

ВЛИЯНИЕ ИЗВЕСТИ НА СТРУКТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ

Шинкевич Е.С.¹, Бондаренко Г.Г.², Луцкий Е.С.¹,
Койчев А.А.¹, Доценко Ю.В.¹

(¹Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
²Николаевский строительный колледж)

В работе проведен анализ влияния количественного и качественного состава силикатобетонной смеси на ее водопотребность и подвижность. Приведено влияние различного вида извести на прочность силикатных материалов неавтоклавнового твердения.

Одной из эффективных ресурсосберегающих технологий является литьевая технология [1, 2, 3]. Широкое применение литьевой технологии в последнее десятилетие стало возможным благодаря интенсивному развитию производства и массовому применению высокоэффективных суперпластификаторов, которые позволяют существенно снизить водопотребность и улучшить удобоукладываемость смесей.

В отечественных исследованиях неоднократно отмечалась роль минеральных наполнителей, их содержания [4] и дисперсности [5] в формировании структуры и свойств материалов на основе минеральных вяжущих веществ. Однако, использование пористых добавок (трепелы, опоки и т.д.) при изготовлении изделий литьевым способом [6] ограничивалось повышением водопотребности смесей и, как результат, снижением морозостойкости изделий. Компенсировать повышенную водопотребность минеральных пористых добавок аморфной структуры возможно за счет проведения механохимической активации, позволяющей снизить вязкость смеси более чем на порядок [7], либо увеличить подвижность смесей [8, 9]. Эффект снижения эффективной вязкости на порядок использован для введения в состав вяжущего мягких пористых добавок с аморфной структурой (трепелы, опоки, диатомиты, цеолиты и т.д.), а также для проведения активации вяжущего совместно с мелкозернистым заполнителем.

Мелкозернистый заполнитель, подвергаясь активации, выступает в роли активного компонента сырьевой смеси. Аморфизированная

поверхность мелкозернистого заполнителя – это активная подложка, на которой формируются гидросиликаты [4]. Повышение активности поверхности заполнителя – это один из способов, который обеспечивает повышение прочности, морозостойкости и деформативности и, как результат, долговечности бетона [4, 10].

Этот прием обусловил некоторые технологические особенности получения силикатных неавтоклавных материалов [11, статья Шинкевич Е.С. в настоящем сборнике]. Возможность комплексной активации реализуется при изготовлении изделий из высокоподвижных и литых смесей [12, 13].

Исходный состав сырьевой смеси для силикатного бетона имеет следующие характеристики: известь (CaO не менее 81%) для первого эксперимента молотая негашеная и для второго эксперимента – гашеная; трепел, представляющий аморфный кремнезем, с тремя различными удельными поверхностями $S_{тр1}=300\text{м}^2/\text{кг}$, $S_{тр2}=425\text{м}^2/\text{кг}$, $S_{тр3}=500\text{м}^2/\text{кг}$, ($SiO_2 > 78,5\%$, $(Al_2O_3 + Fe_2O_3) > 12,5\%$, $(CaO + MgO) > 3,5\%$); кварцевый активированный песок ($SiO_2 > 93\%$, $(Al_2O_3 + Fe_2O_3) < 0,5\%$) молотый и немолотый с модулем крупности 1.1, который характеризуется площадью активной поверхности, образующейся при активации, и учитывается коэффициентом, характеризующим отношение активной к общей удельной поверхности (статья Шинкевич Е.С. в настоящем сборнике).

Выбор факторов в экспериментах осуществлен на основе выводов, полученных с учетом процессов гидратации известково-кремнеземистых систем (статья Шинкевич Е.С. в настоящем сборнике). Учитывая влияние степени активации поверхности зерен кварца (эмпирического коэффициента ψ) на скорость процесса образования гидросиликатов кальция на его поверхности и предусмотренную технологией, совместную активацию кремнеземистого компонента вяжущего и мелкозернистого кварцевого заполнителя, в каждом из шестифакторных экспериментах одновременно варьировалось содержание компонентов вяжущего и заполнителя (статья Шинкевич Е.С. в настоящем сборнике). Такое планирование эксперимента позволило оптимизировать состав вяжущего с учетом содержания заполнителя.

В первом эксперименте в качестве одного из компонентов вяжущего использована негашеная молотая известь, а во втором эксперименте – гашеная. Это позволило оценить влияние вида извести на структурно-технологические свойства силикатобетонной смеси и прочностные свойства силикатного материала неавтоклавного твердения.

Для анализа влияния состава вяжущего и силикатобетонной смеси на структурно-технологические и прочностные свойства силикатных неавтоклавных материалов спланированы два шестифакторных натуральных эксперимента, которые поставлены по одному и тому же плану типа “треугольники на кубе” – МТQ [14]. В обоих экспериментах варьировались одни и те же факторы, зафиксированные на одинаковых уровнях: удельная поверхность минеральной добавки: $S_1=350\text{м}^2/\text{кг}$ (v_1), $S_2=425\text{м}^2/\text{кг}$ (v_2), $S_3=500\text{м}^2/\text{кг}$ (v_3); содержание компонентов в известково-кремнеземистом вяжущем: извести – $I=X_4=(25\pm 5)\%$, активной минеральной добавки – МД= $X_5=(25\pm 5)\%$, а также содержание мелкозернистого заполнителя – МЗ= $X_6=(50\pm 10)\%$ от массы сухих компонентов силикатобетонной смеси. Оптимальное содержание добавки гипса и суперпластификатора С-3 было установлено в ходе предварительных экспериментов. Образцы твердели в условиях ТВО при $T=85^\circ\text{C}$ по режиму 2+10+10 час.

Закономерности связи свойств с составом описаны ЭС моделями, построенными по результатам натуральных экспериментов для конкретных источников сырья.

По результатам экспериментов анализировалось изменение водопотребности и подвижности силикатобетонной смеси, а также прочность силикатных материалов. Водопотребность характеризуется водотвердым отношением, а подвижность – осадкой стандартного конуса. Расход воды для приготовления силикатобетонной смеси на гашеной извести снижен по сравнению с негашеной с учетом химически связанной воды в процессе гидратации.

Изменение водотвердого отношения составов на негашеной и гашеной извести под влиянием исследуемых факторов описывается ЭС моделями (1) и (2) соответственно, а изменение осадки конуса негашеной и гашеной извести – ЭС моделями (3) и (4).

$$\ln B/\Gamma^{\text{не}} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1,247v_1 & +0,015 v_1 v_2 & +0,002 v_1 x_4 & +0,033 v_1 x_5 & -0,041 v_1 x_6 & \bullet & \bullet \\ \hline +1,223v_2 & +0,001 v_2 v_3 & -0,023 v_2 x_4 & +0,009 v_2 x_5 & -0,018 v_2 x_6 & +0,015 x^2_5 & -0,008 x_4 x_6 \\ \hline +1,252v_3 & \bullet & +0,010 v_3 x_4 & +0,023 v_3 x_5 & -0,034 v_3 x_6 & \bullet & -0,024 x_5 x_6 \\ \hline \end{array} \quad (1)$$

$$\ln B/\Gamma^{\text{г}} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1,224v_1 & -0,034 v_1 v_2 & \bullet & +0,016 v_1 x_4 & -0,025 v_1 x_6 & -0,009 x^2_4 & \bullet \\ \hline +1,21v_2 & -0,048 v_2 v_3 & -0,004 v_2 x_4 & +0,009 v_2 x_5 & -0,010 v_2 x_6 & +0,006 x^2_5 & -0,007 x_4 x_6 \\ \hline +1,22v_3 & \bullet & -0,009 v_3 x_4 & +0,012 v_3 x_5 & -0,028 v_3 x_6 & +0,013 x^2_6 & -0,016 x_5 x_6 \\ \hline \end{array} \quad (2)$$

$$\ln OK^{\text{не}} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 2,833v_1 & +0,429 v_1 v_2 & -0,047 v_1 x_4 & -0,115 v_1 x_5 & +0,128 v_1 x_6 & \bullet & -0,012 x_4 x_5 \\ \hline +2,959v_2 & -0,359 v_2 v_3 & \bullet & -0,032 v_2 x_5 & +0,041 v_2 x_6 & \bullet & +0,015 x_4 x_6 \\ \hline +2,928v_3 & \bullet & -0,033 v_3 x_4 & -0,062 v_3 x_5 & +0,051 v_3 x_6 & -0,035 x^2_6 & -0,031 x_5 x_6 \\ \hline \end{array} \quad (3)$$

$$\ln OK^{\text{г}} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 2,995v_1 & +0,179 v_1 v_2 & +0,026 v_1 x_4 & -0,019 v_1 x_5 & +0,085 v_1 x_6 & \bullet & \bullet \\ \hline +3,016v_2 & \bullet & \bullet & -0,042 v_2 x_5 & +0,038 v_2 x_6 & -0,036 x^2_5 & \bullet \\ \hline +3,013v_3 & -0,170 v_1 v_3 & +0,045 v_3 x_4 & -0,039 v_3 x_5 & +0,033 v_3 x_6 & \bullet & -0,014 x_5 x_6 \\ \hline \end{array} \quad (4)$$

Графическая интерпретация моделей для составов, содержащих минеральную добавку с удельной поверхностью $S_1=350\text{м}^2/\text{кг}$, построена с использованием с использованием 3D представления программного комплекса COMPEX версия 1.1 (автор Б.Л.Огарков) и представлена на рисунке 1.

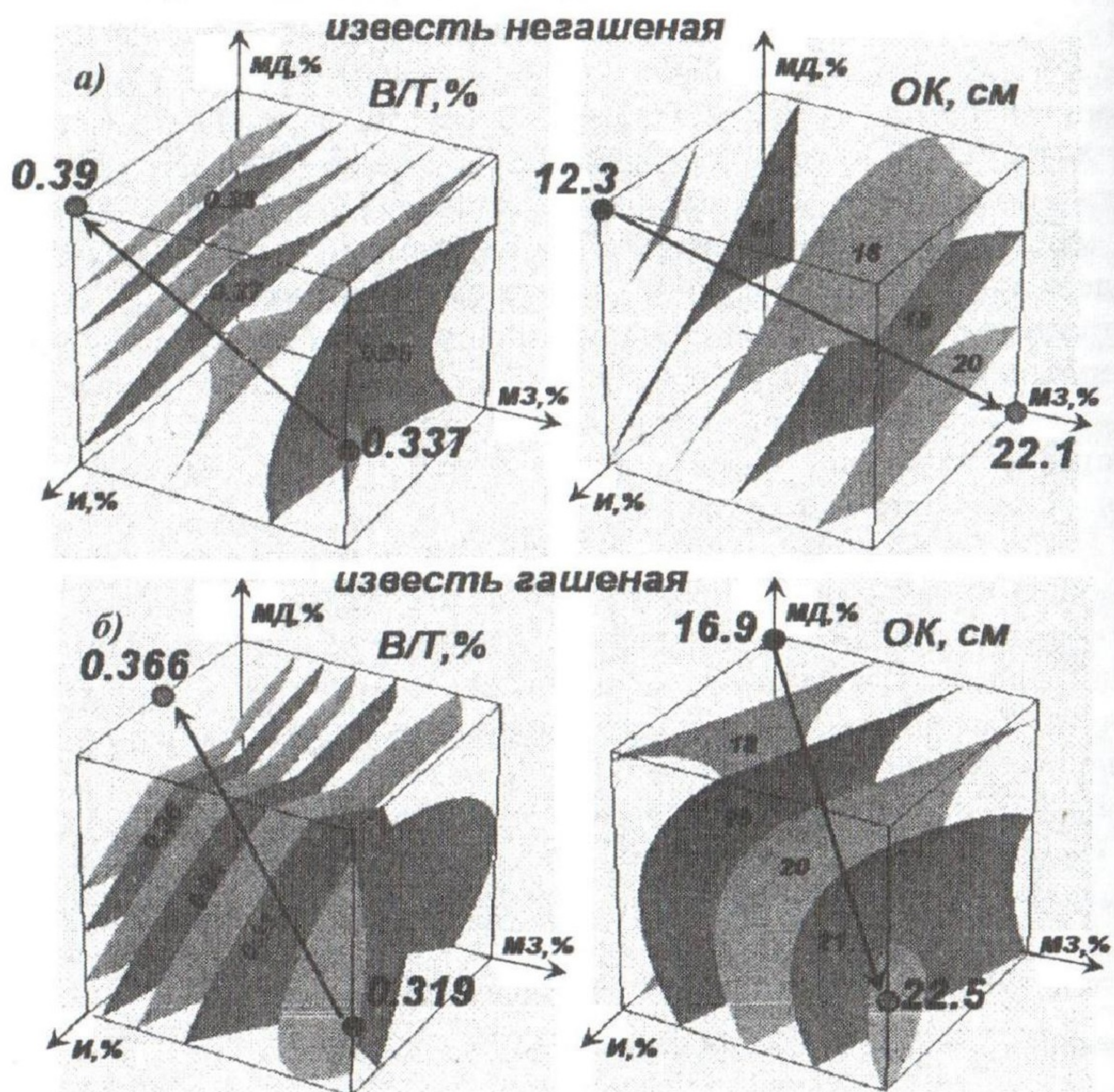


Рис. 1. Изменение водотвердого отношения и осадки конуса на не негашеной (а) и гашеной (б) извести, соответственно, под влиянием исследуемых факторов (удельная поверхность минеральной добавки $S_1=350\text{м}^2/\text{кг}$)

Осадка конуса под влиянием факторов состава изменяется от 12 до 22.5 см. Такие смеси относятся к высокоподвижным (ОК=12-15см) и литым (ОК>15см) с условным обозначением П-3. Направление градиента роста осадки конуса противоположно направлению градиента роста водотвердого отношения. Максимальные значения

осадки конуса обеспечиваются при минимальном водотвердом отношении, как на составах с гашеной и негашеной известью.

Механохимическая активация приводит к изменению технологических свойств как вяжущего, так и силикатобетонной мелкозернистой смеси. Использование активации обуславливает изменение ОК с 2-6 см до 12 и более см при одинаковых значениях В/Т.

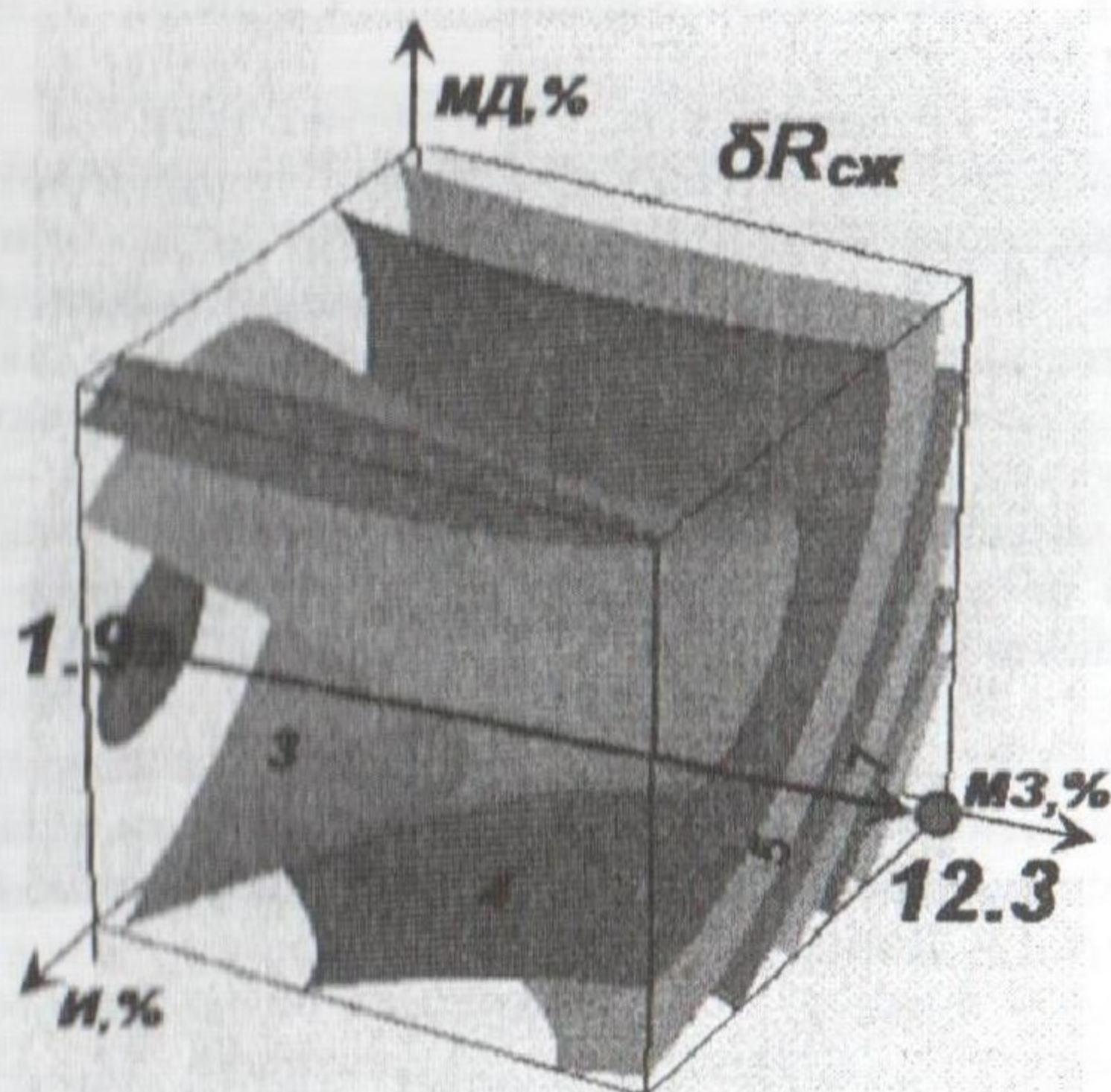


Рис. 2. Относительное изменение прочности при сжатии $\delta R_{сж} = R'''/R'$ под влиянием исследуемых факторов (удельная поверхность минеральной добавки $S_1 = 350 \text{ м}^2/\text{кг}$)

Относительное изменение прочности силикатных материалов на составах с негашеной и гашеной известью оценено по обобщающим показателям [15]. Обобщающий показатель $\delta R_{сж} = R_{сж}^{н\text{г}}/R_{сж}^{\text{г}}$ рассчитан во всех точках 6-ти факторного плана составляет. Относительное увеличение прочности за счет использования негашеной извести составляет $\delta R_{сж} = 1.9 \div 12.3$ раза (рис.2).

Таким образом, изменение осадки конуса смеси на негашеной и гашеной извести изменяется не более чем 12%, водотвердое отношение – не более чем на 5%, а относительное увеличение прочности при сжатии за счет применения негашеной извести превышает 12 раз.

Литература

1. Основы технологии производства шлаколитых изделий из шликера силикомарганца. / Большаков В.И., Бычков С.А., Неведомский В.А., Никифоров А.П., Щербак С.А. // Сб. науч. тр. ПГАСА. – Днепропетровск, 1998. – вып. 7. – С.188-190.
2. Дворкин Л.И., Кизима В.П. Эффективные литые бетоны. – Львов, 1986. – 144с.
3. Высокоподвижные и литые бетонные смеси в энергетическом строительстве / В.А. Дорф, Ю.А. Кардаш, Э.Г. Сорокин, К.Б. Фрейдин – М.: Информэнерго, 1988, – 52с.
4. Кривенко П.В., Румина Г.В., Нагайчук В.М. и др. Процессы структурообразования в контактной зоне «шлакопортландцемент – заполнитель». Цемент. № 11-12. – 1991. – С.64- 70.
5. Дорофеев В. С., Выровой В. Н. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций. – Одесса, 1998. – 168с.
6. Певзнер Э.Д., Демченко А.Я. Крупные силикатные блоки на негашеной извести // Сб. научных работ НИИСМ БССР. – 1957. – вып.5. – С.28-30.
7. Experimental-statistical modeling the effect of multi-fractional filler on rheological indices of compositions / Shinkevich E., Lyashenko T., Barabash I., Sherbina S., Voznesensky V. // Proc. of 5th European Rheol. Conf. –Ljubljana, 1996.– P.104-105.
8. Особенности применения суперпластификаторов в бетонных смесях для монолитного строительства // Пилипенко А.С., Щербина С.П., Пашина Л.Д., Рунова Р.Ф., Руденко Н.Н. // Міжв. наук.-техн. зб. наук. праць (Будівництво). – Київ, 2005. – книга 1. – Вип. 59. – С.394-401.
9. Mechanochemistry synthesis of new composite binder from secondary mineral resources / Pavlenko S.I., Aksenov A.V., Kozhemjako S.I., Vazhenov Yu.M., Dobretsov N.L., Lyahov N.Z., Avvakumov E.G. // Докл. 1-ой Всеросс. конф. по проблемам бетона и железобетона. – Москва, 2001. – книга 3. – С. 1247-1257.
10. Кривенко П.В., Пушкарьова К.К. Довговічність шлаколужного бетону. – К.: Будівельник, 1993. – 224с.
11. Анализ эколого-экономических и технологических аспектов ресурсосбережения в производстве модифицированных силикатных композитов / Шинкевич Е.С., Сидорова Н.В., Луцкий Е.С. и др. // Сб. тр. симпозиума "Межрегиональные проблемы экологической безопасности". – Сумы, 2003. – С.225-232.
12. Shinkevich, E., Lutskin, E., Gnyp, O., Koichev, A., Dotsenko, J., The influence of modification of the structure of silicate materials on their properties after non-autoclaved hardening // Proc. Int. Symp. "Brittle Matrix Composites 8". – Warsaw: Chembrige, 2006. – P.517-525.
13. Shinkevich E, Lutskin Y. The Influence of Structure Modification of Silicate Materials after Hardening in Non-autoclave Conditions on Their Coefficient of Heat Conductivity // Proceeding of International Conference "Alkali Activated Materials – Research, Production and Utilization". – Prague, 2007. – P. 621-635.
14. ЭВМ и оптимизация композиционных материалов // В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Я.П. Иванов, И.И. Николов. – К.: Будивельник, 1989. – 240с.
15. Ляшенко Т.В. Концепция полей свойств – методическая основа извлечения информации из ЭС-моделей в компьютерном материаловедении // Вісник ОДАБА. – Одеса, 2003. – Вип. 12. – С.171-179.