

**ОСОБЕННОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ  
СОСТАВОВ СИЛИКАТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ  
С МИНИРАЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ**

**Шинкевич Е. С., Сидорова Н. В., Луцкий Е. С.** (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

**Гнып О. П.** (ООО «Силикат», г. Одесса)

*Структурообразование – сложный, динамический процесс. При взаимодействии компонентов твердых фаз с кристаллической структурой химическому взаимодействию сопутствуют разнообразные физические и физико-химические процессы. В работе показана возможность управления свойствами силикатных композиций, в частности, повышение их трещиностойкости за счёт регулирования кинетики структурообразования на основе оптимизации рецептурно-технологических факторов.*

Формирование структуры и свойств композиционных строительных материалов (КСМ) осуществляется на каждом этапе технологического процесса при последовательном переходе от одной технологической операции к другой, как функция кинетического процесса структурообразования. Структурообразование – сложный, динамический процесс. Известно [1], что при взаимодействии компонентов твердых фаз с кристаллической структурой химическому взаимодействию неизбежно сопутствуют, а часто и предшествуют разнообразные физические и физико-химические процессы. Поэтому недостаточно описать кинетику структурообразования на стадии твердения превращениями и химическими взаимодействиями, свойственными только данному, заключительному этапу твердения.

Множество рецептурно-технологических факторов (РТФ): дисперсность и состав исходной смеси, способ приготовления, структура исходных веществ и продуктов реакции (в частности, соотношение фаз и дисперсность зародышей твердой фазы), а также скорость и последовательность их образования определяют пространственно-временные параметры структуры на каждом технологическом этапе и свойства КСМ. Целью исследования является управление свойствами си-

ликатных композиций за счет регулирования РТФ, скорости протекания процессов на стадии приготовления смесей, предварительной выдержки изделий и на этапе тепловлажностной обработки (ТВО), а также дисперсности и содержания минеральной добавки.

Оптимизация составов и регулирование кинетики процесса структурообразования в настоящем исследовании осуществляется на основе математического моделирования (Вознесенский В. А., Ляшенко Т. В.) и анализа процессов в последовательности «состав – технология – структура – свойства».

Эксперимент проводился по *D*-оптимальному 15-ти точечному трехфакторному плану. В эксперименте варьировались: содержание минеральной добавки в виде трепела  $X_1=(20\pm 5)\%$  и его дисперсность  $v_1=(300\pm 100)\text{м}^2/\text{кг}$ , а также длительность предварительной выдержки  $X_2=(12\pm 12)$  час. Интервалы варьирования рецептурно-технологических факторов для оценки роли ингредиентов смеси и влияния условий твердения назначались с учетом контрастности эксплуатационных показателей качества.

В качестве параметров выхода анализировались две группы критериев. В 1-ю группу включены технологические критерии: эффективная вязкость смеси, скорость и температура гидратации.

Во 2-ю группу вошли параметр механики разрушения и общестроительные критерии: коэффициент интенсивности напряжений  $K_{Ic}^3$ , который характеризуют трещиностойкость материала, прочность при сжатии  $R_{сж}$  и при изгибе  $R_{изг}$ , водопоглощение  $W_m$  и  $W_0$  и их кинетика, капиллярный подсос, плотность  $\rho_{ср}$  и  $\rho_{ист}$ , пористость  $\Pi_{общ}$ ,  $\Pi_{откр}$  и  $\Pi_3$ , а также коэффициенты насыщения пор водой и коэффициент размягчения.

На этапе предварительной выдержки, при отводе избыточной теплоты гидратации ( $T < 100^\circ\text{C}$ ) и соответствующей скорости перемешивания, оптимальных В/Т и дисперсности щелочного компонента могут быть созданы условия для гидратационного твердения извести [2]. Необходимым условием гидратационного твердения извести является незавершенность процесса гашения при заливке смеси в формы. В этом случае завершающий этап процесса гашения и начальный период гидратационного твердения протекает одновременно, а не последовательно, что способствует повышению прочностных характеристик изделий на основе известесодержащих вяжущих.

Как показали результаты экспериментов, приготовление вяжущего в скоростных смесителях позволяет регулировать скорость гидратации, обеспечивать необходимый температурный режим и высокую гомогенность смеси при низких В/Т отношениях ( $V/T = 0,33 \pm 0,38$ ), а также заливку в формы до окончания процесса гашения.

В данных условиях при определенных параметрах перемешивания происходит также трибохимическая активация смеси. Активация вызвана появлением на поверхности кремнеземистого компонента активных центров в виде дислокации поверхности и создания условий для мгновенных контактов трибохимических взаимодействий, что также способствует росту прочности композиций. Таким образом, в условиях гидродинамических воздействий существенное значение приобретает время и скорость процесса перемешивания. С одной стороны необходимо обеспечить активацию исходных компонентов смеси, с другой стороны необходимо ограничить период гашения смеси в смесителе. Регулировать кинетику физических и физико-химических процессов можно, изменяя дисперсность и содержание наполнителей либо минеральных добавок в ней [2, 3, 4],

После предварительного анализа расчетно-экспериментальных данных по диаграммам в виде треугольников на квадрате, трехфакторные экспериментально-статистические модели второго порядка интерпретированы в виде пирамидальных диаграмм, как частного случая при фиксированном значении  $X_1 = \text{const} = +1$ . То есть диаграммы построены при оптимальном содержании трепела  $X_1 = 25\% = \text{max}$  (в области факторного пространства) с учетом условия получения наиболее высоких эксплуатационных показателей качества.

На рисунке 1 представлены диаграммы изменения прочности при сжатии (а), прочности на растяжение при изгибе (б), коэффициента интенсивности напряжения  $K_{Ic}^3$  (в). Как видно из диаграмм, предварительная выдержка изделий (при оптимальной дисперсности трепела  $v_i = 300 \text{ м}^2/\text{кг}$  и  $X_1 = 1$ ) способствует повышению трещиностойкости более чем в 1,5 раза, прочности на растяжение при изгибе – в 1,25 раза. Увеличивается водостойкость с  $K_p^{\text{min}} = 0,8$  до  $K_p = 0,9$ , замедляется кинетика водопоглощения, снижается общее водопоглощение  $W_0 = 4 \div 5\%$  вместо  $7 \div 8\%$ . Прочность при сжатии достигает 18,5 МПа, а прирост ее  $\Delta R_{\text{сж}}$  составляет 15%.

Диаграммы, на которых выделены (не закрашены) области оптимальных свойств композиций одинакового состава без использова-

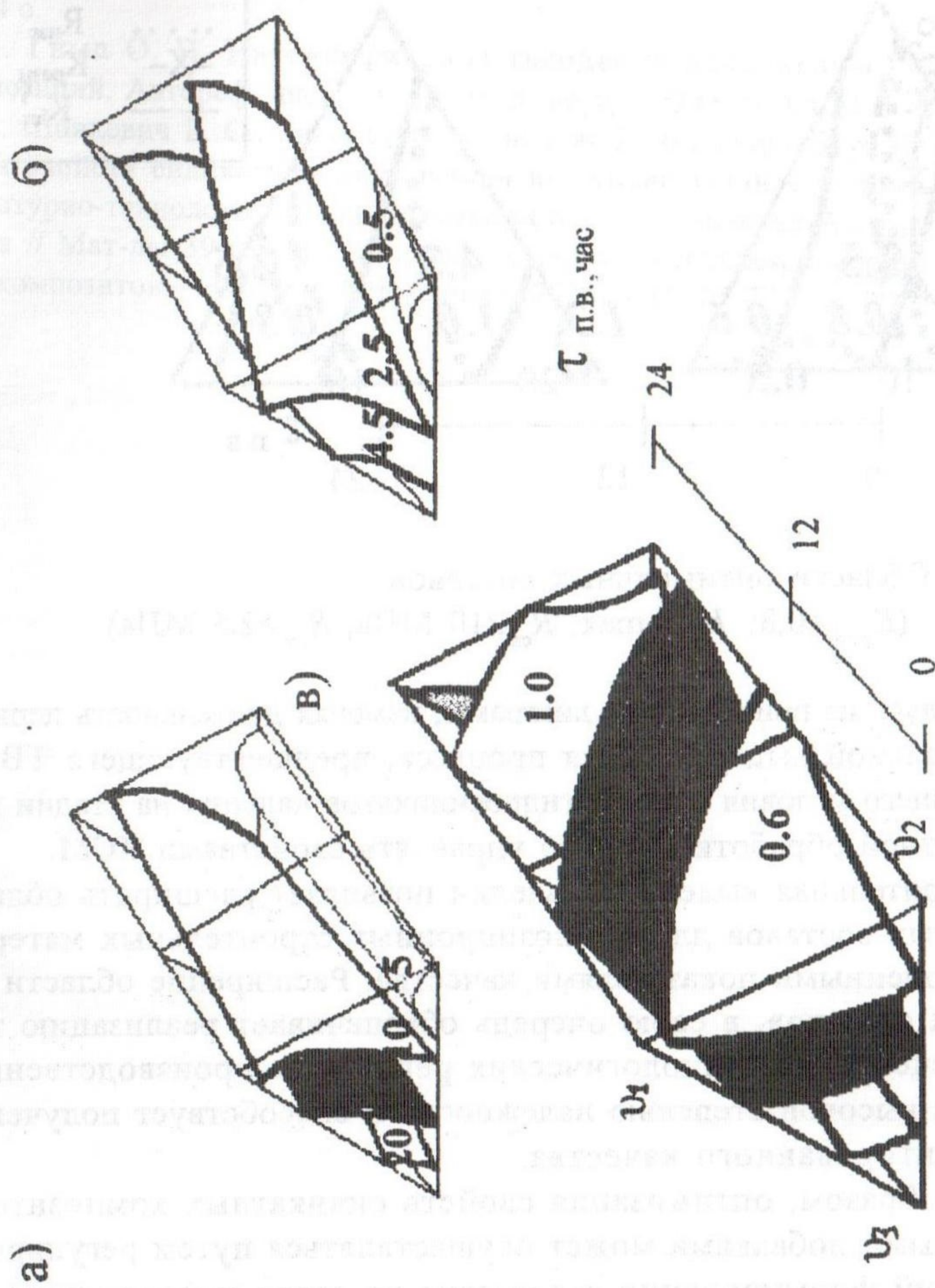


Рис. 1. Изменение свойств силикатных композиций под влиянием рецептурно-технологических факторов (в области варьирования)

ния предварительной выдержки (а) и с предварительной выдержкой изделий (б) приведены на рис. 2.

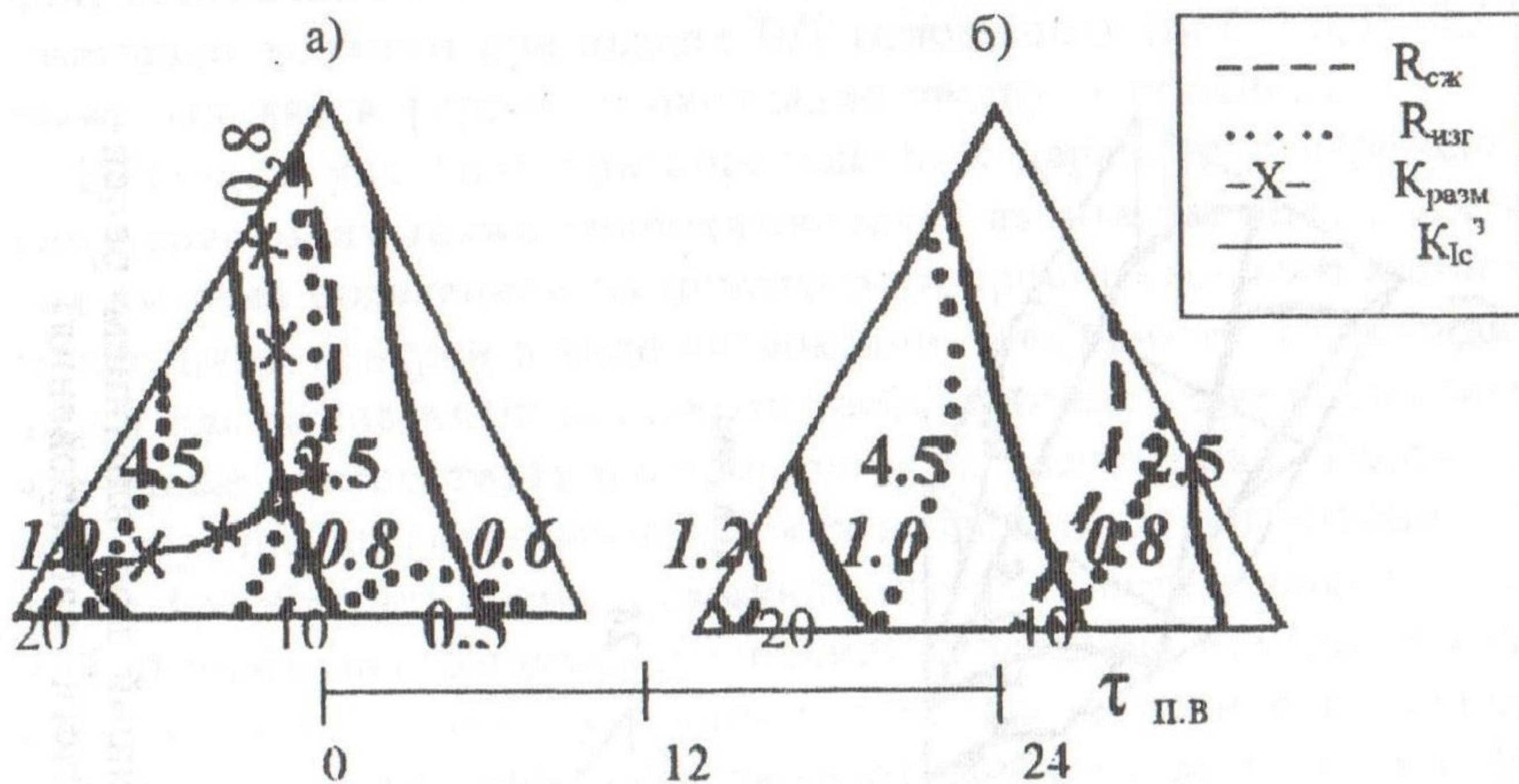


Рис. 2. Области оптимальных составов

$$(K_{разм} > 0,8; K_{Ic}^3 = \max; R_{сж} \geq 10 \text{ МПа}; R_{изг} > 2,5 \text{ МПа})$$

Как следует из приведенных диаграмм, изменяя длительность периода предварительной выдержки, как процесса, предшествующего ТВО и определяющего условия синтеза гидросиликатов кальция на стадии тепловлажностной обработки, можно управлять свойствами КСМ.

Предварительная выдержка изделия позволяет расширить область оптимальных составов для композиционных строительных материалов с улучшенными показателями качества. Расширение области оптимальных составов, в свою очередь обеспечивает реализацию требуемых рецептурно-технологических решений в производственных условиях с высокой степенью надежности и способствует получению КСМ гарантированного качества.

Таким образом, оптимизация свойств силикатных композитов с минеральными добавками может осуществляться путем регулирования условий формирования структуры на этапе предварительной выдержки дисперсностью и содержанием минеральной добавки.

Анализ взаимовлияния исследуемых процессов и их вклада в формирование структуры позволит прогнозировать надежность и долговечность КСМ.

## Литература

1. Будников П. П., Гистлинг А. М. Реакции в смесях твердых веществ. – М: 1971. – 486 с.
2. Осин Б. В. Негашеная известь, как новое вяжущее вещество. – М.: 1954. – 384 с.
3. Гнып О. П. Интенсификация твердения наполненных известковых композиций. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Одесса: ОГАСА, 1996. – 18 с.
4. Шинкевич Е. С., Гнып О. П., Сидорова Н. В., Купширчук К. Н. Оптимизация свойств силикатных композиций на основе анализа взаимосвязи между рецептурно-технологическими факторами и кинетикой структурообразования // Мат-лы 39-го междунаро. семинара по моделированию и оптимизации композитов. – Одесса: Астропринт, 2000. – С. 76–77.