

СОСТАВ И СВОЙСТВА ДЕКОРАТИВНЫХ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ БЕТОНОВ

Петричко С.Н., Мишутин А.В.

*(Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
г. Одесса)*

Для большинства стояночных плавучих сооружений (доков, причалов, плавучих гостиниц) применение железобетона экономически выгодно, так как позволяет сократить их стоимость и увеличить сроки эксплуатации. Современные судостроительные бетоны обладают комплексом высоких физико-механических характеристик, что позволяет применять их как конструкционный материал для постройки сооружений, эксплуатируемых в различных условиях [1]. Низкая художественная выразительность бетона вызывает необходимость отделки ограждающих конструкций. Отделку необходимо периодически обновлять, что проблематично в силу специфики эксплуатации плавсооружений. За счет улучшения декоративных свойств судостроительного бетона путем изменения его цветовой гаммы при обеспечении долговечности материала возможно увеличение конкурентоспособности железобетонных плавучих сооружений [2]. Мировой опыт производства декоративных бетонов показал, что наиболее качественными являются материалы с применением синтетических порошковых пигментов, благодаря которым возможно получение практически любых цветовых гамм.

Соответственно целью нашей работы являлось улучшение декоративных свойств судостроительного бетона путем изменения его цветовой гаммы за счет применения модифицирующих добавок и специальных порошковых пигментов.

Экспериментальные работы по подбору составов судостроительного бетона с модифицированными добавками и порошковыми пигментами проводились по плану [3] типа «треугольники на квадрате» с пятнадцатью опытными точками. В качестве смесевых факторов принят вид пигмента (v_1 – красный, v_2 – синий, v_3 – желтый). Применялись следующие синтетические порошковые неорганические пигменты производства компании Procter Johnson (Великобритания): пигмент железноокисный красный PJ130 - оксид железа Fe_2O_3 в форме гематит; пигмент железноокисный желтый PJ920 - моногидрат окиси железа (III) $FeO(OH)$ в форме гетита; пигмент синий PJ513 на основе оксидов

железа - содержит оксид железа, моногидрат окиси железа и карбонат кальция.

Независимыми факторами были приняты:

- X_4 общее количество пигмента от 5 до 25 кг/м³;

- X_5 количество портландцемента от 400 до 600 кг/м³.

Во все смеси вводился комплексный модификатор Пенетрон А (2% от массы цемента) + суперпластификатор С-3 (0.8% от массы цемента) [4]. Помимо 15-ти декоративных бетонов исследовались три контрольных состава судостроительного бетона без пигмента и с количеством сульфатостойкого портландцемента соответственно 400, 500 и 600 кг/м³.

Все смеси исследованных бетонов имели равную подвижность ($OK=16..18$ см), что достигалось изменением количества воды затворения. При увеличении количества цемента В/Ц смеси, естественно снижается, а при введении пигментов увеличивается. Анализ влияния вида пигмента на В/Ц показал, что синий и, в особенности, желтый пигмент (моногидрат окиси железа), как наименее плотный, имеют несколько более высокую водопотребность по сравнению с красным (оксид железа Fe_2O_3 в форме гематита).

В рамках исследований был построен комплекс экспериментально-статистических (ЭС) моделей [5,6], в том числе модель, отображающая влияние состава декоративного бетона на его прочность при сжатии. По данной модели построена диаграмма типа «треугольники на квадрате», показанная на рис.1. Как видно из диаграммы, прочность при сжатии исследованных бетонов находилась в пределах от 55 до 75 МПа, при этом на величину прочности влияет преимущественно количество портландцемента. При увеличении количества порошкового пигмента прочность несущественно снижается.

Однако характерна не только сама прочность судостроительных бетонов, а ее изменение при введении пигментов. За счет сравнения свойств декоративных судостроительных бетонов со свойствами аналогичных составов без пигментов был сделан вывод, что при введении до 15 кг пигмента прочность изменяется не более чем на 5%. Повышение количества пигмента до 25 кг/м³ снижает величину прочности бетона на 7-8%, что обусловлено повышением водопотребности смеси, соответственно бетоны с желтым пигментом имеют несколько меньшую прочность.

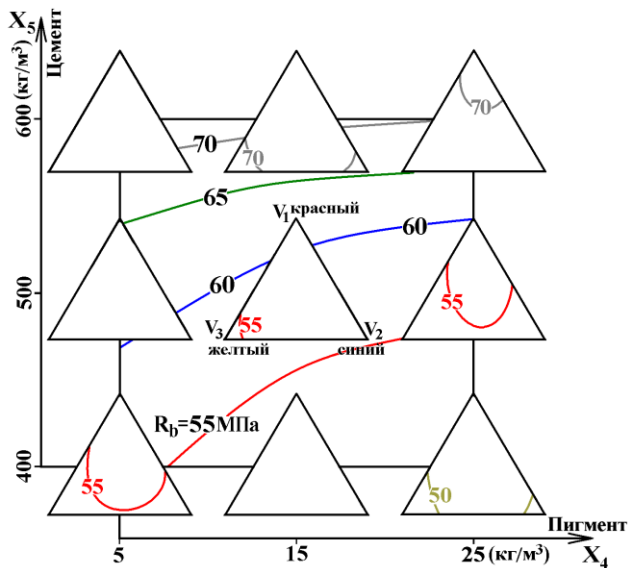


Рис. 1. Влияние варьируемых факторов состава декоративных судостроительных бетонов на их прочность при сжатии (МПа)

Для судостроительных бетонов одним из наиболее важных показателей качества, обеспечивающих долговечность и коррозионную стойкость, является водонепроницаемость. Как видно из построенной по соответствующей ЭС-модели диаграммы (рис.2.а), все исследованные декоративные судостроительные бетоны соответствуют требованиям Морского регистра и показали достаточно высокий уровень водонепроницаемости - от W10 до W16, что обусловлено введением в их состав комплексного модификатора Пенетрон А + С-3. Анализ индивидуального влияния пигментов на водонепроницаемость позволяет сказать, что наименьшие уровни W наблюдаются у составов с желтым красителем. Сравнение водонепроницаемости декоративных бетонов с контрольными показало, что независимо от вида пигмента при его количестве до 15 кг/м³ уровень W декоративных составов не ниже водонепроницаемости контрольных составов.

Одной из основных причин разрушения судостроительного бетона в процессе эксплуатации является действие попеременного замораживания и оттаивания. Все исследованные составы судостроительных бетонов имели достаточно высокий уровень морозостойкости – не ниже 350 циклов.

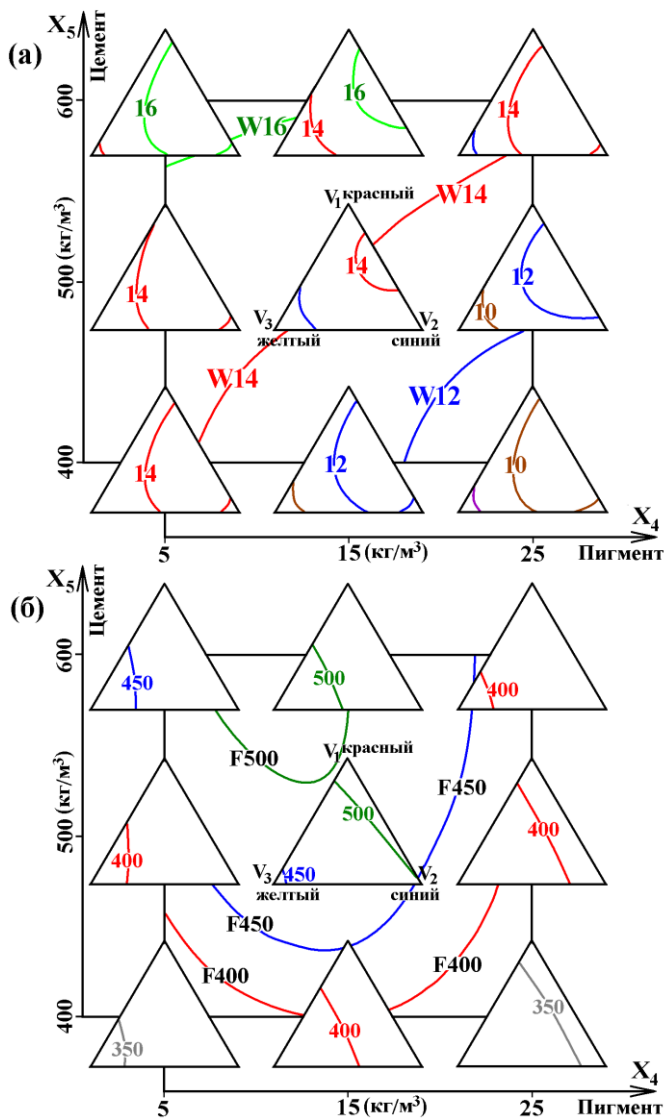


Рис.2. Влияние варьируемых факторов состава декоративных судостроительных бетонов на их водонепроницаемость (а) и морозостойкость (б)

Как видно из показанной на рис.2.б диаграммы на морозостойкость в наибольшей степени влияет количество сульфатостойкого портланд-

цемента. Влияние железистых пигментов на морозостойкость неоднозначно – при увеличении количества пигмента с 5 до 15 кг/м³ уровень F судостроительного бетона возрастает на величину до 50 циклов. Повышение количества красителя до 25 кг/м³ уже снижает морозостойкость бетона.

Конструкции плавучих железобетонных сооружений в процессе эксплуатации подвергаются различным динамическим и истирающим воздействиям, поэтому важными показателями качества для них также можно считать трещиностойкость, ударостойкость и истираемость бетона. Проведенные исследования показали, что ударостойкость декоративных судостроительных бетонов при варьировании состава изменялась в пределах от 7 до 8.5 Дж/см² и при введении пигментов несколько повышалась, что объясняется их влиянием на микроструктуру как наполнителей и как демпфирующих частиц. Введение 12..15 кг/м³ пигмента также увеличивает трещиностойкость декоративных бетонов и не влияет на их истираемость.

Анализ пористости цементных композитов показал, что за счет применения модификатора Пенетрон А + С-3 получены микропористые судостроительные бетоны с высокой однородностью пор. Введение порошковых пигментов-наполнителей позволяет дополнительно уменьшить средний размер пор на 15..20% и повысить однородность размера пор, хотя открытая пористость декоративных бетонов на 0.5-1% выше контрольных.

Для декоративных бетонов одним из наиболее важных показателей качества является цветовая гамма. Необходимо отметить, что ввиду невозможности использования белых цементов для судостроительных бетонов, цветовая гамма получаемых композитов на сером сульфатостойком цементе является более темной и более узкой. Для объективной оценки цвета бетона было произведено фотографирование всех образцов при одинаковом освещении, после чего был усреднен цвет материала. Для усредненного цвета были замерены характеристики цвета, анализ которого показал, что достаточная яркость цвета достигается при количестве пигмента от 15 кг/м³, при этом наиболее эффективны составы с одним пигментом и двухкомпонентные смеси с моногидратом окиси железа (желтым пигментом).

На основании проведенных исследований получено решение на выдан патента Украины на модифицированную декоративную бетонную смесь. Разработан и утвержден на Херсонском государственном заводе железобетонного судостроения «Регламент по технологии приготовления модифицированных декоративных судостроительных бетонов для

изготовления тонкостенных плавучих сооружений и композитных доков».

Выводы

Получен модифицированный декоративный судостроительный бетон для тонкостенных конструкций плавучих железобетонных сооружений с высокими показателями прочности (классы В35..45), водонепроницаемости (W12...16), морозостойкости ($F \geq 350$ циклов) и трещиностойкости ($K_{IC} \geq 0.5 \text{ МПа} \times \text{м}^{0.5}$). Результаты исследований прошли опытно-промышленную проверку и рекомендованы для производства.

SUMMARY

The possibility of obtaining shipbuilding decorative concrete with modifiers Penetron and S-3, and powdered iron oxide pigments, ensuring high strength, cold resistance, water resistance and corrosion resistance in seawater.

Литература

1. Мишутин А.В. Повышение долговечности бетонов морских железобетонных плавучих и стационарных сооружений / А.В.Мишутин, Н.В.Мишутин. – Одесса: Эвен, 2011. – 292 с.
2. Мишутин А.В. Применение декоративного бетона для сооружений, эксплуатируемых на море / А.В. Мишутин, С.Н. Петричко // Збірник наукових праць «Реставрація, реконструкція, урбоєкоргія RUR-2010», № 7-8. – Одеса: Optimum, 2010. – С. 249-252.
3. Вознесенский В.А. Численные методы решения строительнотехнологических задач на ЭВМ / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Б.Л. Огарков. – К.: Вища школа, 1989. – 327 с.
4. Патент № 19814, Україна, Бетонна суміш з добавками Пенетрон А + С-3 / Дорофєєв В.С., Мишутін А.В., Романов О.А. заявник і утримувач патенту ОДАБА, 2006 р.
5. Мишутин А.В. Исследование физико-механических характеристик декоративного судостроительного бетона / А.В. Мишутин, С.Н. Петричко // Пета Международна научна конференция Архитектура, строителство – съвременост, 8-10 юни 2011 г. – Варна: ВСУ «Черноризец Храбър», 2011. – С. 549-552.
6. Петричко С.Н. Прочностные характеристики декоративных судостроительных бетонов/ С.Н. Петричко // Вісник ОДАБА, Вип. 44. – Одеса: Зовнішнєкламсервіс, 2011. – С. 258-263.