

УДК 691.328:699.82

К ВОПРОСУ О ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЯХ БЕТОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВОДООЧИСТНЫХ И ВОДООТВОДЯЩИХ СООРУЖЕНИЙ

Косухин М.М., Шарапов О.Н., Апалькова Л.В.

ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова», Белгород, e-mail: y31rus@mail.ru

Проведены лабораторно-выездные исследования по выявлению причин разрушения поверхностей железобетонных элементов водоочистных сооружений. Установлено разрушающее влияние на физико-механические и эксплуатационно-технические свойства железобетона биокоррозионных процессов. Проведен сравнительный анализ технико-экономической эффективности железобетонных конструкций при использовании их в системах водоотведения. Выполнен анализ работ, посвященных биодеструкции железобетона, эксплуатируемого в биологически агрессивных средах. Показано, что под воздействием микробактериальной оксидации на внутренних поверхностях железобетонных коллекторов образуется кислотная среда, высокоагрессивная по отношению к бетону. Представлен общий механизм и область воздействия агрессивных сред внутри железобетонных коллекторов. Проведен анализ возможных мероприятий по защите бетона от агрессивных сред. Для исключения выявленных негативных факторов воздействия агрессивной среды предлагаются ремонтные составы на основе полифункционального модификатора фунгицидного действия.

Ключевые слова: ремонтные составы, модификаторы цементсодержащих композиций, биологическая коррозия, долговечность бетона, защитные покрытия водоотводящих коллекторов

TO THE PROBLEM OF PROTECTIVE COVERINGS FOR CONCRETE SURFACES OF WATER-TREATMENT AND DIVERSION STRUCTURES

Kosukhin M.M., Sharapov O.N., Apalkova L.V.

FSBEI HPE «Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov»,
Belgorod, e-mail: y31rus@mail.ru

Laboratory and exit researches on identification of causes of destruction of surfaces of ferroconcrete elements of water treatment constructions are conducted. Destroying influence on physicomachanical and operational and technical properties of reinforced concrete the biokorozionnykh of processes is established. The comparative analysis of technical and economic efficiency of ferroconcrete designs is carried out when using them in water disposal systems. The analysis of works devoted to a biodistruction of the reinforced concrete operated in biologically hostile environment is made. It is shown that under the influence of a microbial bacterial oksidation on internal surfaces of ferroconcrete collectors the acid environment, high-aggressive in relation to concrete is formed. The general mechanism and area of influence of hostile environment in ferroconcrete collectors is presented. The analysis of possible actions for protection of concrete against hostile environment is carried out. For an exception of the revealed negative factors of influence of hostile environment repair structures on the basis of the multifunctional modifier of fungicide action are offered.

Keywords: repair compositions, modifiers of cement-containing compositions, biological corrosion, longevity of concrete, protective coverings of diversion collectors

С середины XX века, преследуя направление индустриализации и типизации, повсеместно на всей территории страны, для решения вопросов отвода поверхностных, фекально-бытовых и промышленных стоков началось использование железобетонных трубопроводов. На тот момент перед строительным комплексом ставилась задача минимизировать объемы затраченных вложений в системы водоотведения путем сокращения применения металлических труб ввиду их дороговизны, сложности доставки и монтажа, а также чрезмерно усиленной подверженности коррозии.

На сегодня железобетонные трубопроводы зачастую израсходовали гарантированный лимит надежности из-за продолжительного срока службы, а также по причине воздействия различных веществ и газов на внутренние поверхности трубопроводов. Следствием данного факта зачастую ста-

новятся чрезвычайные происшествия, происходящие в разных регионах страны, наиболее резонансным из которых стал трагический случай в г. Брянске.

Вопрос о необходимости решения данной проблемы поднимался на протяжении длительного времени и зачастую сводился к банальному процессу замены трубопровода. Но данный вариант решения проблемы таит под собой зачастую множество «подводных камней», таких как невозможность проведения работ под автомобильными и железнодорожными путепроводами, большая глубина заложения, невозможность приостановления технологических процессов водоочистки, отсутствие возможности отведения стоков по другим магистралям, а в основном решение данного вопроса упирается в нехватку денежных средств для проведения данного трудоемкого, машиноемкого, а зачастую напрасного процесса.

Чтобы понять сущность вопроса, необходимо проанализировать проблематику его возникновения и впоследствии выбрать наиболее доступный путь решения.

Водоочистные сооружения с канализационной сетью являются важным элементом системы жизнеобеспечения городов. Исследования и практика эксплуатации канализационных сетей показывают, что они подвержены быстрому и нередко непредсказуемому разрушению, вызванному интенсивным протеканием различных коррозионных процессов. Проблема коррозии и защиты железобетонных конструкций коллекторов сточных вод является одной из наиболее сложных. Без всякого сомнения, бетон был и остается главным строительным материалом прошлого и нынешнего столетия. Это очень прочный, широко используемый, легко применяемый и относительно недорогой материал.



Гидроксид кальция частично растворим в воде – 1,3 г/л. Однако, если вода фильтруется через тело бетона, вынос свободной извести заметно возрастает, и это ведет к постепенной деструкции цементного камня. Потеря свободной извести до 20% от ее содержания в бетоне серьезно влияет на несущие свойства конструкции.

Капиллярно-пористая структура и щелочной характер бетона делают его особо уязвимым по отношению к кислым средам. Это могут быть растворы неорганических и органических кислот, альдегиды, кислые и способные к окислению газы, а также соли, гидролизующиеся с образованием кислот. Даже дистиллированная вода с величиной pH-фактора равной 6 является опасной для бетона.

Кислоты взаимодействуют со свободной известью в бетоне, превращая ее в соли. Химическое равновесие в системе цементного камня смещается в сторону дополнительного гидролиза гидросиликатов и гидроалюминатов кальция с образованием новых порций извести, которая вновь связывается, и т.д. Эти повторяющиеся процессы приводят к существенным изменениям в структуре цементного камня. За небольшим исключением (фосфорная, щавелевая и кремнефтористая кислоты, образующих с известью труднорастворимые соли) механизм разрушительного действия на бетон характерен для всех остальных кислот. Кислые растворы растворяют на поверхности бетона плотную пленку карбоната кальция – продукта карбонизации свободной извести, облегчая доступ кислот в поровое пространство бетона.

Городские непромышленные сточные воды, которые поступают на водоочистку с pH 6,5–7, в соответствии с действующими

В этой связи в строительстве водоочистных и водоотводящих сооружений бетон также занимает главенствующую роль.

Высокая степень индустриализации, более экономное использование воды, наряду с новыми методами очистки, предъявляют наиболее высокие требования к прочности бетона. Прочный бетон может выдержать высокие механические и термальные нагрузки, но, будучи щелочным материалом, имеет свои пределы прочности в случаях контакта с кислыми средами [1].

Бетон – щелочная композиция со значениями pH-фактора приблизительно равными 11–12. Щелочность в бетоне создают небольшие примеси гидроксидов щелочных металлов (до 1%) и свободная известь – гидроксид кальция, образующийся как побочный продукт в процессе гидратации клинкерных минералов – силикатов и алюминатов кальция:

нормами, не представляют опасности для бетона и кирпича. В то же время стоки, проходя различные стадии обработки и очистки, подвергают опасности вторичной атаки посредством концентрации токсинов биологических процессов, которые в действительности вызывают разрушение бетона. В бытовых стоках органические субстанции, получаемые в процессе биологической очистки, трансформируются в биомассу как углекислый газ CO_2 и сероводород H_2S , отдельно друг от друга. CO_2 – природный газ, находящийся в атмосфере в количестве 0,03%, является катализатором гораздо более опасного процесса – карбонизации бетона, но закономерно то, что процесс не происходит в мокрой среде водоочистных сооружений. H_2S , подобно CO_2 также не очень агрессивен по отношению к бетону, но в то же время является причиной неприятного запаха. Проводя минимизации вредного влияния сероводорода необходимо максимально герметично изолировать стадии очистки. В результате структурных перемен сточных вод в процессе очистки, происходит вторичная атака на бетон над уровнем стоков, так называемая газовая атака.

Под действием данных процессов микробактериальная оксидация тиабациллы преобразовывает H_2S в концентрированную серную кислоту H_2SO_4 . По истечению нескольких месяцев это неизбежно приведет к падению pH до уровня 1–2,5. H_2SO_4 – высокоагрессивная кислота по отношению к бетону, к тому же кислотная атака проходит двумя путями:

– оказывает растворяющий эффект (цементный камень просто растворяется);

– мелкодисперсная атака твердыми частицами отходов жизнедеятельности, которые образуют тонкий слой на поверхности бетона.

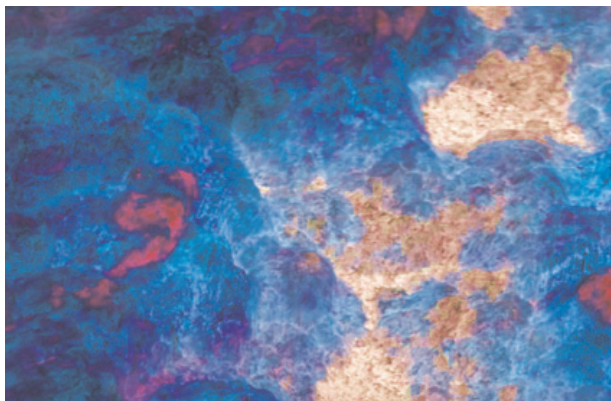


Рис. 1. Коррозия бетона в газовой среде коллекторов

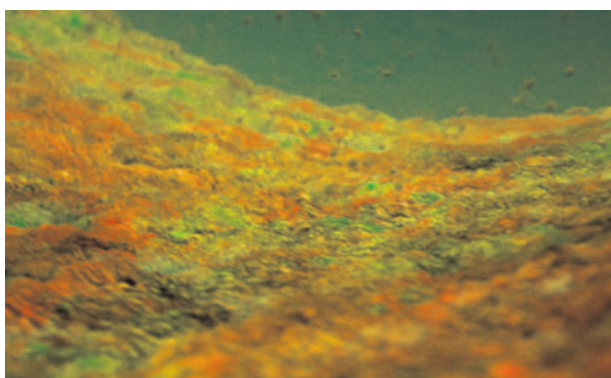


Рис. 2. Прочный (инкрустирующий) слой осадков сложного органоминерального состава

Проникновение частиц осадка внутрь бетона вызывает его разрушения, появляются трещины, и процесс разрушения интенсивно ускоряется во времени.

Под воздействием вышеперечисленных факторов незащищенный бетон очень быстро разрушается. Материалы, применяемые для защиты бетона от негативных воздействий, должны отвечать следующим условиям:

- безопасность для здоровья и окружающей среды;
- кислотоустойчивость при $\text{pH} = 1$ и менее;
- безупречная адгезия к бетону в постоянно влажных условиях;
- прочность к механическим воздействиям.

Изучению вопроса повышения долговечности бетонных и железобетонных конструкций в различных средах, в том числе и агрессивных, посвящены труды многих ученых: В.С. Асяновой [4], П.Л. Кантора [4], М.В. Кафтаевой [2], М.М. Косухина [3], В.М. Латыпова [4] и других. Исследования вышеперечисленных авторов показали, что органические покрытия (эпоксиды и полиуретаны) дают достаточно надежную защиту бетона от кислых сред, но на этом их преимущества заканчиваются.

Результаты лабораторно-выездных исследований на сооружениях водоочистки по-

казали, что органические покрытия не имеют диффузии водяного пара (не «дышат») и по этой причине обречены на потерю адгезии к бетону. Данный процесс происходит из-за давления влаги изнутри бетонной конструкции, находящейся в контакте с грунтом, что, в свою очередь, приводит к образованию пузырей на поверхности защитного покрытия. Подобные явления были отмечены на большинстве водоочистных сооружений, что позволяет судить о системности данных процессов. Из-за своих физико-химических свойств органические покрытия очень чувствительны к влажности бетона (для эпоксиды 0,6%, для полиуретана – 0,4%), что делает практически невозможным их использование для санации старых, поврежденных бетонов, находящихся в постоянно влажном состоянии. На сегодняшний день повсеместно вводятся ограничения на использование органических материалов для конструкций, которые эксплуатируются во влажных условиях, примером могут служить нормы Федеративной Республики Германия (ZTV-W), регулирующие меры по ремонту бетона, в которых запрещается использование органических материалов. Подобные принципы относятся и к санитарно-инженерному строительству. Вторым, но не менее важным и серьезным недостатком

органики является их слабая устойчивость к механическим нагрузкам [5].

В то же время минеральные системы на базе цемента, свободного от C_2A (трехкальциевый алюминат), которые обладают диффузией водяного пара («дышат»), могут гарантировать прочную адгезию к бетону. Это подразумевает под собой устранение главной причины разрушения защитного покрытия посредством потери плотного сцепления между самим бетоном и защитным материалом. Также помимо способности «дышать» полимерсиликаты высокоустойчивы к газовой атаке при $pH < 3,5$, что позволяет их приоритетно использовать на сооружениях водоочистки и водоотводящих коллекторах. Полимерсиликат (без цемента) содержит аморфный силиконовый гель, который формирует прочную, водонепроницаемую, кислотоустойчивую матрицу, а также обеспечивает прочную адгезию к бетону, имеет диффузию H_2O . Полимерсиликат высокоустойчив к механическим воздействиям на протяжении длительного времени.

Были проведены испытания ремонтных составов на основе цементносодержащих композиций, модифицированных фунгицидным модификатором полифункционального действия. Модификатор представляет собой продукт конденсации отходов производства резорцина с фурфуролом. Наличие в его составе олигомерных продуктов конденсации отходов производства резорцина с фурфуролом и непроконденсированных продуктов осмоления отходов производства резорцина – смеси дизамещенных фенолов и ароматических сульфокислот отличает этот модификатор от большинства аналогов способностью проявлять фунгицидные свойства в щелочной среде. Кроме того, использование модификатора позволяет значительно повысить подвижность ремонтных составов при постоянном и сниженном водоцементном отношении, что в свою очередь приводит к увеличению адгезии затвержденного состава к основанию, повышению плотности и прочности ремонтного покрытия за счет кептезирующего действия модификатора.

Безусловен экономический эффект, учитывающий затраты на ремонт вследствие газовой атаки, инвестиции в прочную, надежную защиту бетона имеют прямую финансовую целесообразность по отношению к новому строительству. При экономическом расчете принимается во внимание, что в закрытых циклах очистки стоков нуждаются в защите только верхние зоны (выше уровня сточных вод), а не вся поверхность емкостей, приводящая к экономии средств, затрачиваемых на комплекс восстановительных мероприятий.

Стоимость полимерсиликатной системы составляет около 1% от стоимости общих инвестиций в строительство нового очистного сооружения. Нужно также отметить, что нанесение защитной системы после ввода сооружений в эксплуатацию стоит значительно больше, чем ее создание в процессе строительства. Это связано с необходимостью остановок рабочих циклов и использованием запасных методов очистки или транспортировки сточных вод.

Список литературы

1. Косухин, М.М. Повышение долговечности железобетона водоотводящих коллекторов / М.М. Косухин, В.А. Полуэктова, Л.В. Апалькова, О.Н. Шарапов, В.М. Малиновкер // Фундаментальные исследования – 2013. – № 8–4. – С. 838–840.
2. Кафтаева М.В. Регулирование свойств мелкозернистых бетонов с пониженным содержанием воды: автореф. дис. ... канд. техн. наук // Белгородская государственная технологическая академия строительных материалов. – Белгород, 2000.
3. Шаповалов Н.А. Суперпластификаторы для бетонов / Н.А. Шаповалов, А.А. Слюсарь, В.А. Ломаченко, М.М. Косухин, С.Н. Шеметова // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2001. – № 1. – С. 29.
4. Кантор П.Л. Эффективность вторичной защиты железобетонных канализационных коллекторов / П.Л. Кантор, В.С. Асянова, В.М. Латыпов // Промышленное и гражданское строительство. – 2011. – № 12. – С. 65–66.
5. Гольдшмидт М. Минеральные защитные покрытия для бетонных поверхностей водоочистных сооружений от серно-кислотной агрессии // Технологии бетонов. – 2007. – № 4. – С. 14–15.

References

1. Kosukhin, M.M. Increasing the longevity of reinforced concrete of diversion collectors / M.M. Kosukhin, V.A. Poluektova, L.V. Apalkova, O.N. Sharapov, V.M. Malinovker // Fundamental research 2013. no. 8–4. pp. 838–840.
2. Kaftaeva M.V. / Regulating properties of fine-grained low-water concretes: abstract of candidate's thesis // Belgorod State Technological Academy of Building Materials. Belgorod, 2000.
3. Shapovalov N.A. Superplasticizers for concretes / N.A. Shapovalov, A.A. Slyusar, V.A. Lomachenko, M.M. Kosukhin, S.N. Shemetova // Bulletin of higher education institutions. Building. 2001. no. 1. pp. 29.
4. Kantor P.L. The efficiency of secondary protection of reinforced-concrete sewage collectors / P.L. Kantor, V.S. Asyanova, V.M. Latypov // Industrial and civil construction. 2011. no. 12. pp. 65–66.
5. M. Goldschmidt / Mineral protective coverings for concrete surfaces of water-treatment structures against the sulphuric acid action // Concrete technology. 2007. no. 4. pp. 14–15.

Рецензенты:

Евтушенко Е.И., д.т.н., профессор, проректор по научной работе, ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», г. Белгород;

Лопанов А.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», г. Белгород.

Работа поступила в редакцию 02.10.2014.