

УДК 693.5+666.972.53

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА МОНОЛИТНЫХ ВЫСОКОМОРОЗОСТОЙКИХ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

к.т.н., доц. Чуб А.А.

Запорожская государственная инженерная академия

Постановка проблемы. Проблема строительства, а также повышения морозостойкости и водонепроницаемости железобетонных резервуаров существует на многих промышленных предприятиях Украины. Железобетонные резервуары для хранения пресной воды экономичнее и более долговечны чем металлические. Для Крыма эта проблема особенно актуальна для строительства экологически безопасных очистных сооружений.

Анализ последних исследований и публикаций по данной проблеме показывает, что железобетонные сооружения уже через 20–30 лет эксплуатации разрушаются и требуют восстановления эксплуатационной способности [1–3]. Для монолитного строительства разрабатываются новые, технологические решения, повышающие эффективность и долговечность конструкций [4, 5]. В то же время, современные методы бетонирования не предусматривают создание в монолитных сооружениях слоев бетона с высокоморозостойкими и водонепроницаемыми свойствами [6, 7].

Основной целью настоящей работы является разработка технологических и организационных основ строительства монолитных высокоморозостойких водонепроницаемых железобетонных резервуаров.

При строительстве железобетонных сооружений с высокоморозостойким поверхностным слоем бетона следует достичь условий, обеспечивающих работу двухслойной композиции как структурно-целостной. Соблюдение этих условий начинается с выбора исходных материалов и определения составов бетона. Все материалы, используемые в работе должны соответствовать требованиям получения морозостойких бетонов.

Результаты исследований доказывают, что для получения высокоморозостойких бетонов в качестве вяжущего наилучшим является бездобавочный портландцемент М400 и М500. В качестве крупного заполнителя — фракционированный гранитный щебень с наибольшим размером зерна от 10 до 70 мм, применяемый в зависимости от вида и массивности бетонизируемых конструкций или сооружения. В качестве мелкого заполнителя, наиболее эффективен кварцевый речной или горный песок с высоким модулем крупности, нижний предел которого, по мнению автора настоящей работы, составляет 1.65. Наилучшим мелким заполнителем для высокоморозостойких бетонов является гранитный отсев — побочный продукт каменных карьеров, но без пылевидной фракции размером менее 0.14 мм. Вода затворения бетонных смесей должна соответствовать требованиям ДБН.

Технология производства бетонных работ должна отвечать классическим и современным требованиям, предъявляемым к качеству приготовления, доставки, укладки, уплотнения бетонных смесей и условиям твердения бетона.

Организация производства работ должна обеспечивать ритмичную укладку бетонной смеси, с расчетом получения однородного, монолитного, с минимальным остаточным объемом воздуха в структуре бетона по всей толщине, покрытия. Для этого, разрыв во времени, между укладкой слоев бетонных смесей, должен составлять не более 70% от времени начала схватывания используемого в работе цемента. В сухую и жаркую погоду – не более 30 минут или времени, установленным в лаборатории.

Строительство железобетонных конструкций и сооружений с высокоморозостойким поверхностным слоем бетона следует осуществлять строго в соответствии, со специально разработанным, проектом производства работ.

Для бетонирования железобетонной конструкции или сооружения, должна быть разработана технологическая нормаль производства бетонных работ, включающая: состав комплексного технологического процесса; частные технологические процессы и операции; степень возможного расчленения частных технологических процессов; последовательность их выполнения; необходимые технологические перерывы, с ограничением их времени выполнения и др.

Основной составляющей технологической нормы являются таблицы технологических расчетов и циклограммный график, отражающий «по минутно» и по часам, весь комплексный технологический процесс производства бетонных работ. Следует отметить, что циклограмма производства бетонных работ, то есть последовательность частных технологических процессов и операций существенно зависит от вида применяемых цементов (сроков схватывания) и комплекса химических добавок, обеспечивающих повышение морозостойкости бетона и другие свойства. Таким образом, технологическая нормаль на процессы производства бетонных работ должна разрабатываться, ориентируясь на конкретные исходные материалы и их физико-технические свойства. При использовании нескольких видов цемента, крупного и мелкого заполнителя, химических добавок и др., технологическая нормаль и циклограмма производства бетонных работ корректируется или разрабатывается заново.

При возведении вертикальных монолитных конструкций и сооружений с высокоморозостойким поверхностным слоем бетона, следует применять непрерывный технологический процесс восходящей послойной укладки бетонных смесей, с применением внутренней, разделяющей слои бетонных смесей, скользящей опалубки. При этом, следует обеспечивать условия, когда несущая арматура конструкций всегда находится в высокоморозостойком наружном поверхностном слое (смотри рис. 1).

Технологический процесс одновременной укладки и уплотнения слоев бетонных смесей обеспечивает перекрытие крупным заполнителем образующейся переходной зоны, имеющей градиент концентрации

химических добавок в своем составе и слой сростания цементов бетонных смесей, что обеспечивает надежность совместной работы слоев бетона и условия его работы, как структурно-целостного материала.

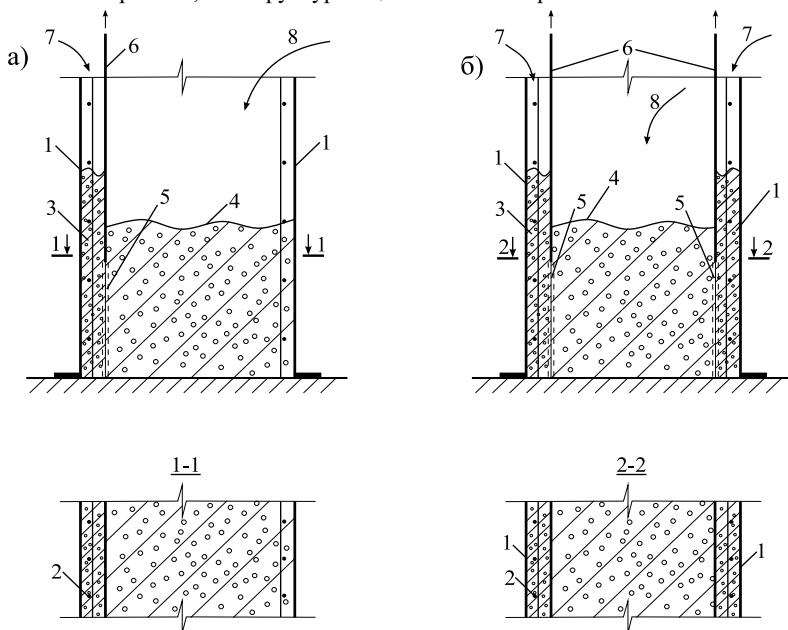


Рис. 1. Схема бетонирования вертикальных несущих конструкций резервара: а) с одной открытой поверхностью; б) с двумя открытыми поверхностями. 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8, соответственно: съёмная опалубка; каркас несущей арматуры; высокоморозостойкий поверхностный слой бетона; массив бетонизируемой конструкции; контактный слой бетонных смесей, образующий переходную зону в структуре бетона; внутренняя, разделяющая слои бетонных смесей скользящая опалубка; укладка бетонной смеси ($K_{HT}=0.9-1.0$), образующей высокоморозостойкий слой бетона; укладка бетонной смеси массива конструкции.

Основной массив конструкции или сооружения может быть изготовлен из литых и высокоподвижных бетонных смесей с низким расходом цемента и с применением активных минеральных добавок – заменителей цемента, в результате чего процессы приготовления, доставки, укладки и уплотнения бетонных смесей требуют наименьшую трудоемкость, продолжительность, энергоёмкость и стоимость производства работ.

Бетонная смесь для поверхностного, высокоморозостойкого слоя бетона, приготовленная с использованием материалов высокого качества и комплексных химических добавок, укладывается на глубину установленной несущей арматуры полностью покрывая ее, не позднее времени начала

схватывания цементного теста бетонной смеси нижнего массива. Это обеспечивает возможность перекрытия контактной зоны укладываемых бетонных смесей крупным заполнителем.

В целях повышения надежности сцепления слоев бетонных смесей, особое внимание следует уделять формированию контактного слоя. Важно в процессе укладки верхнего слоя обеспечить возможность «перекрытия» контактного слоя крупным заполнителем как нижнего, так и верхнего слоя бетонных смесей.

Таким образом, крупный заполнитель, находясь в области контактного слоя бетонных смесей, «сшивает» их, обеспечивая условия совместной работы слоев бетона, как структурно-целостного материала. При этом, между слоями бетонных смесей образуется переходная зона, имеющая градиент концентрации химических добавок в своем составе, уменьшающийся в сторону не модифицированного нижнего бетонного слоя (или массива) бетонируемого сооружения и слой срастания цемента бетонных смесей, что обеспечивает надежность их сцепления и совместной работы. Образующаяся толщина переходного слоя составляет от 1 до 3.5мм и зависит от $K_{НГ}$ и сроков схватывания цементного теста в бетонных смесях, а также от времени последовательной укладки бетонных смесей после их приготовления.

Технологические процессы устройства наружного и внутреннего высокоморозостойкого поверхностного слоя бетона выполняются одновременно несколькими звеньями исполнителей.

При строительстве резервуаров с водонепроницаемым, высокоморозостойким поверхностным слоем бетона, комплексный технологический процесс следует начинать с установки опалубки и несущей арматуры. При этом конструкция опалубки должна предусматривать устройство внутренней, разделяющей слои бетонных смесей, скользящей опалубки.

Технологический процесс бетонирования резервуара следует осуществлять непрерывно, поярусно, по всему периметру резервуара. Устройство каждого последующего яруса следует осуществлять не позднее времени $t_{к.с.}$ (окончания времени схватывания цементного теста в бетонной смеси). При необходимости, после снятия опалубки допускается технологический процесс «затирки» поверхностного слоя бетона резервуара цементным раствором такого же состава, что и в бетонной смеси. При этом допускается увеличивать значение $K_{НГ}$ до 1.2.

Весь комплексный технологический процесс бетонирования монолитных резервуаров осуществляется непрерывно. Технологические перерывы не допускаются. Устройство «технологических рабочих швов» не допускается.

Частный технологический процесс приготовления бетонных смесей следует включать в состав комплексного технологического процесса строительства монолитных конструкций и сооружений с высокоморозостойким поверхностным слоем бетона. Приготовление бетонных смесей для производства работ следует осуществлять непрерывно, параллельно с процессом строительства, с помощью бетоносмесителей

циклического действия, непосредственно на строительной площадке или в непосредственной близости от нее.

В процессе производства работ осуществляются следующие основные частные технологические процессы: приготовление бетонной смеси для внутреннего слоя конструкции сооружения (T_1); доставка бетонной смеси для внутреннего слоя конструкции к месту укладки (T_2); укладка и уплотнение бетонной смеси внутреннего слоя (T_3); приготовление бетонной смеси для наружного, высокоморозостойкого слоя бетона (T_4); доставка бетонной смеси для наружного слоя к месту ее укладки на внутренний слой уложенного бетона (T_5); укладка и уплотнение бетонной смеси наружного, высокоморозостойкого слоя (T_6). Трудоемкость технологических процессов обозначается, соответственно: $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6$ (чел. час, маш. час).

Во всех случаях, процесс бетонирования монолитных железобетонных сооружений с высокоморозостойким поверхностным слоем бетона следует осуществлять согласно технологическому регламенту и технологической нормале производства работ, которые разрабатываются на бетонирование каждого объекта, с учетом качества применяемых материалов. Сменный почасовой циклограммный график производства работ, отражающий реализацию технологической нормали процесса бетонирования сооружения разрабатывается применительно к каждой партии применяемого портландцемента, с учетом его сроков схватывания. На рисунках 2 и 3 представлены циклограммные графики, разработанные при использовании обычных бездобавочных ПЦ М400.

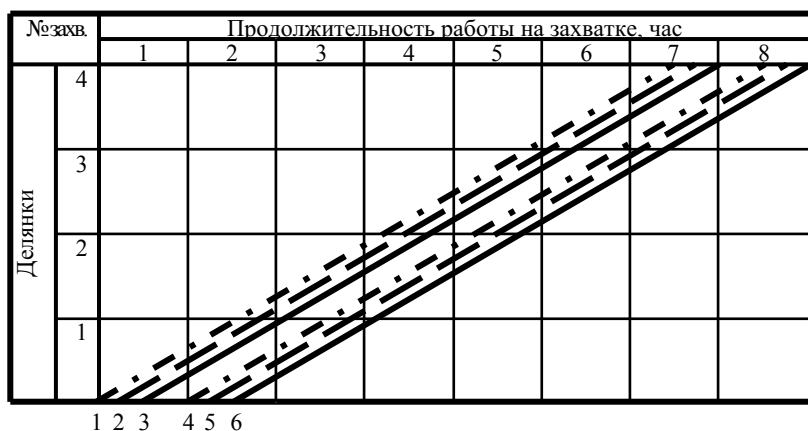


Рис. 2. Почасовой внутрисменный циклограммный график, отражающий реализацию технологической нормали бетонирования резервуара на захватке, комплексной бригадой, двумя звеньями бетонщиков. Где: 1, 2, 3, соответственно: приготовление, доставка и укладка нижнего слоя бетонной смеси; 3, 4, 5 – то же верхнего слоя.



Рис. 3. Почасовой внутрисменный циклограммный график, отражающий реализацию технологической нормы бетонирования резервуара на захватке, разбитой на четыре делянки, одним звеном бетонщиков. Где: 1, 2, 3, соответственно: приготовление, доставка и укладка внутреннего слоя бетонной смеси; 3, 4, 5 – то же наружного слоя.

Выводы. В работе предложены технологические и организационные основы строительства монолитных высокоморозостойких водонепроницаемых железобетонных резервуаров. Для Крыма в перспективе, предложенные решения могут существенно влиять на улучшение экологической обстановки и уменьшение эксплуатационных затрат сооружений, в связи с повышением их эксплуатационной долговечности.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Чуб А. А. Основы технологии ремонта и строительства бетонных железобетонных сооружений с высокоморозостойким поверхностным слоем: монография. — Запорожье: ЗГИА, 2010. — 360 с.
2. Брандт А. М. Заметки о долговечности бетонных конструкций. Дороги и мосты / А. М. Брандт. – 2004. – №3 – С. 5–14.
3. Ушаков В. В. Применение новых видов бетонов для строительства и ремонта автомобильных дорог / Ушаков В. В, Васильев Ю. Э., Каменев В. В. // Проблемы современного бетона и железобетона: сб. тр. В 2 ч. Ч.2. Технология бетона. – Минск: Стринко, 2007. – 348 с.
4. Чуб А. А. Проектирование состава защитного слоя атмосферостойких бетонов / А. А. Чуб // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. – Днепропетровск, 2006. – Вып. 37. – С.509–512.
5. Сторожук Н. А. Вакуумирование бетонных смесей в монолитных конструкциях при помощи объемных фильтров / Сторожук Н. А. // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. Вып. №56. — Дн-вск., ПГАСА, 2010. — С. 515–523
6. Афанасьев А. А. Технология строительных процессов / А. А. Афанасьев, Н. Н. Данилов [и др.]. – Москва, ВШ, 2001г. – 320 с.
7. Серия «Строитель». Бетоны. Материалы. Технологии. Оборудование. — М.: Стройинформ, Ростов н/Д: Феникс, 2006. — 424 с.