

КУПРИЯШКИНА Л. И., ФИРSOVA Н. И., ЦЫГАНОВ Р. Н.

УСИЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ПРОПИТКИ

Аннотация. Рассмотрены возможности использования усиления строительных конструкций химическим методом – пропиткой композиционного материала солями натрия. Приведены результаты исследования влияния степени и крупности наполнителя на прочность цементного камня. Проведено сравнение различных методов пропитки наполненных цементных композитов. Дан анализ поляризационных кривых арматурной стали в фильтрате, полученном после выдерживания цементного камня в водном растворе фторида натрия.

Ключевые слова: прочность, цеолитсодержащие породы, модификация, крупность, наполнитель, усиление, пропитка, концентрация, фторид натрия, хлорид натрия, сульфат натрия.

KUPRYASHKINA L. I., FIRSOVA N. I., TSIGANOV R. N.

STRENGTHENING OF BUILDING STRUCTURES BY IMPREGNATION

Abstract. Strengthening of building structures by impregnation of the composite material with sodium salts is considered. The graphs showing dependences of the degree and size of the filler on the strength of cement stone are given. Different methods of impregnation of filled cement composites were compared. The analysis of the polarization curves of reinforcing steel in the filtrate obtained after holding the cement stone in an aqueous solution of sodium fluoride is provided.

Keywords: strength, zeolite-containing rocks, modification, size, filler, strengthening, impregnation, concentration, sodium fluoride, sodium chloride, sodium sulfate.

С увеличением жилищного фонда возрастает и потребность в его ремонте, модернизации и реконструкции. Одной из первостепенных задач реконструкции является усиление её несущих элементов. Основными факторами, способствующими разрушению строительных конструкций, являются газы, загрязняющие атмосферу, перепады температур, вода и водные растворы кислот и солей, опасные органические жидкости (нефтепродукты, масла) [1; 2]. Усиление может осуществляться механическим, физическим и химическим способами. К механическим способам относятся: увеличение сечения конструкции, устройство дополнительных связей, заключение в металлические обоймы; к физическим методам усиления – воздействие электрическим током, воздействие электромагнитными полями, температурное воздействие; к химическим способам – пропитка материалов конструкций, введение добавок, инъектирование и т.д. [3; 4]. Часто необходимо комбинировать и совмещать способы усиления, чтобы решить поставленную задачу.

Усиление строительных конструкций является важным мероприятием для увеличения их несущей способности и эксплуатационной долговечности. Также оно может снизить экономические затраты за счет уменьшения расхода материалов или замены дорогих материалов на более дешевые. Целью работы является изучение свойств наполненных цементных композитов с использованием местных сырьевых ресурсов и дальнейшей их модификации для улучшения эксплуатационных характеристик.

Для того, чтобы выявить эффект взаимодействия пропитки солями натрия с наполнителем цементных композитов проведено исследование с применением математического метода планирования. Было выявлено влияние таких факторов как степень наполнения, крупность наполнителя и концентрация пропитки с учетом различных анионов в растворах солей на прочность цементного камня.

В работе в качестве наполнителя использовалась цеолитсодержащая порода. Степень наполнения составляла 10, 20 и 30%; крупность наполнителя 0,315; 0,63; 1,25 мм. В качестве пропитки были взяты растворы фторида, хлорида и сульфата натрия с концентрацией 0,1; 0,5; 1; 1,5 мг/мл.

Применялось следующие методы пропитки: первый метод – пропитка готовых наполненных цементных композитов, второй метод – пропитка цеолитсодержащей породы с последующим использованием ее в качестве наполнителя в композите [5].

Для исследования свойств композитов был проведен двухфакторный план эксперимента, анализ результатов которого показал, что степень и крупность наполнителя с учетом концентрации пропитывающего раствора оказывают большое влияние на свойства цементного камня (рис. 1, 2).

Прочность образцов при степени наполнения 10%, крупности наполнителя 0,315 мм, пропитанных раствором сульфата натрия с концентрацией 1 мг/мл, составляет 62,84 МПа. При этом максимальная прочность контрольных образцов – 34,42 МПа. При увеличении степени наполнения до 30% и крупности до 1,25 мм прочность снижается до 28,96 МПа, а при уменьшении концентрации раствора соли до 0,5 мг/мл прочность составляет 14,39 МПа.

Прочность образцов при степени наполнения 10%, крупности 0,315 мм, пропитанных раствором фторида натрия с концентрацией 1 мг/мл, составляет 50,56 МПа. При увеличении степени наполнения до 30% и крупности до 1,25 мм прочность снижается до 23,29 МПа, а при уменьшении концентрации раствора соли до 0,1 мг/мл прочность составляет 18,46 МПа.

Прочность образцов при степени наполнения 10%, крупности 0,315 мм, пропитанных раствором хлорида натрия с концентрацией 0,1 мг/мл, составляет 52,61 МПа. При увеличении степени наполнения до 20% и крупности до 0,63 мм прочность снижается до

15,41 МПа, при увеличении степени наполнения до 30%, крупности фракции до 1,25 мм и концентрации раствора соли до 1,5 мг/мл прочность составляет 13,03 МПа.

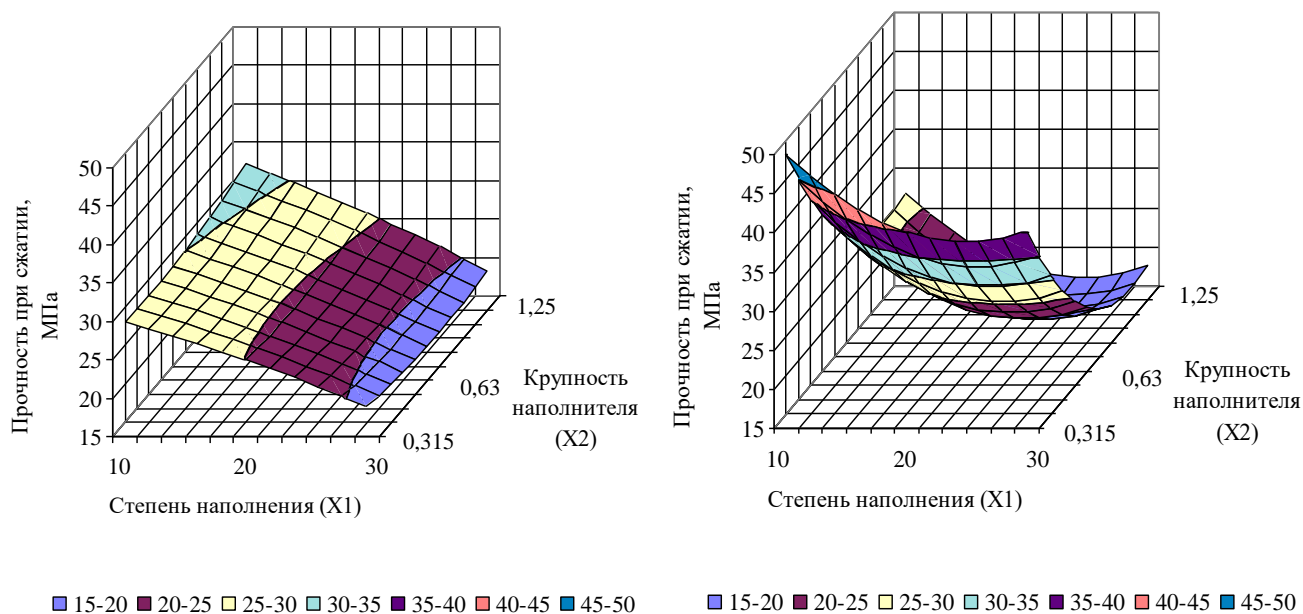


Рис.1. Влияние степени и крупности наполнителя на прочность цементных композитов:
а) без пропитки; б) пропитанные раствором хлорида натрия, $C=0,1$ мг/мл.

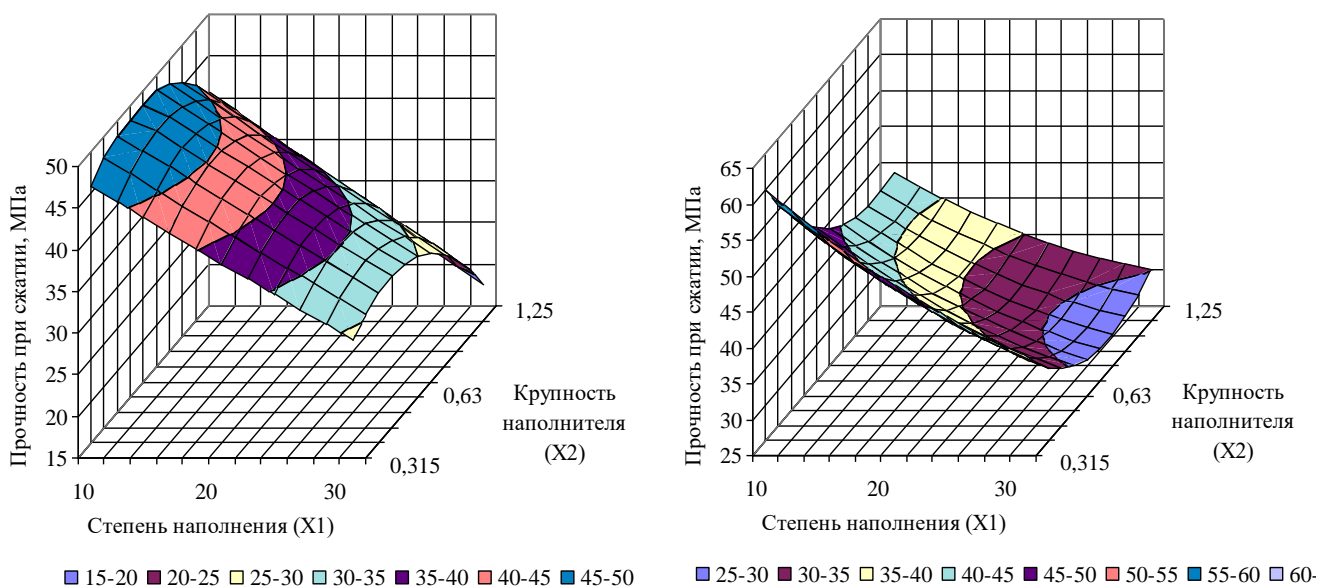


Рис.2. Влияние степени и крупности наполнителя на прочность цементных композитов:
а) пропитанные раствором фторида натрия, $C=0,1$ мг/мл;
б) пропитанные раствором сульфата натрия, $C=1$ мг/мл.

Разработанные наполненные цементные композиты позволяют проектировать конструкции с требуемым комплексом характеристик, позволяя при этом экономить до 30% вяжущего – цемента. Также возможно уменьшение диаметра рабочей арматуры на 1 – 2

номинальных значения, класса бетона и поперечного сечения элемента с учетом расчета по первой и второй группе предельного состояния.

Анодные поляризационные кривые снимали с электрода сталь–85 в фильтрате, полученном после выдержки в течение 6 – 7 дней цементных композитов с содержанием ЦСП (10, 20, 30%) в качестве наполнителя в растворе NaF различной концентрации (от 0,1 до 1,5 мг/мл). На рис. 3 представлены анодные поляризационные кривые (АПК) стали–85 в фильтрате после выдерживания композитов в растворе NaF с концентрацией 0,1 мг/мл.

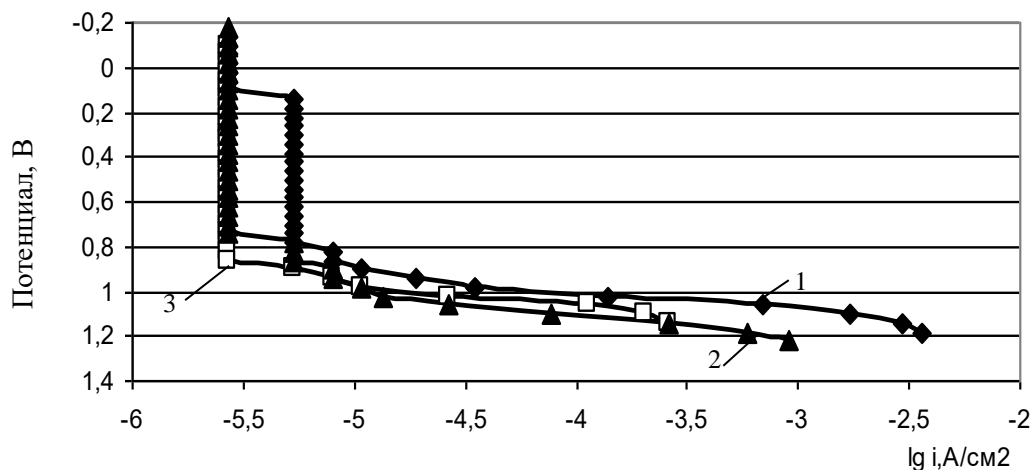


Рис. 3. Анодные поляризационные кривые стали–85 в фильтрате после выдерживания в растворе NaF с концентрацией 0,1 мг/мл цементных композитов, содержащих ЦСП в качестве наполнителя: 1 – 10%; 2 – 20%; 3 – 30%.

Из анализа АПК (рис. 3) следует, что при экспонировании арматурной стали в фильтрате, полученном после выдерживания цементного камня в водном растворе фторида натрия с содержанием ЦСП 20 и 30%, наблюдается аномальный участок анодной поляризационной кривой. Со смещением потенциала в положительном направлении происходит активация анодного процесса ($\varphi > 0,6$ в). Токи достигают значительных величин.

В целом, АПК показывают, что увеличение содержания ЦСП в композите улучшает электрохимические характеристики стали–85. Свидетельством является сдвиг потенциала свободной коррозии в положительную область. Наблюдается уменьшение токов растворения. Вероятно, ЦСП сорбирует фторид-ионы, с уменьшением концентрации которых в фильтрате ослабевает их агрессивное действие на сталь.

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

- согласно полученным экспериментальным данным оптимальная степень наполнения цементных композитов составляет 10%, увеличение степени наполнения приводит к снижению прочности, однако значения этого показателя выше, чем у контрольных образцов;

- в подавляющем большинстве случаев образцы с крупностью наполнителя 0,315 мм показывают максимальное значение прочности;
- при пропитке цементных композитов растворами фторида и хлорида натрия при увеличении концентрации солей прочность образцов снижается; наоборот, при пропитке раствором сульфата натрия при увеличении концентрации анионов прочность растет;
- интенсивное изменение концентрации анионов со временем наблюдается при пропитке раствором фторида натрия при степени наполнения 20%, следом идут сульфат и хлорид натрия;
- увеличение концентрации раствора фторида натрия приводит к более активной коррозии стали; увеличение степени наполнения композита повышает коррозионную стойкость;
- растворение стали идет медленно, со значительными пассивационными участками, при увеличении степени наполнения композита цеолитсодержащими породами;
- химический способ усиления конструкций, где в качестве наполнителя использовался цеолит, пропитанный растворами фторида, хлорида и сульфата натрия (второй метод), является менее эффективным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Москвин В.М., Иванов А.М., Алексеев С.Н. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. – М.: Стройиздат, 1980. – 533 с.
2. Седова А.А., Иванов В.М., Селяев В.П., Осипов А.К., Куприяшкина Л.И. Изучение процессов повреждения цементного камня растворами карбоновых кислот // Вестник Моск. ун-та. Сер.2, Химия. – 2014. – Т.55. – № 5. – С. 296-301.
3. Рахимбаев Ш.М. Процессы кольматации при химической коррозии цементных систем. Физическая модель // Бетон и железобетон. – 2013. – № 4. – С. 30-32
4. Селяев В.П., Неверов В.А., Куприяшкина Л.И. Влияние цеолитсодержащих наполнителей на прочность и пористость цементных композитов // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2014. – № 6. – С. 36-44.
5. Селяев В.П., Куприяшкина Л.И., Болдырев А.А. Свойства цементных композиций, наполненных цеолитсодержащими породами // Архитектурно-строительное материаловедение на рубеже веков: Материалы докладов Международной интернет-конференции. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2002. – С. 177-180.