для полноты прохождения гидратации цемента и образования структуры требуемой прочности и плотности.

Вторая стадия ухода за бетоном является самой продолжительной и зависит от времени набора бетоном прочности критической относительно влагопотерь. Эта величина зависит в основном от водоцементного отношения, при изменении которого от 0,4 до 0,8 она составляет 50 – 70% прочности бетона на сжатие в 28 суточном возрасте (R_{28}) [3].

Одним из направлений, позволяющих исключить трудоемкие операции по уходу за бетоном и значительно сократить сроки набора критической прочности относительно влагопотерь, является тепловая обработка [4]. Одним из достоинств тепловой обработки является возможность полностью механизировать процесс при строительстве каналов в условиях сухого жаркого климата. Это обстоятельство позволяет увеличить производительность работ, повысить качество бетонных облицовок и уменьшить сроки сдачи каналов в эксплуатацию.

При строительстве каналов на современном этапе необходим поиск рациональных и конкурентоспособных решений, обеспечивающих высокое качество производимых работ. Изучив и проанализировав большинство материалов в области возведения монолитных бетонных облицовок в условиях сухого жаркого климата, был предложен вариант, основанный на методе послойного бетонирования. Суть метода состоит в том, что бетонное покрытие канала укладывается из двух слоев. При укладке наружного слоя используется бетон класса В15, который соответствует минимальным требованиям, предъявляемым к бетонным покрытиям каналов. Для укладки внутреннего слоя используется бетон, класс которого меньше, чем у бетона наружного слоя. Такая конструкция монолитной облицовки каналов является наиболее экономичной по затратам материалов. Одним из самых важных преимуществ является экономия цемента, которая составляет более 20%.

При исследованиях двухслойного бетонного покрытия самым важным было создать условия максимально приближенные к условиям сухого жаркого климата. Для этого была специально создана климатическая камера, позволяющая создать нужный температурно-влажностный режим. Камера состояла из деревянного каркаса обтянутого двумя слоями полиэтиленовой пленки. Внутри камеры была смонтирована траверса с прикрепленными к ней электрическими лампочками. Электрические лампочки использовались в качестве нагревателей. Конструкция траверсы позволяла менять высоту расположения лампочек над бетонными образцами, что приводило к изменению температуры и влажности. На уровне бетонного покрытия в климатической камере был установлен вентилятор, позволяющий обеспечить необходимую скорость аспирации и циркуляцию воздуха. В процессе создания климатической камеры были проведены исследования ее температурно-влажностных характеристик. Замеры температуры и влажности производились при изменении высоты траверсы и при изменении количества включенных электрических лампочек. Анализ полученных данных позволил найти оптимальные геометрические размеры климатической камеры, позволяющие создать условия сухого жаркого климата. После корректировки размеров климатической камеры были проведены повторные замеры температуры и влажности. Конструкция камеры позволяла создавать внутри температуру от 15 до 43°C, влажность от 30 до 72 % и скорость аспирации до 5 м/с.

При выборе способа тепловой обработки бетона было изучено большинство работ в этой области. В результате чего было принято решение в качестве тепловой обработки использовать метод прогрева с использованием высокотемпературных органических теплоносителей. Данный метод практически не используется из-за отсутствия исследований в этой области. Как показал зарубежный опыт, высокотемпературные органические теплоносители являются очень эффективными при прогреве монолитных бетонных облицовок, обеспечивая высокий темп набора прочности.

Внутри климатической камеры был расположен лоток, представляющий собой модель выемки канала. В лотке также располагалась скользящая греющая опалубка. Скользящая греющая опалубка состояла из двух частей. Первая часть представляла собой бак для прогрева масла, а вторая часть была выполнена в виде уменьшенного бетоноукладочного комплекса, состоящего из приемочного бункера, вибробалки и греющей скользящей опалубки. Обе части были соединены между собой армированными резиновыми шлангами, выдерживающими высокие температуры. При помощи этих шлангов обеспечивалась необходимая циркуляция масла из бака в опалубку и обратно в бак.

Конструкция бака состояла из металлической емкости, состоящей из двух отсеков. В первом отсеке находились компрессорное масло К-12, являющееся теплоносителем, два ТЭНа и насос для перекачивания масла. Мощность каждого ТЭНа – 2 кВт.

Во втором отсеке находилась электрическая часть бака, состоящая из терморегулятора Т-32М и выключателя насоса. Терморегулятор подключался к ТЭНам, что позволяло одновременно поддерживать одинаковую температуру теплоносителя и экономить электрическую энергию. Экономия возникала за счет того, что терморегулятор размыкал электрическую цепь, прекращая подачу напряжения на ТЭНы, как только температура масла достигала заданной величины. При снижении температуры теплоносителя цепь автоматически замыкалась, возобновляя подачу напряжения на ТЭНы. Учитывая тот фактор, что органические теплоносители очень медленно остывают – экономится большое количество электрической энергии. Используемый тип терморегулятора позволяет регулировать температуру в диапазоне от 50 до 150°C. Для проверки температуры нагрева масла в баке был специально установлен лабораторный термометр. Также лабораторные термометры были установлены на входе и выходе теплоносителя в греющую скользящую опалубку.

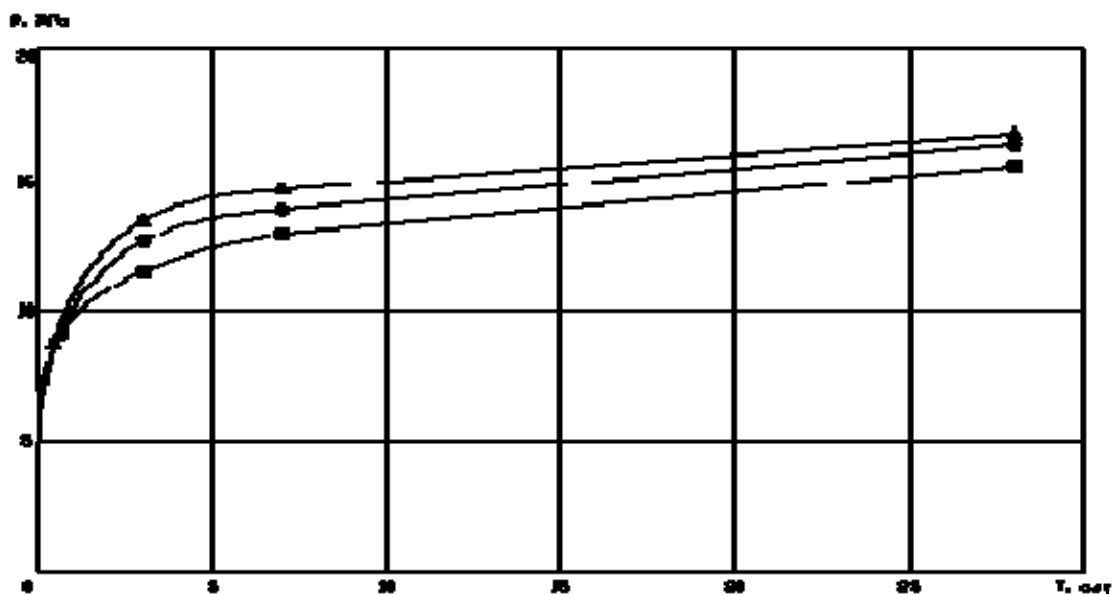
Это было сделано с целью проверки равномерности прогрева по всей площади греющей части скользящей опалубки. Разность температур теплоносителя на входе и выходе греющей скользящей опалубки составляла 2°C, что дает основание сделать вывод о равномерности прогрева по всей площади обогреваемого бетона. Данный вывод был полностью подтвержден несколькими сериями замеров температуры поверхности греющей опалубки. Замеры производились в десяти точках при помощи контактного термометра ЕТІ 2001 с диапазоном измерений от -49,9°C до 199,9°C. Точность измерения термометра ЕТІ 2001 составляет 0,1°C. Максимальная разность температур на поверхности греющей опалубки составляла 2,5°C.

Исследования проводились для покрытий толщиной 100 и 150 мм. Прогрев двухслойного бетонного покрытия производился при температурах 40°C, 60°C и 80°C в течение разного фиксированного времени. После тепловой обработки бетонное покрытие оставляли в климатической камере до достижения им 28-суточного возраста. При определении прочности критической относительно влагопотерь часть бетонного покрытия после тепловой обработки испытывали на прочность при сжатии, а другую часть оставляли в климатической камере до достижения им 28-суточного возраста. Образцы для испытаний получали распилом бетонного покрытия на камнерезной машине в соответствии с требованиями стандартов.

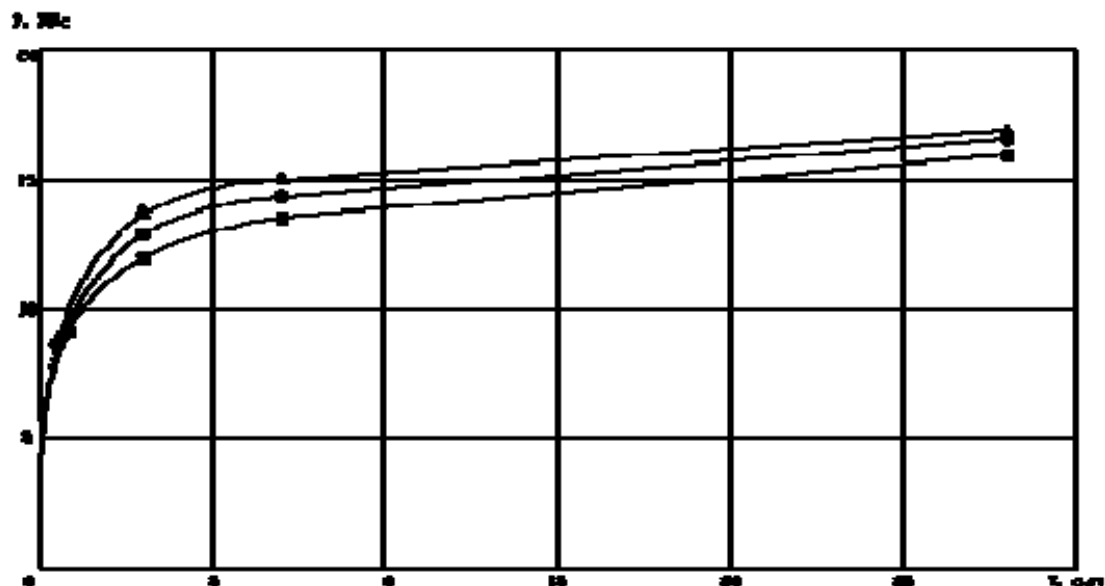
Основной целью проведенных исследований было выявление соответствия этого вида бетонного покрытия минимальным требованиям, предъявляемым к конструкциям покрытий каналов: класс бетона (марка) – В15 (М200), марка по водонепроницаемости – W8 и марка по морозостойкости – F150. В комплекс исследовательских работ входило:

- определение прочности бетона на сжатие и на растяжение при изгибе;
- определение критической прочности бетона относительно влагопотерь;
- определение водонепроницаемости бетонных облицовок;
- определение морозостойкости бетонных облицовок.

Определение прочностных характеристик бетона производилось в соответствии с ГОСТ 10180-90. Образцы для испытаний на прессе выдерживались как в условиях сухого жаркого климата, так и в нормальных условиях до достижения ими 28-суточного возраста. В результате были получены данные по темпу и характеру набора прочности двухслойного бетонного покрытия.



а)



б)

□ – прочность после тепловой обработки при $t = 40^{\circ}\text{C}$;

○ – прочность после тепловой обработки при $t = 60^{\circ}\text{C}$;

△ – прочность после тепловой обработки при $t = 80^{\circ}\text{C}$

Рисунок. Зависимость прочности двухслойных монолитных облицовок от времени:

а - толщина облицовки 100 мм; б - толщина облицовки 150 мм

Данные, полученные при определении критической прочности относительно влагопотерь (рисунок), показывают, что прочность двухслойной монолитной облицовки толщиной 100 мм при тепловой обработке в течение 14 часов при $t = 40^{\circ}\text{C}$ равна 9,17 МПа, что составляет 54% от R28. По данным [5] тепловая обработка бетонной облицовки толщиной 100 мм при таких же условиях приводит к набору прочности 8,8 МПа, что составляет 40% от R28, а для набора необходимой прочности, при которой можно прекратить уход за бетоном, требуется 23 ч.

Учитывая то, что критическая прочность относительно влагопотерь для двухслойных облицовок составляет 51% от R28, можно сократить время ухода за бетоном.

Определение водонепроницаемости производилось по методу «мокрого пятна» в соответствии с ГОСТ 12730.5-84. Испытания образцов-цилиндров проводились на установке УВФ-6/03.

Образцы-цилиндры помещались в гильзы так, чтобы слой из бетона класса В15 был внизу. Герметизация швов между гильзой и образцами-цилиндрами производилась с помощью парафина. В результате испытаний двухслойных монолитных облицовок было установлено, что они соответствуют марке по водонепроницаемости W8.

Определение морозостойкости проводилось по базовому методу в соответствии с ГОСТ 10060.1-95. Образцы-кубики выпиливались из бетонного покрытия, выдержанного в условиях сухого жаркого климата до достижения 28-суточного возраста. В зависимости от толщины бетонного покрытия в исследованиях использовались образцы-кубики с размерами 100×100×100 мм и 150×150×150 мм. В результате испытаний двухслойных монолитных облицовок было установлено, что они соответствуют марке по морозостойкости F150.

Выводы

1. На основе проведенных исследований было выявлено, что тепловая обработка с использованием органических теплоносителей обеспечивает более высокий темп набора прочности бетона.
2. Тепловая обработка с использованием органических теплоносителей, по сравнению с другими видами тепловой обработки, позволяет сократить сроки ухода за бетоном.
3. Результаты исследований двухслойных бетонных облицовок каналов показали, что они полностью удовлетворяют предъявляемым требованиям.

Библиографический список

1. Мулай Б. И. Совершенствование технологии строительства монолитных облицовок каналов в условиях жаркого климата. Автореф. дис. ...канд. техн. наук. М.: МГУП, 2000.
2. Миронов С. А., Малинский Е. Н. Твердение бетона в условиях сухого жаркого климата. // Технология бетонных работ в условиях сухого жаркого климата. М.: НИИЖБ, Госстрой СССР. 1979. С.9 – 23.
3. Синяков В. К., Примбетова А. Х. Использование сухих бетонных смесей для строительства монолитных облицовок каналов. // Мелиорация и водное хозяйство. 1999. №3. С.22 – 23.
4. Заседателев И. Б., Малинский Е. Н., Козлов А. Д. Новые аспекты технологии монолитного бетона при строительстве протяженных конструкций и сооружений. //Технология бетонных работ в условиях сухого жаркого климата. М.: НИИЖБ, Госстрой СССР, 1979. С. 41–52.
5. Примбетова А. Х. Совершенствование технологии строительства гидромелиоративных систем в аридных зонах. Автореф. дис. ...канд. техн. наук. М.: МГУП. 1998.