

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИКАТОРОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТОВ

Донгань А.Д. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры), Шаршунов А.Б. (Институт гидротехники и мелиорации Академии аграрных наук Украины)

Приведены результаты анализа влияния двух групп факторов состава «Модификаторы» и «Минеральный каркас» эпоксидного композита на показатели его прочности и стойкости в воде.

Введение. Создание и внедрение эффективных композиционных материалов в строительство, а также использование их при ремонте и защите бетонных поверхностей существующих водохозяйственных сооружений является рациональным решением проблемы повышения их надежности и долговечности. К таким материалам относятся полимерсодержащие композиты, в том числе на эпоксидных смолах, сочетающие в себе целый комплекс положительных свойств. В строительстве сравнительно редко эпоксидные полимеры употребляются в чистом виде ввиду их хрупкости, склонности к старению, плохой растворимости или смачиваемости, горючести, сложности нанесения, дороговизны и т.п. Вследствие этого возникает необходимость их модифицирования.

В последнее время при гидроизоляции, ремонте и других строительных работах стали широко применяться полимерные материалы на пластифицированном эпоксидном вяжущем, в том числе по патенту Украины №112268. Предпосылками их использования, по сравнению с «бездобавочными» аналогами, является универсальность основных свойств: пониженная вязкость композиций, повышенная жизнеспособность, пониженная полимероемкость (за счет введения пластифицирующих добавок, не ухудшая при этом показателей прочности и долговечности), а главное – это широкая возможность их модификации, что позволило значительно разнообразить их свойства [1]. Но и такие высокоэффективные эпоксиднополимерные композиции, используемые в качестве защитных покрытий строительных конструкций, не всегда удовлетворяют требованиям

предъявляемых к защитно-конструкционным материалам, по надежности, долговечности и экономичности эксплуатируемых сооружений в целом.

В ОГАСА на кафедре ПАТСМ совместно с УкрНИИГМ в рамках программы «Ресурсосбережение» с использованием методов компьютерного материаловедения [2] были проведены специальные исследования по разработке эпоксидных полимеррастворов с повышенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами в водной среде (Патент Украины №5408).

Условия натурального эксперимента и результаты моделирования. Эксперимент по разработке и исследованию показателей прочности и долговечности полимерного композита проводился по 18-ти точечному четырехфакторному D-оптимальному плану [3]. Фиксированными компонентами полимерраствора были дозировки пластифицированной эпоксидной смолы – 100 м.ч. и отвердителя – 18 м.ч. Варьировались две группы факторов состава [4]: «Модификаторы полимерной матрицы» – фурфурол (Ф) на уровнях $X_1 = 5 \pm 5$ и тонкомолотый цеолит – $X_2 = 8 \pm 8$ м.ч.; «Минеральный каркас» – кварцевый песок $X_3 = 175 \pm 125$ и диабазовая мука $X_4 = 70 \pm 20$ м.ч. Нормализация варьируемых факторов состава композита $-1 \leq x_i \leq +1$ выполнена по типовой формуле: $x_i = (X_i - X_{oi})/\Delta X_i$.

Определялось ряд показателей эпоксиполимерного материала, в том числе, прочность на растяжение при изгибе воздушно-сухого (R_b , МПа) и водонасыщенного (R_{bw}) в возрасте 180 суток, а также стойкость полимерраствора в воде (K_w). Коэффициент водостойкости композита оценивался через показатель прочности (отношение прочности насыщенного материала к контрольной прочности $K_w = R_{bw}/R_b$), так как он выражает четкую связь механических и физико-химических свойств материала.

По значениям свойств эпоксидного композита для 18-ти составов по плану построены структурированные экспериментально-статистические модели (ЭС-модели), описывающие влияние двух групп факторов состава: органического и минерального модификаторов – x_1, x_2 ; кварцевого песка и диабазовой муки – x_3, x_4 на анализируемые свойства материала.

Анализ ЭС-модели описывающий влияние факторов состава на прочность при изгибе воздушно-сухого материала показывает, что при постоянном зерновом составе минерального каркаса за счет модификации полимерной матрицы R_b повышается (рис. 1а). Максимальная прочность $R_{b,max} \approx 55$ МПа достигается при высокой дозировке фурфурола ($X_1=10$ м.ч.) и при содержании тонкодисперсного

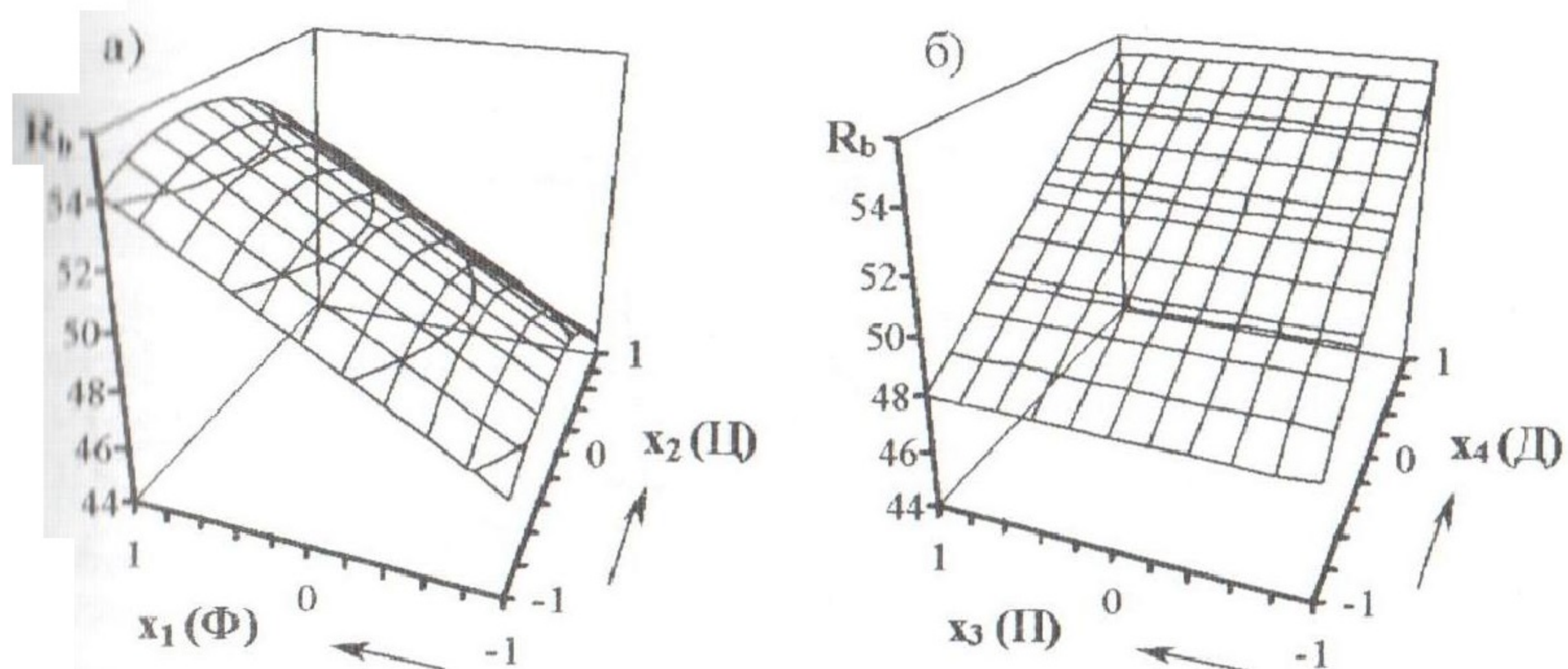


Рис. 1. Локальные поля прочности эпоксидного композита в воздушно-сухом состоянии (R_b , МПа) в нормализованных координатах: x_1 и x_2 при $x_3=x_4=0$ (а); x_3 и x_4 при $x_1=x_2=0$ (б)

цеолита на уровне $X_2 = 4$ м.ч.

Локальное поле прочности в координатах минерального каркаса x_3 и x_4 при содержании модификаторов на средних уровнях показаны на рис. 1б. Анализ диаграммы показывает, что увеличение доли диабазовой муки до уровня $X_4 = 90$ м.ч в композите приводит к резкому возрастанию прочности воздушно-сухого материала ($R_{b,max} \approx 55.2$ МПа, повышение количества кварцевого песка сказывается негативно. Негативное влияние кварцевого песка объясняется тем, что у поверхности наиболее крупных зерен образуются трещинки которые и способствуют разупрочнению структуры эпоксидного полимерраствора. Аналогичный эффект влияния кварцевого песка на прочность эпоксидного композита наблюдался в работе [5].

Зависимость прочности материала насыщенного водой (R_{bw}) и коэффициента стойкости (K_w) от рецептурных факторов проанализировано по ЭС-моделям и однофакторным зависимостям. Результаты их анализа показывают, что группы факторов (модификаторы и минеральные наполнители) по-разному влияют на анализируемые показатели качества. Первая группа оказывает положительное влияние на R_{bw} и K_w , а вторая – наоборот ухудшает качество материала при действии воды.

Так как прочность воздушно-сухого материала с увеличением содержания в его составе кварцевого песка понижается, интересно рассмотреть будет ли сохраняться тенденция такого влияние x_3 на прочность водонасыщенного материала, а также на его стойкость.

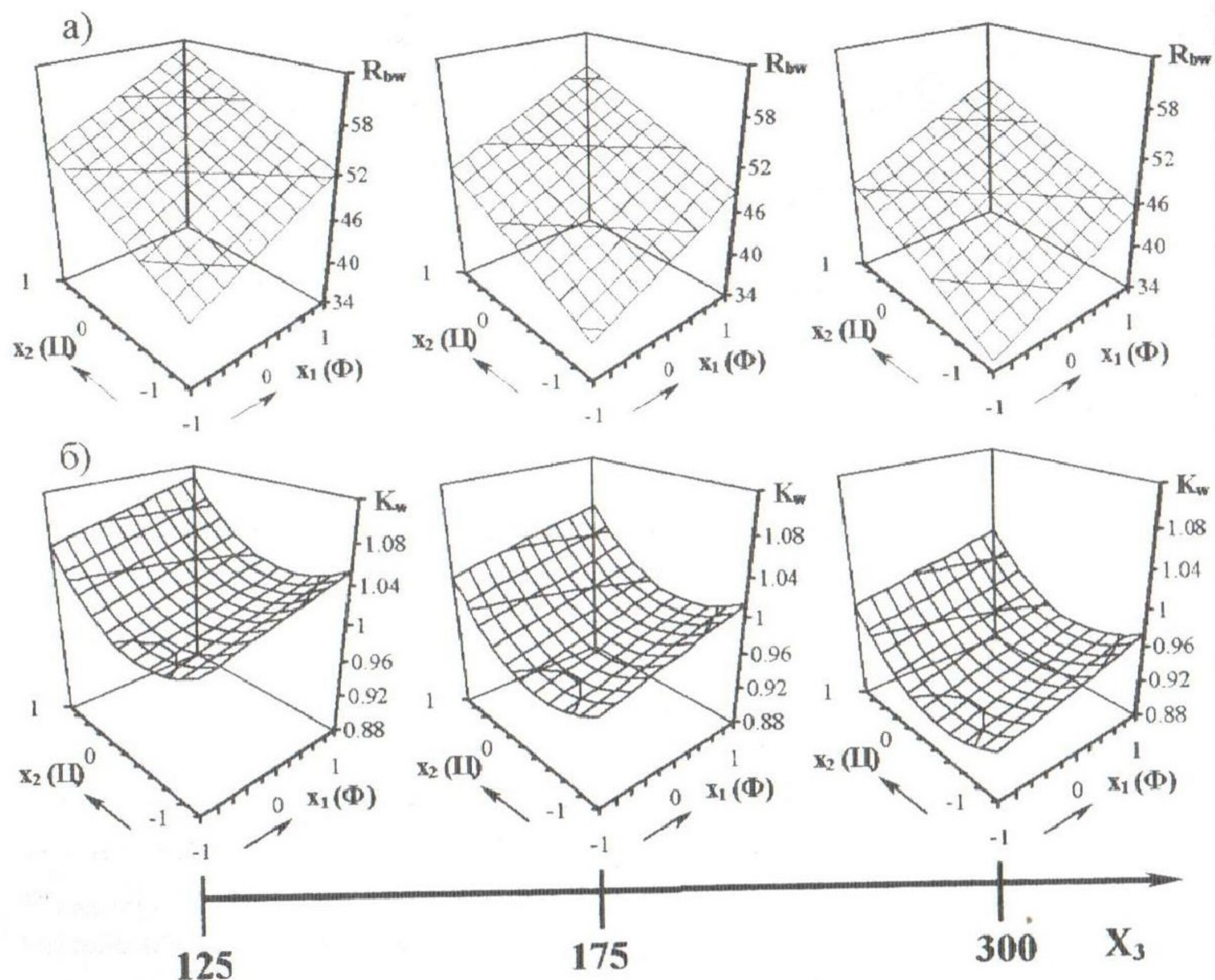


Рис. 2. Влияние количества кварцевого песка на прочность водонасыщенного композита – R_{bw} (а) и коэффициент водостойкости – K_w (б)

На рисунке 2а и б показаны двухфакторные диаграммы, в координатах модификаторов полимерной матрицы, для R_{bw} и K_w передвигающиеся вдоль шкалы в сторону повышения содержания кварцевого песка в материале при дозировке диабазовой муки на низком уровне ($x_4 = -1$). Анализ представленных диаграмм показывает, что постепенное увеличение количества кварцевого песка также сказывается негативно на R_{bw} и K_w . R_{bw} снижается на 12%, а $K_w \approx 5\%$ соответственно. Минимальную прочность при изгибе водонасыщенных полимеррастворов и стойкость его в воде, получаем при высоком содержании кварцевого песка ($X_3 = 300$ м.ч.), и отсутствии дозировок модифицирующих добавок $x_1 = x_2 = -1$ (рис. 2 – правая сторона диаграмм).

При максимальном содержании органического ($X_1 = 10$ м.ч.) и минерального ($X_2 = 16$ м.ч.) модификаторов, и минимальном кварцевого

песка ($X_3=50$ м.ч.) R_{bw} повышается на 32%, а $K_w \approx 11\%$ (рис. 2 – левая сторона диаграмм). Данный эффект воздействия фурфурола на показатели прочности и долговечности можно объяснить его двояким действием на структуру эпоксидного полимерраствора. С одной стороны роль фурфурола сводится к тому, что находясь в равномерно распределенном виде в эпоксидной смоле растворяет ее, то есть делает более мягкой усиливая тем самым связь с минеральным наполнителем, что приводит к созданию плотной и непроницаемой структуры, а с другой – препятствует химическому взаимодействию связующего и агрессивной среды не нарушая при этом сцепления смолы с наполнителем. Действие тонкомолотого цеолита на анализируемые показатели полимерраствора объясняется тем, что он выступает в роли «молекулярных сит» [5, 6] задерживающих проникновение агрессивной среды.

Выводы. Введение оптимальных добавок фурфурола и тонкодисперсного цеолита позволило получить эпоксидные композиты повышенной прочности и долговечности (коэффициент стойкости не менее 1). Наполнение полимеррастворов кварцевым песком целесообразно, только при его минимальных дозировках (50 м.ч.).

Литература:

1. Пахаренко В.А., Яковлева Р.А., Пахаренко А.В. Переработка полимерных композиционных материалов. – К.: Издательская компания «Воля», 2006. – 552с.
2. ЭС-модели в компьютерном материаловедении /В. Вознесенский, Т. Ляшенко // Материалы к 45-му международному семинару по моделированию и оптимизации композитов. – Одеса: «Астропринт», 2006. – 115с.
3. Таблицы планов эксперимента для факторных и полиномиальных моделей. Спр. изд./ Под ред. В.В. Налимова. – М.: Металлургия, 1982. – 752 с.
4. Довгань О.Д. Епоксидні полімерні розчини, модифіковані фурфуролом і цеолітом: Автореф. дис. к.т.н.: 05.23.05 / ОДАБА. – Одеса, 2005. – 21 с.
5. Соломатов В.И., Бобрышев А.Н., Химмлер К.Г. Полимерные композиционные материалы в строительстве / Под ред. В.И. Соломатова. – М.: Стройиздат, 1988. – 312 с.
6. ЭВМ и оптимизация композиционных материалов / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Я.П. Иванов, И.И. Николов. – К.: Будивельник, 1989. – 240 с.