

## МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ФИБРОБЕТОНЫ ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ ПЛАВУЧИХ СООРУЖЕНИЙ

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

**Запропоновано методи підвищення довговічності бетонів і фібробетонів тонкостінних плавучих та гідротехнічних споруд за рахунок управління структурою. Показано, що довговічність конструкцій плавспоруд визначається в підводній частини переважно водонепроникністю, в надводній - морозостійкість, а в зоні змінного рівня води - комплексом властивостей, що включає тріщиностійкість. Отримані склади та розроблено технологію приготування модифікованих бетонів і фібробетонів підвищеної довговічності, в тому числі при проведенні робіт в зимових умовах.**

Для значительной части плавучих сооружений, таких как доки, плавучие причалы, платформы и прочие, железобетонные конструкции имеют ряд ощутимых преимуществ перед металлическими. В частности, они дешевле и имеют лучший уровень поглощения вибраций по сравнению со стальными [1]. Также немаловажно то, что в процессе эксплуатации железобетонные плавсооружения не требуют покраски. Специфика работы материала в конструкциях плавучих сооружений обусловлена односторонним действием на них эксплуатационных нагрузок. Конструкции плавсооружений испытывают гидростатическое давление и динамические воздействия жидкости и льда, замораживание и оттаивание, увлажнение и высушивание, химические воздействия, обрастание водорослями и живыми организмами, частую смену температур.

Г.П. Вербецкий [2] указывал, что основным условием долговечности бетона в водной среде является его высокая плотность, затрудняющая проницаемость. При одновременном действии знакопеременных температур не менее важным показателем качества можно считать морозостойкость бетона, которая эффективно повышается за счет создания системы «резервных» замкнутых пор. Поэтому из всех качественных характеристик, влияющих на долговечность судостроительного бетона, следует выделить морозостойкость и непроницаемость. С проницаемостью также во многом связана способность бетона противостоять всем видам коррозии.

Было исследовано состояние бетона ряда тонкостенных плавучих и гидротехнических сооружений, эксплуатируемых в Украине и ряде стран СНГ [3]. Обследования показали, что наибольшая глубина повреждений бетона наблюдается в зоне попеременного увлажнения и высушивания. На ряде объектов, где применились составы, недостаточно учитывающие условия работы, наблюдалась потеря прочности до 50% от проектной, течи, разрушение защитного слоя.

Анализ механизмов формирования локальных и интегральных температурно-влажностных деформаций в бетоне и конструкциях тонкостенных плавучих и гидротехнических сооружений показал, что ввиду неравномерного распределения влаги по высоте конструкций, деформации переходят от набухания в подводной части усадке в зонах пониженного влагосодержания [4].

Изменение уровня воды вызывает изменение распределения влаги по высоте и по сечению конструкции, что приводит к изменению величины и даже направления действия влажностных деформаций. В материале возникают «волны» интегральных влажностных деформаций, которые протекают как вдоль, так и по сечениям изделия. Аналогичное распределение деформаций связано с изменением температуры материала в конструкции плавсооружения, включая температуры ниже 0°C.

Интегральные деформации формируются путем взаимодействий локальных деформаций, которые зависят от капиллярно-пористой структуры материала. К мероприятиям по целенаправленному изменению капиллярно-пористой структуры следует отнести специальные добавки-модификаторы. Более равномерно распределять локальные деформации по объему материала, изменяя условия формирования интегральных деформаций, можно при помощи объемного дисперсного армирования.

В процессе эксплуатации плавучего сооружения структура его материала подвержена непрерывным изменениям, которые должны быть учтены при установке начальных требований к бетону и при проектировании его состава. Таким образом, для прогнозирования и обеспечения долговечности бетона тонкостенных плавучих и гидротехнических сооружений справедливо использовать рабочую схему, учитывающую:

- составы бетона. Ввиду специфики судостроительного бетона должен применяться сульфатостойкий портландцемент, щебень крупностью до 10 мм, наполнитель;

- технологию приготовления. При обеспечении высокой подвижности смеси ( $OK \geq 16$  см при  $V/C \leq 0.4$ ) и высоких физико-механических характеристик должны применяться кольматирующие и пластифицирующие добавки, а также стойкая в среде эксплуатации полипропиленовая фибра;

- структуру, формирующуюся на начальной стадии производства тонкостенной конструкции. Ввиду особенностей эксплуатации и производства судостроительного бетона, наиболее важными структурными характеристиками можно признать общий объем и тип порового пространства. Для судостроительного фибробетона необходимо отдельно выделить каркас волокон фибры;

- изменение структуры в результате эксплуатационных воздействий (напорного действия воды, капиллярного подсоса, накопления солей и пр.) а также процессов, происходящих в структуре модифицированного судостроительного бетона. Среди положительных процессов, способствующих адаптации бетона плавсооружения, следует назвать, во-первых, кольматацию пор за счет действия химдобавок, во-вторых, кольматацию пор продуктами коррозии, и в-третьих, позднюю гидратацию цемента.

Нашим научным коллективом [5-7] был разработан комплексный модификатор, включающий кольматирующую и пластифицирующую добавку, а также мелкодисперсный наполнитель, позволяющий не только уменьшить общий объем открытых пор, но и повысить однородность пор по размерам [5]. Получены патенты [6,7] на комплексные добавки [Пенетрон А + суперпластификатор С-3] и [Пенетрон А + С-3 + наполнитель]. Данные комплексные добавки позволяют в 1.5-2 раза увеличивать водонепроницаемость бетона и на 150-200 циклов его морозостойкость. Комплексный модификатор снижает общую пористость материала на 10..12%, а капиллярную почти в 2 раза. При применении данного модификатора морозостойкость мелкозернистого бетона и достигает уровня F550-F650, водонепроницаемость – W16. Также с учетом технологической потребности Херсонского государственного завода (ХГЗ) железобетонного судостроения «Паллада» проводить бетонные работы в зимнее время исследовалась возможность использования разработанного комплексного модификатора совместно с противоморозными добавками. Общая тенденция изменения водонепроницаемости и морозостойкости бетона за счет применения модификаторов, дисперсного армирования показана на рис.1. В том числе, показано изменение данных показателей качества бетона при выполнении работ при низкой температуре с применением противоморозных добавок.

Все исследованные в эксперименте составы бетонов имели подвижность 18-20 см, что соответствует литым смесям, которые могут перекачиваться бетононасосами и укладываются непосредственно в месте сборки плавсооружения, и ввиду специфики производства тонкостенных конструкций использовали щебень крупностью до 10 мм. Применялись следующие противоморозные добавки:

- Антифриз С (Antigelo S), производства фирмы Marei. Вводился в количестве 1% от массы цемента.

- «Амкироз» РМР-3 (Зима-Универсал). Данная пластифицирующая противоморозная добавка вводилась в количестве 1.5% от массы цемента, при этом не вводился «ординарный» пластификатор, т.к. добавка выступает и в данной роли.

- Криопласт СП15-1 производства «Полипласт-Новомосковск». Данная пластифицирующая противоморозная добавка вводилась в количестве 1.5% от массы цемента, при этом также не вводился «ординарный» пластификатор.

Наиболее эффективными можно признать пластифицирующе-противоморозную добавку Криопласт СП15-1, которую можно применять в условиях зимнего бетонирования вместо «ординарного» пластификатора, и противоморозную добавку Антифриз С. Применение последней можно считать технологически более невыгодным, так как требует введения дополнительной операции, а также ввиду достаточно высокой стоимости самой добавки.

Таким образом, комплексная добавка [Пенетрон А + суперпластификатор С-3 + наполнитель], применяемая совместно с объемным дисперсным армированием полимерной фиброй, является эффективным модификатором для повышения долговечности материала конструкций, эксплуатируемых в воде и подверженных одностороннему гидростатическому давлению.

По результатам проведенных исследований разработаны Рекомендации по технологии приготовления и применения тяжелого судостроительного бетона при постройке морских плавучих железобетонных и композитных сооружений. Данные рекомендации с 2006 года применяются на ХГЗ «Паллада» при постройке плавучих доков и прочих плавучих железобетонных сооружений.

Примеры плавучих железобетонных сооружений, произведенных в последние годы на ХГЗ «Паллада», показаны на рис.2. Фото готового понтона плавучего отеля с надстройкой показано на рис.2.а, фото эксплуатируемой плавучей гостиницы "Баккара", базирующей на р.Днепр, показано на рис.2.б.

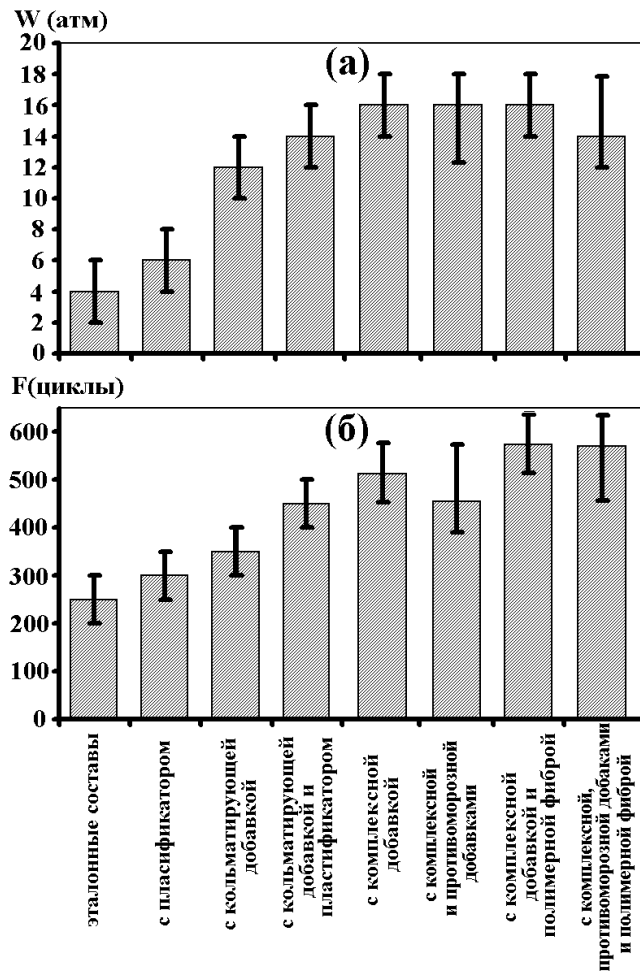
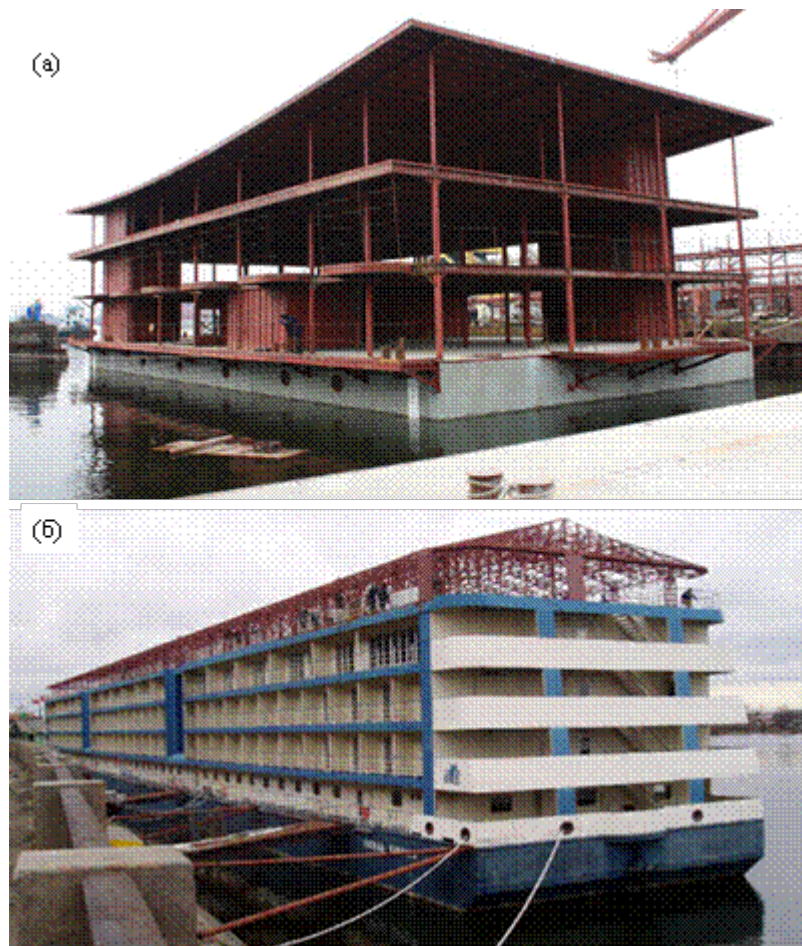


Рис.1. Тенденция изменения водонепроницаемости (а) и морозостойкости (б) судостроительного бетона за счет применения модификаторов и дисперсного армирования.



*Рис.2. Плавающие железобетонные сооружений, произведенные на ХГЗ «Паллада»: а - готовый понтон плавучего отеля с надстройкой, б - эксплуатируемая плавучая гостиница "Баккара" в г. Киев с железобетонным понтоном.*

### **Заключение**

Результаты проведенных исследований также были учтены при разработке ДСТУ „Бетон судостроительный. Основные требования” и ДБН «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные требования».

### **Summary**

**The method of increasing the durability of concrete and fiber concrete thin-walled floating and hydraulic structures due to their management structure. Is shown that the durability of structures floating structures defined in the underwater part of the predominantly water-resistant, the above-water - frost, and in the zone of variable water level - set of properties that include fracture toughness. These warehouses and a technology preparation of modified concrete and fiber concrete increased durability, including in the work in winter**

### **Литература**

1. Волков Ю.С. Сооружения из железобетона для континентального шельфа / Ю.С. Волков, И.И. Рыбалов. – М. Стройиздат, 1985. – 292 с.
2. Вербецкий Г.П. Прочность и долговечность бетона в водной среде / Г.П. Вербецкий. – М.: Стройиздат, 1976. – 128 с.

3. Мишутин А.В. Повышение долговечности бетонов тонкостенных плавучих и портовых гидротехнических сооружений / А.В. Мишутин, Н.В. Мишутин – Одесса: Одесский центр научно-технической и экономической информации, 2003 – 192 с.

4. Выровой В.Н. Механизм изменения структуры строительных композитов в условиях переменной влажности /В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, А.В. Мишутин, Л.И. Резникова, Г.В. Суханов // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, Випуск 29 - Одеса, 2008, – С. 54-63.

5. Дорофеев В.С. Повышение долговечности бетона тонкостенных гидротехнических сооружений за счет применения комплексных модификаторов / В.С. Дорофеев, А.В. Мишутин // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, Випуск 27 - Одеса: Місто майстрів, 2007, - С. 160-164.

6. Патент № 19814, Україна, Бетонна суміш з добавками Пенетрон А + С-3 / Дорофеев В.С., Мишутин А.В., Романов О.А. заявник і утримувач патенту ОДАБА, 2006 р.

7. Патент № 32920, Україна, Бетонна суміш з наповнювачем (меленим піском), полімерною фіброю і комплексною добавкою [Пенетрон А + С-3] / Дорофеев В.С., Мишутин А.В., Кривяков С.О., Гапоненко К.О. заявник і утримувач патенту ОДАБА, 2008 р.