

УДК 666.972

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ БЕТОНА ТОНКОСТЕННЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МОДИФИКАТОРОВ

Дорофеев В.С., Мишутин А.В. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Освещены основы получения долговечных модифицированных бетонов для тонкостенных конструкций гидротехнических сооружений с высокими эксплуатационными характеристиками. Разработана методология назначения требований к бетонам тонкостенных конструкций, эксплуатируемым во влажных условиях. Проанализировано действия модификаторов на структуру бетонов. Показано, что основные изменения качественных показателей и долговечности обуславливаются возможностью регулирования его капиллярно-пористой структуры и проницаемости.

В последние десятилетия в гидротехническом строительстве достаточно широко применяются тонкостенные железобетонные конструкции. Например, стенки каналов и конструкций водопропускных сооружений изготавливались толщиной 8-12 см а корпуса плавучих железобетонных сооружений для снижения веса имеет толщину от 8 до 16 см при большом проценте насыщения стальной арматурой (до 600 кг/м³) для обеспечения общей и местной прочности.

Для подобных конструкций используются в основном «жирные» составы (в частности, отраслевой стандарт на судостроительные бетоны регламентирует количество цемента не менее 500 кг/м³) подвижностью 14-20 см и со значениями В/Ц до 0.45 [1]. Помимо того, бетоны тонкостенных железобетонных конструкций гидротехнических сооружений должны обладать достаточной коррозионной стойкостью и плотностью, защищая арматуру при толщине защитного слоя 10-15 мм. Для обеспечения таких требований в бетоны необходимо вводить модификаторы. Эти особенности позволяют сказать, что модифицированные бетоны тонкостенных гидротехнических сооружений (ГТС) отличаются от других видов бетонов и имеют свои специфические особенности. Проблема долговечности подобных бетонов включает в себя большой перечень вопросов: исследования в процессе эксплуатации с учетом среды, установки требований к

исходным материалам, подбор составов модифицированных бетонов, повышение их структурных и как следствие качественных показателей и эксплуатационных характеристик [2,3].

Проведенные обследования [4] бетона стенок каналов, конструкций водопропускных сооружений и плавучих доков показали, что наибольшая глубина повреждений бетона наблюдается в зоне попеременного увлажнения и высушивания. В случае применения сульфатостойких портландцементов и обеспечения достаточной водонепроницаемости для обводненных конструкций наилучшее состояние показывали бетоны, эксплуатируемые в воде. В целом бетон этих сооружений после 20-50 лет эксплуатации имеют глубину коррозионных повреждений 20-50 мм и глубину карбонизации до 20 мм. При этом бетон, постоянно эксплуатируемый в воде набрал до 50% прочности (по сравнению с проектной), эксплуатируемый на воздухе – до 20% и в зоне переменного увлажнения и высушивания – до 10%. Однако на ряде объектов (где применились недостаточно долговечные составы) наблюдалась разрушение конструкций и потеря прочности до 50% от проектной.

Таким образом, долговечность бетона в водной среде зависит от его структуры и, соответственно, характеризующих структуру свойств. В бетонах с плотной структурой при эксплуатации в воде прочность продолжает расти на протяжении десятков лет, а в случае недостаточной плотности структуры постепенно начинают превалировать процессы деструкции.

Экспериментальные данные и проведенные обследования показали, что наиболее точно можно проектировать и прогнозировать долговечность бетона в большинстве тонкостенных гидротехнических конструкций по уровням морозостойкости и водонепроницаемости материала с учетом плотности структуры. Обеспечение прочности бетона не снизило своей актуальности, но справедливо будет заметить, что высококачественные композиты с повышенными уровнями W и F имеют достаточную прочность при сжатии практически для любых типов конструкций. Однако для конструкций ряда гидротехнических сооружений долговечность бетона наряду с вышперечисленными показателями качества определяет трещиностойкость и как следствие ударная стойкость материала. Уровни данных показателей качества важны, например, для плавучих доков, стенок причалов и водопропускных сооружений, т.е. тех конструкций, испытывающих динамические и ударные воздействия.

На основании результатов обследования и литературного обзора были сформулированы требования к бетонам тонкостенных

конструкций ГТС для обеспечения их долговечности: подвижность бетонной смеси $OK \geq 14$ см, водонепроницаемость не менее W10, морозостойкость не менее 400 циклов в морской воде и прочность на сжатие в водонасыщенном состоянии не менее 40 МПа, на растяжение не менее 6 МПа. Одним из основных интегральных структурных показателей, обеспечивающих приведенные требования, можно считать открытую пористость бетона, которая не должна превышать 5%. В случае проектирования бетона для восстановительных работ дополнительно необходимо обеспечить адгезия «нового» материала к «старому» не менее 1.5 МПа.

Проведенный литературный обзор показал, что максимальную эффективность в повышении водонепроницаемости и морозостойкости бетона показывают современные модификаторы, самыми распространенными из которых в Украине являются Пенетрон, Ксайпенс и Виатрон. Данные системы имеют в своем ассортименте как покрытия для бетонов, так и добавки. Однако в ряде случаев, например для бетонов плавучих доков, стенок насосных станций и водопропускных сооружений использование добавок-модификаторов, т.е. применение первичных мер защиты, предпочтительнее вторичной защиты (покрытий). Это объясняется тем, что в отличие от конструкций, на которых применяется только вторичная защита, при механическом повреждении поверхности не возникает фильтрация. Сравнение систем модификаторов показало, что все добавки практически не влияют на прочность бетона, однако более эффективны Пенетрон Admix (A) и Ксайпекс Admix. В наших исследованиях был выбран Пенетрон ввиду его большей технологичности.

Исследования [5,6] проводились с применением многофакторного многопараметрического моделирования по оптимальному плану. Варьировались следующие факторы состава мелкозернистого бетона: дозировка сульфатостойкого цемента, от 600 до 800 кг/м³; дозировка суперпластификатора С-3 – от 0.6 до 1% от массы цемента; дозировка добавки Пенетрон А - от 0 до 3% от массы цемента. Все смеси имели равную подвижность – от 8 до 10 см по пенетрации стандартного конуса.

Установлено, что за счет введения в состав бетона новой комплексной добавки Пенетрон А + С-3 его водонепроницаемость повышается в 1.5-2 раза, достигая для наиболее качественных составов уровня W18. При этом морозостойкость материала повышается на 100-150 циклов, достигая для модифицированных мелкозернистых бетонов 550 циклов. Прочность же композитов, как на сжатие, так и на растяжение при изгибе, изменяется незначительно, хотя и имеет

некоторую тенденцию к росту. Для большинства показателей качества композита эффективным оказалось введение суперпластификатора С-3 в количестве 0.8% от массы цемента.

Изучение механизма действия Пенетрона на структуру бетона проводилось, в частности, рентгеноструктурным и дериватографическим анализом модифицированных композитов. В результате фазового анализа установлено, что составляющие Пенетрона А взаимодействуют с минералами цемента – часть негашеной извести и растворимые силикаты, аморфный кремнезем алюмината и ферриты вместе с водой проникают в поры бетона. В порах бетона проходит реакция взаимодействия соединений Пенетрона между собой и с соединениями цемента, в частности с ионными комплексами кальция и алюминия, различными оксидами и солями металлов. Образовываются нерастворимые силикаты, алюминаты и ферриты кальция, которые колюматируют поры, формируя кристаллические образования в виде игольчатых, хаотично

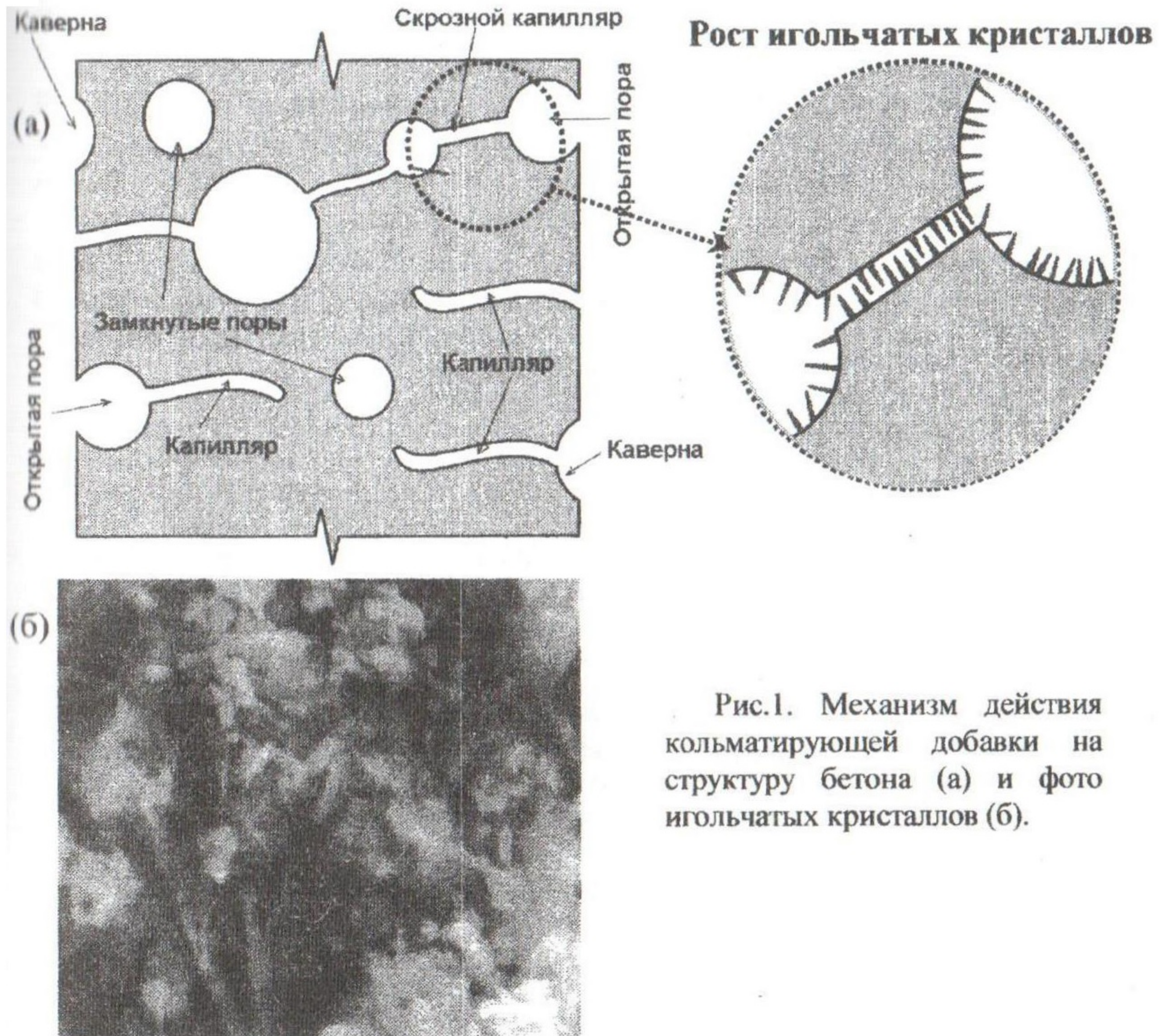


Рис.1. Механизм действия колюматирующей добавки на структуру бетона (а) и фото игольчатых кристаллов (б).

расположенных кристаллов (рис.1.а). При микроскопическом анализе было выявлено прораствание данных игловидных кристаллических новообразований в поры и трещины бетона (рис.1.б).

Установлено, что комплексная добавка Пенетрон А + С-3 снижает пористость материала приблизительно на 10%. Таким образом действие добавки складывается не только в заполнении трещин и пор, но и в перераспределении размеров (диаметров) пор и „лечении“ трещин и капилляров, что также подтверждает данные микроскопического анализа.

Получен патент на бетонную смесь с добавками Пенетрон А и С-3 [7]. По результатам работы был разработан „Регламент по технологии изготовления и применения бетонов с добавками системы Пенетрон и С-3 для изготовления и восстановления гидромелиоративных железобетонных сооружений“, утвержденный Госводхозом Украины и переименованный при восстановлении бетона тонкостенных ГТС мелиорации. Также разработаны рекомендации по технологии приготовления и применения тяжелого судостроительного бетона при постройке морских плавучих железобетонных и композитных сооружений, которые применялись на ГКЗ «Паллада» при постройке сданного в эксплуатацию в 2006 г. плавучего дока грузоподъемностью 8000 т.

Литература.

1. Мишутин А.В., Мишутин Н.В. Повышение долговечности бетонов тонкостенных плавучих и портовых гидротехнических сооружений – Одесса: Одесский центр научно-технической и экономической информации, 2003 – 192 с.
2. Мишутин А.В. Надежность и долговечность модифицированных бетонов / Мат-лы 40-го международного семинара по моделированию и оптимизации композитов. - Одесса: Астропринт, 2001. – С.129-130.
3. Мишутин А.В. Повышение надежности и долговечности бетона тонкостенных железобетонных конструкций, эксплуатируемых в морской среде/ Мат-лы 42-го международного семинара по моделированию и оптимизации композитов. - Одесса: Астропринт, 2003. – С.76-79.
4. Комплексные задачи и решение по диагностике бетонных и железобетонных конструкций объектов гидромелиоративного назначения / А.А. Романов, А.В. Мишутин, Б.М. Усаченко, В.Н. Сергиенко – Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, Випуск 18- Одеса: 2005. – С. 230-239.
5. Романов О.А., Мішутін А.В., Кровяков С.О. Дрібнозернисті бетони для гідромеліоративних споруд, модифіковані комплексною добавкою Пенетрон + С-3 // Проектування бетонів із заданими властивостями: Мат-ли V науково-практичного семінару „Структура, властивості та склад бетону”. – Рівне, Вид-во РДЦНТіЕІ, 2006. – С. 168-174.
6. Романов О.А. Бетони підвищеної водонепроникності і морозостійкості для гідромеліоративних споруд. Автореф. дис. кан. техн. наук: 05.23.05 / ОДАБА. – Одеса, 2007. – 21 с.
7. Патент Украины № 19814