

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕМОНТА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

*Г. Н. БЕЛОУСОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
qalina1belousova@gmail.com*

**Актуальность.** Железобетонные конструкции городских очистных сооружений в процессе эксплуатации подвергаются сложным и опасным физическим и химическим воздействиям агрессивных компонентов сточных вод и реагентов, а также механическим воздействиям от технологического оборудования. Это приводит к тому, что после 7–10 лет эксплуатации бетонные и железобетонные конструкции в подводной зоне и зоне периодического смачивания имеют существенные повреждения поверхностного слоя.

При возведении из сборного и монолитного бетона и железобетона сооружений систем водоснабжения и водоотведения наиболее сложным и трудоемким для производства работ являются многочисленные емкостные сооружения цилиндрической, прямоугольной и круглой (в плане) формы. Железобетонные резервуары цилиндрической формы применяют в строительстве первичных и вторичных отстойников, резервуаров чистой воды. Особенностью бетонирования стен таких сооружений является то, что толщина этих стен незначительна (20–40 см), а высота достигает 5–7 м. Сооружения выполняются из сборных железобетонных элементов стен, перегородок, перекрытий и монолитного дна.

**Цель работы** – обследование многих канализационных очистных сооружений, а также анализ состояния их бетонных и железобетонных конструкций выявил их моральный и физический износ. Поэтому совершенствование технологии строительства новых и ремонта существующих конструкций очистных сооружений представляет практический интерес и является актуальной задачей, направленной на увеличение их срока службы, защиты от воздействия агрессивных сред и увеличения коррозионной стойкости их элементов.

Строительный материал (бетон) для железобетонных конструкций должен обладать необходимой прочностью, хорошим сцеплением с арматурой, достаточной плотностью для защиты арматуры от коррозии. В зависимости от назначения сооружения бетон также должен удовлетворять специальным требованиям: морозостойкости, коррозионной стойкости при агрессивном воздействии среды, водонепроницаемости и др. Важнейшим физико-механическим свойством бетона с точки зрения его работы в железобетонных конструкциях является прочность и деформативность, определяемые

его структурой. Структуру бетона можно представить в виде пространственной решетки из цементного камня (включающего кристаллический сросток, гель и большое количество пор и капилляров, содержащих воздух и воду), в котором хаотично расположены зерна песка и щебня. В таком неоднородном теле нагрузка создает сложное напряженное состояние. Бетон, как и другие каменные материалы, обладает значительным сопротивлением сжимающим напряжениям и весьма малым сопротивлением растяжению (прочность бетона на растяжение в 10–15 раз меньше прочности на сжатие), а сталь работает и на сжатие, и на растяжение. Поэтому железобетон сжимающие напряжения воспринимает бетоном, а растягивающие – стальной арматурой. Разрушение бетонных (неармированных) конструкций происходит внезапно (хрупко), в то время как разрушение железобетонных элементов наступает постепенно, что позволяет снизить запас прочности. Кроме обычных железобетонных конструкций в строительстве очистных сооружений используются предварительно напряженные. Цилиндрическая форма сооружений позволяет наиболее просто производить предварительное напряжение бетона в стенах путем навивки на них спирали из высокопрочной проволоки (радиальные отстойники диаметром до 40 метров, глубиной 3–5 метров).

Арматура в бетоне не ржавеет, пока она покрыта достаточной толщиной щелочестойкого слоя бетона. В действительности железобетонные конструкции часто имеют волосяные трещины после заливки бетона, очень часто защитный слой локально очень тонкий. Все это вместе в сочетании с механическими нагрузками, влажностью, влиянием низких температур и солей, углекислого газа и других внешних воздействий может привести к карбонизации бетона, коррозии арматуры, а затем и к угрозе несущей способности конструкции очистного сооружения.

Большинство систем и сооружений водоотведения было построено и пущено в эксплуатацию в 60–80-х гг. XX века, в соответствии с существовавшими тогда нормативными требованиями к техническому состоянию и эксплуатации. В результате обследования ряда очистных сооружений наблюдаются массовое разрушение поверхностного слоя бетона, оголение арматуры, пятна ржавчины на наружной поверхности, свидетельствующие о коррозии арматуры и закладных деталей, наличие множества местных и силовых трещин, локальные нарушения внутренней штукатурки и т. п.

При реконструкции и ремонте железобетонных конструкций, имеющих коррозионные повреждения, применение традиционных строительных растворов и бетонов на цементном вяжущем не обеспечивает необходимой плотности, прочности и долговечности.

Разгерметизация стыков и появление трещин в железобетоне очистных сооружений может привести к утечке агрессивных сточных вод, которые опасны не только для строительных конструкций, но и для окружающей

среды. Поэтому необходимо надежно заделывать стыки и различные трещины, возникающие в бетоне.

В железобетонных конструкциях арматура, как правило, защищена бетоном, который имеет высокий водородный показатель, что ведет к пассивированию стали. Однако в конструкциях, имеющих трещины, арматурная сталь остается активной даже в бетоне с  $\text{pH} = 12,6$ . Поэтому для заделки трещин и реконструкции железобетонных конструкций необходимо разработать и исследовать полимерные композиции, специальные технологии ремонта и антикоррозионной защиты, позволяющие повысить долговечность, коррозионную стойкость, восстановить утерянные части конструкций, а также обеспечить надежную эксплуатацию в течение нормативных сроков.

Нормами проектирования для железобетонных конструкций, эксплуатируемых в агрессивной жидкой среде, допускается длительное раскрытие трещин шириной 0,05 мм и кратковременное 0,2 мм, а в газообразной и твердой среде – длительное 0,1 мм и кратковременное 0,025 мм. На основе проведенных исследований отмечено, что только ограничением ширины раскрытия трещин нельзя достичь абсолютной защиты арматуры железобетонных конструкций от коррозии, поэтому необходимо предусматривать покрытия, пропитку и гидрофобизацию. В последние годы для тампонирувания трещин в бетонных и железобетонных конструкциях и сооружениях применяют полимерцементные растворы.

Для реконструкции очистных сооружений необходимо выполнить не только ремонтные работы, но и демонтаж некоторых железобетонных элементов. Повреждения железобетонных элементов можно восстановить с помощью ремонтных составов на полимерцементной основе. Защитить арматуру можно сразу после ее очистки двух компонентным цветным покрытием на цементной основе BETONPROTEK K2, нанесенным в два слоя общей толщиной 1,5–2 мм с интервалом в 1 час. Данная смесь имеет прекрасную адгезию к арматуре, водо- и газонепроницаема. Дополнительная защита обеспечивается ингибиторами коррозии, которые создают защитную пленку на арматуре. При нанесении покрытия на арматуру можно его нанести и на бетон, так как BETONPROTEK K2 может быть использован в качестве грунтовки между старым и новым бетоном или в качестве ремонтного материала для бетона.

Для реставрации используется специально подготовленная микроармированная ремонтная смесь BETONPROTEK KT (толщина нанесения 5–40 мм). Финальную защиту отремонтированного и неповрежденного бетона выполняют микроармированным тонкослойным составом BETONPROTEK F, обеспечивающий специальную защиту от атмосферного воздействия и дальнейшего разрушения. Таким образом, реконструкция железобетонных очистных сооружений выполняется в краткие сроки и в следующей последовательности: очистка и защита арматуры; восстановление и защита бетона.

Сегодня при возведении очистных сооружений используются разные строительные материалы, но основным является сборный и монолитный бетон и железобетон. Долговечность зависит от двух мероприятий: вторичной защиты и гидроизоляции. Правильный выбор технологии защиты и гидроизоляции конструкций зависит от множества факторов: вид воздействия, тип и материал конструкции, условия эксплуатации, эстетические требования и др. При ремонте конструкций очистных сооружений должно обеспечиваться получение ремонтного слоя с сочетанием таких необходимых свойств, как его прочность сцепления с поверхностью ремонтируемой конструкции, коррозионная стойкость, водонепроницаемость, морозостойкость.

На бетонные и железобетонные конструкции, эксплуатируемые в очистных сооружениях, действуют агрессивные среды. Долговечность конструкции определяется стойкостью как бетона, так и арматуры к воздействию на них агрессивной среды. Для ремонта необходимо использовать составы, исключющие усадку, сходные по своей природе с материалом основы, стойкие к карбонизации, обладающие высокой водонепроницаемостью, стойкие к проникновению хлоридов, обладающие требуемой укладываемостью. К таким составам относятся материалы химического концерна *BASF* (ООО «БАСФ – Строительные Системы»), производящего ремонтные смеси серии *MasterEmaco*, *MasterSeal*, *MasterFlow*.

ЗАО «ЭМАКОМ» (дилер в РБ предприятия *BASF*) создана ремонтно-строительная технология на базе сухих смесей *MasterEmaco*, *MasterSeal* и *MasterFlow* для восстановления, защиты и усиления бетонных и железобетонных сооружений. Мировой опыт применения ремонтных смесей *MasterEmaco* насчитывает более 30 лет, что подтверждает высокую надежность материала. При новом строительстве ответственных сооружений находят применение технологии, повышающие долговечность, темпы работ и безопасность. Для решения данных задач концерн *BASF* предлагает добавки для бетонов; пропитки; герметизирующие ленты для конструкционных швов и холодных стыков; покрытия для защиты стенок и подпорных элементов и для защиты днища; ремонтные составы для быстрого устранения дефектов при бетонировании и другие.

Таким образом, в зависимости от вида выполняемой гидроизоляции и защиты можно выбирать соответствующие полимерные материалы и технологии их использования.

Композитобетон является одним из перспективных стройматериалов, по многим параметрам превосходящим прекрасно известный всем железобетон. В конце XX века композиционные материалы начали внедрять и в железобетон, где вместо стальной арматуры стала использоваться неметаллическая композитная (из стекловолокна или базальтоволокна). Такими разработками занимаются БНТУ, БелНИИС, Полоцкий государственный университет, РУП «Стройтехнорм», БелГИМ, а также Министерство

жилищно-коммунального хозяйства и ряд других организаций.

Композитная арматура – это не просто альтернатива металлической, это новый материал, разработанный с применением нанотехнологий, экологичный и экономичный.

Базальтопластиковая и стеклопластиковая арматуры выполняются в виде стержня, имеющего непрерывную спиральную рельефность, любой строительной длины с диаметром от 4 мм до 14 мм. Экономическая эффективность применения композитной арматуры – это следствие ее низкой плотности (в 4 раза легче стальной арматуры) и высокой прочности. Это позволяет увеличить выход армированного бетона из одной тонны такой арматуры в 4–5 раз по сравнению с использованием арматуры стальной. Вес 1 км композитной арматуры диаметром 8 мм составляет всего 65 кг, а металлической арматуры составляет 400 кг. Относительное удлинение при растяжении 5,6 %.

Использование при строительстве очистных сооружений современной бесшовной технологии бетонирования со специальной опалубкой и композитной арматурой, позволит обеспечить идеальную герметичность в процессе эксплуатации, увеличить скорость строительства, исключить коррозию армирующих элементов, что позволит значительно экономить денежные средства при реконструкции очистных сооружений.

**Выводы.** Надежность работы очистных сооружений целесообразно рассматривать по комплексным показателям, что в целом регулирует режимы очистки и повысит надежность их работы.

Реконструкция систем водоотведения и очистки сточных вод напрямую связано с экологической обстановкой водных бассейнов Республики Беларусь. Сохранение водных источников от загрязнения и истощения путем реконструкции сооружений с минимизацией капитальных вложений является в настоящее время весьма важной и актуальной задачей. За последние годы накоплен значительный опыт, позволяющий применять новые материалы и методы реконструкции, основанные на современном научно-техническом уровне.

### Список литературы

1 Железобетонные конструкции. Основы теории, расчета и конструирования : учеб. пособие для студентов строительных специальностей / Н. П. Блещик, Д. Д. Жуков, Д. И. Лазовский [и др.] ; под ред. Т. М. Пецольда и В. В. Тура – Брест : БрГТУ, 2003. – 380 с.

2 СНБ 5.03.01-02. Бетонные и железобетонные конструкции. – Введ. 20.06.2002. – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2003. – 139 с.

3 ТКП 45-5.03-97-2009. Железобетонные сборно-монолитные конструкции. Правила проектирования. – Введ. 27.05.2007. – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2009. – 86 с.

4 ТКП 45-5.03-130-2009. Сборные бетонные и железобетонные конструкции. Правила монтажа. Строительные нормы проектирования. – Введ. 14.04.2009. – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2021. – 36 с.

5 ТКП 45-5.09-33-2006. Антикоррозионные покрытия строительных конструкций зданий и сооружений. Правила монтажа. – Введ. 01.07.2006. – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2006. – 19 с.

УДК 628.1:004.9

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ВОДОКАНАЛОВ, ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ**

*А. А. БРАКОРЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
alesbrakorenko222@gmail.com*

**Актуальность.** Создание цифровой экономики является ключевой целью развития информационного общества для каждой цивилизованной страны, которая стремится обеспечить технологическую независимость. Концепция «Цифровой водоканал» подразумевает интеграцию современных информационных технологий в процессы водоснабжения и водоотведения. Главная задача заключается в оптимизации управления производственными и технологическими процессами, регулировании режимов работы водоканалов, а также в снижении затрат и издержек для всех участников процесса.

**Цель работы** – анализ процесса осуществления цифровизации водоканалов с использованием современных методов цифровизации.

**Основные результаты.** Цифровизация экономики предполагает широкое внедрение компьютерных систем в различные области, такие как образование, торговля, промышленность, сельское хозяйство и жилищно-коммунальное хозяйство. Эти системы взаимодействуют друг с другом, что способствует росту социально-экономического потенциала страны. В сфере водоснабжения и водоотведения существует концепция «Цифровой водоканал», которая в упрощённом виде включает оцифровку и цифровизацию. На их основе создаётся компьютерная модель, к которой затем добавляются дополнительные модули и программные комплексы.

«Цифровой водоканал» – это цифровизация практически всех сфер водной отрасли, начиная от водоподготовки и водоочистки, и заканчивая оплатой услуг водоснабжения клиентами. В области производства концепция «Цифровой водоканал» предполагает введение системы прогнозирования и анализа ситуации, которая обрабатывает информацию с датчиков, анализаторов и сенсоров с помощью искусственного интеллекта [1]. Современные методы цифровизации водоканалов включают ряд технологий и стратегий, направленных на оптимизацию управления водными ресурсами и повышение эффективности процессов. Основные аспекты цифровизации.