

## ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА И КАЧЕСТВА НАПОЛНИТЕЛЯ НА ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ БЕТОННЫХ ПРИЗМ

Постернак С.А., Олейник Н.В., Постернак И.М. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Приводятся результаты экспериментальных исследований влияния количества и качества (дисперсности) минерального наполнителя на призмную прочность и начальный модуль упругости, определенные на образцах призмах выполненных из тяжелого бетона.

Регулирование процессами организации структуры композиционных строительных материалов (КСМ) на различных уровнях неоднородностей связано с изменением качественного и количественного составов минерального вяжущего. Организация микроструктуры как высококонцентрированной грубодисперсной системы сопровождается образованием дискретных структурных блоков; размер, форма и количество которых зависит от механизмов межчастичного контактирования. К наполнителям относят частички произвольных форм и поверхностной активности, размер которых не позволяет им создавать в окружающем вяжущем поля деформаций и напряжений и вызывает их участие в процессах организации структуры элементарных структурных элементов вяжущего (ЭСЭВ), то есть молекулярных или надмолекулярных структур способных взаимодействовать между собой с образованием материала, обладающего определенными свойствами [1...6].

Организация структуры КСМ, кроме химических и физико-химических явлений, включает в себя целый комплекс физико-механических процессов взаимодействия частиц цемента между собой с образованием дискретных блоков (кластеров). Минеральные наполнители участвуют в этих процессах в качестве одного из компонентов дисперсной фазы. Их степень влияния на организацию структурных агрегатов зависит от соотношения размеров частиц наполнителя ( $d_n$ ) и поверхностной активности ( $F_n$ ) к этим же характеристикам зерен цемента ( $d_c$ ;  $F_c$ ) [1...5, 9]. Можно выделить два характерных случая влияния наполнителей на общую организацию дисперсной системы:  $F_n \geq F_c$  и  $F_n < F_c$  (в частности при применении в качестве наполнителя молотого кварцевого песка) [1...3, 5]. Минимальные объемные деформации и более быстрое структурирование системы характерно, когда размер

кварцевого наполнителя больше размера зерен цемента ( $d_n/d_c=1$ ,  $d_n/d_c=3...5$ ,  $d_n/d_c=8...10$  при  $d_c=25$  мкм) [5]. Увеличение размера частиц наполнителя до  $d_n/d_c=3...9$  способствует упорядочению каждого структурного блока, более равномерному распределению продуктов новообразований, то есть образованию смешанных кластеров с расположением наполнителей по их поверхности [1, 2].

Наполнители, не содержащие химически активных компонентов (малоактивные минеральные наполнители), не вступают в химические реакции с составными элементами цементного вяжущего и водой затворения. Теоретической основой применения малоактивных наполнителей является тот факт, что частички цемента величиной более 40 – 60 мкм гидратируются незначительно даже по истечению нескольких лет твердения цементного камня и являются, по существу, его балластной составляющей, выполняя роль микронаполнителя. Поэтому значительная часть крупных зерен цемента может быть заменена, без большого ущерба для его качества, примерно такими же по размерам частицами малоактивных веществ. Содержание химически инертных наполнителей в составе цемента, кроме экономии дорогостоящего вяжущего, позволяет также несколько ускорить гидратацию клинкерных минералов, что частично восполняет недостаток цемента [7...9].

Для получения искомых результатов был выполнен эксперимент, состоящий из девяти опытов. В качестве переменных приняты дисперсность наполнителя ( $S_y = 200 \pm 100$  м<sup>2</sup>/кг) и количество наполнителя ( $H=10 \pm 2\%$ ) от массы вяжущего. Состав бетонной смеси на 1 м<sup>3</sup>: Ц=350кг; Щ=110кг; П=717кг; В=140кг.

В экспериментальных исследованиях в качестве вяжущего для бетона использовался портландцемент с удельной поверхностью около 300 м<sup>2</sup>/кг, приготовленный совместным помолом клинкера ЗАО «Одессацемент» и 4% от массы цемента двуводного гипса. Это вызвано избеганием влияния на экспериментальные данные различных наполнителей, которые добавляются на заводах при производстве цемента, учесть которые не представляется возможным. В качестве наполнителя применялся мелкий кварцевый песок, предварительно размолотый в шаровой мельнице до заданной удельной поверхности. Введение наполнителя непосредственно в состав бетонной смеси было выполнено в процессе ее приготовления. В качестве мелкого заполнителя для бетона опытных образцов использовался природный песок, предварительно промытый, просушенный и просеянный через сито 5мм. В качестве крупного заполнителя использовался щебень фракции 5 – 20мм, предварительно промытый, просушенный и просеянный.

Для определения разрушающих нагрузок и механических свойств бетона были изготовлены и испытаны 9 серий образцов: кубы (10x10x10см) и призмы (10x10x40см) по [10]. В результате проведенных испытаний были получены следующие средние характеристики: кубиковая прочность бетона ( $R$ ), призмная прочность бетона ( $R_b$ ), начальный модуль упругости ( $E_b$ ) и коэффициент  $K_{mт} = R_b/R$ , которые представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Основные характеристики бетона

№ опыта	H, %	$S_y$ , м <sup>2</sup> /кг	R, МПа	$R_b$ , МПа	$K_{mт}$ , %	$E_b \times 10^3$ , МПа
1	8	100	37,89	27,14	71,6	29,06
2		200	39,64	29,12	73,5	32,31
3		300	43,86	33,58	76,6	41,19
4	10	100	41,48	31,95	77,0	35,19
5		200	42,09	32,07	76,2	39,38
6		300	43,94	34,34	78,2	40,19
7	12	100	38,79	29,58	76,3	37,24
8		200	42,16	31,00	73,5	40,70
9		300	42,59	32,67	76,7	38,83

Опыты показали (рисунок 1.а), что при изменении количества наполнителя (H) от 8 до 10% происходит увеличение прочности при фиксированных дисперсностях (100,200 и 300 м<sup>2</sup>/кг) от 2,3% до 17,7%, а при изменении H от 10 до 12% происходит уменьшение прочности от 3,5 до 8%. Максимальные значения  $R_b$  достигаются при дисперсности  $S_y = 300$  м<sup>2</sup>/кг в пределах изменения H от 8 до 12%. На рисунке 1.б показано, что при фиксированных количествах наполнителя (8,10,12%) с увеличением дисперсности от 100 до 300 м<sup>2</sup>/кг происходит общее увеличение призмной прочности от 0,4% (для H=10% и изменении  $S_y$  от 100 до 200 м<sup>2</sup>/кг) до 15,3% (для H=8% и изменении  $S_y$  от 200 до 300 м<sup>2</sup>/кг). Максимальные значения  $R_b$  достигается при H=10% в пределах изменения  $S_y$  от 100 до 300 м<sup>2</sup>/кг. Различие между максимальным и минимальным значениями  $R_b$  достигает 1,27 раза.

Значения начального модуля упругости (рисунок 2.а), при фиксированных дисперсностях 100 и 200 м<sup>2</sup>/кг и изменении H от 8 до 12%, увеличивается (имея общий характер) от 3,4% до 21,9%, а при дисперсности 300 м<sup>2</sup>/кг  $E_b$  незначительно уменьшается (2 - 4%). Максимальные значения  $E_b$  достигаются при дисперсности 300 м<sup>2</sup>/кг в пределах изменения H от 8 до 12% и дисперсности 200 м<sup>2</sup>/кг в пределах изменения H от 10 до 12%. На рисунке 2.б показано, что при фиксированных коли-

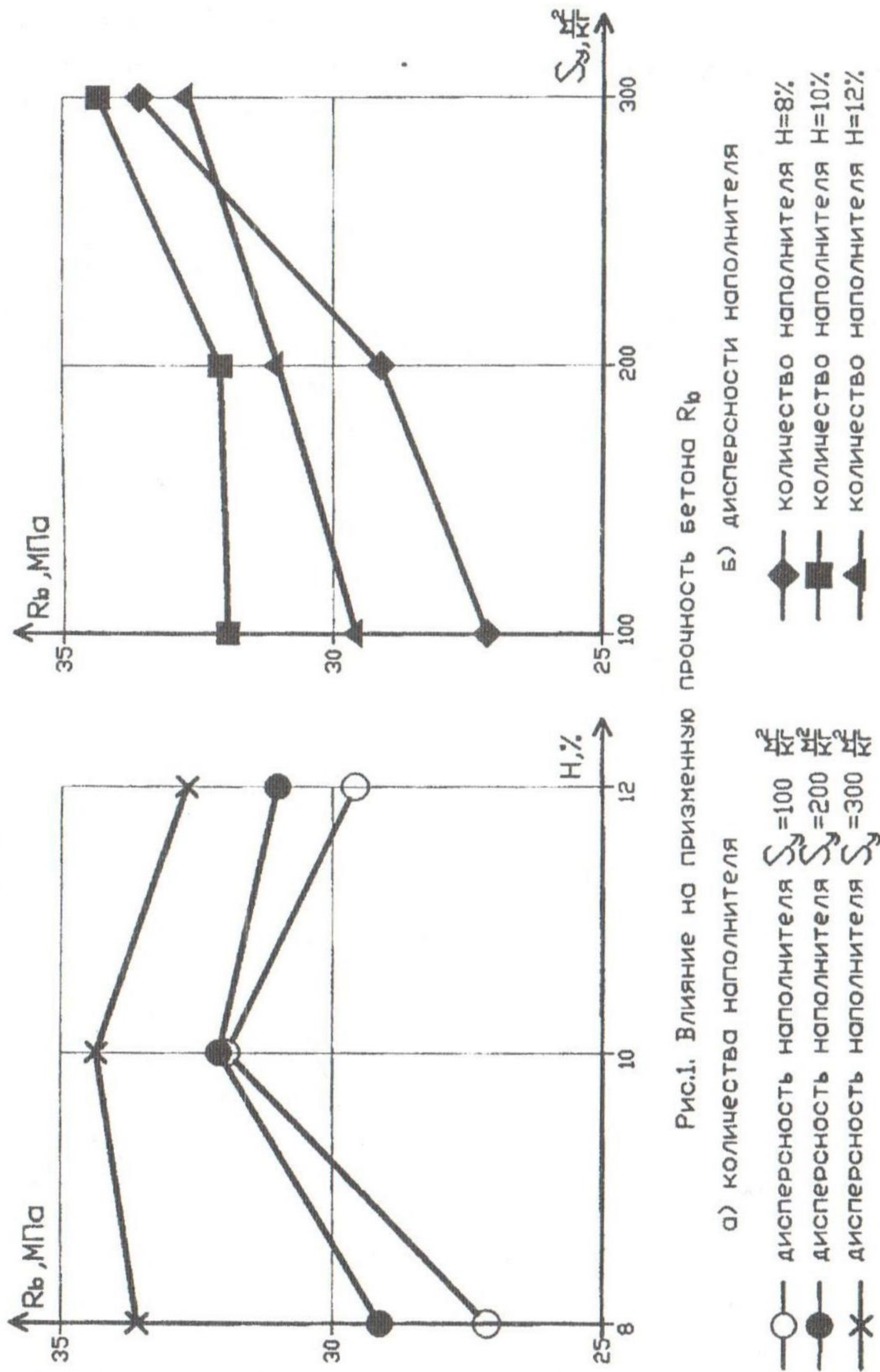


Рис.1. Влияние на призмную прочность бетона  $R_b$

- а) количества наполнителя
  - дисперсность наполнителя  $S_d = 100 \text{ кг/м}^3$
  - дисперсность наполнителя  $S_d = 200 \text{ кг/м}^3$
  - × дисперсность наполнителя  $S_d = 300 \text{ кг/м}^3$
- б) дисперсности наполнителя
  - ◆ количество наполнителя  $H = 8\%$
  - количество наполнителя  $H = 10\%$
  - ▲ количество наполнителя  $H = 12\%$

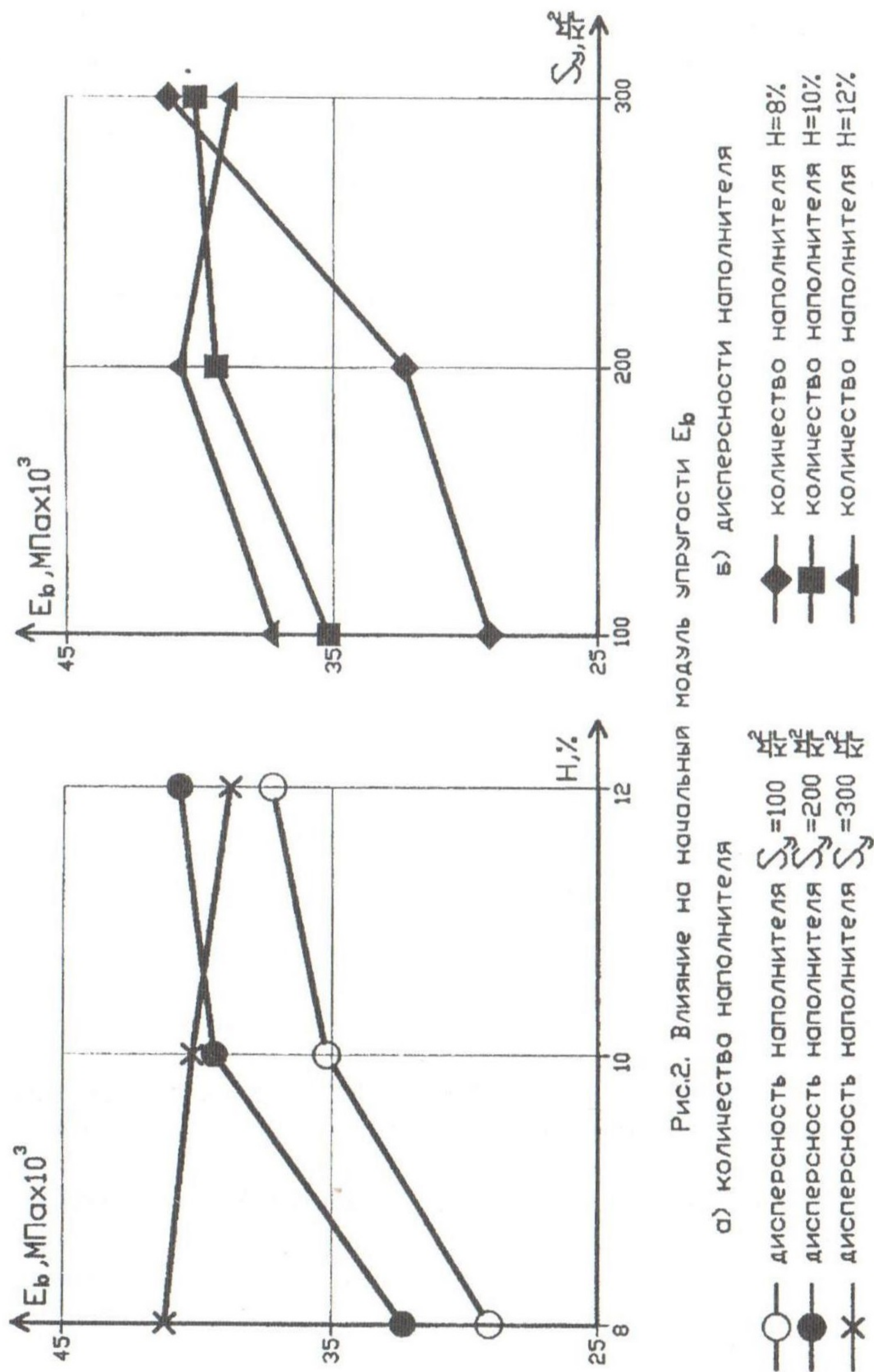


Рис.2. Влияние на начальный модуль упругости  $E_b$

чествах наполнителя (8,10,12%) с увеличением дисперсности от 100 до 200 м<sup>2</sup>/кг  $E_b$  увеличивается (имея общий характер) от 9,3 до 11,9%. При изменении  $S_y$  от 200 до 300 м<sup>2</sup>/кг и  $H=8\%$   $E_b$  максимально увеличивается на 27,5%, а при  $H=10$  и 12% происходит небольшое увеличение  $E_b$  на 2,1% и уменьшение на 4,8% соответственно. Максимальные значения  $E_b$  достигается при  $H=8\%$  и  $S_y=300$  м<sup>2</sup>/кг, а также при  $H=10$  и 12% и изменении  $S_y$  от 200 до 300 м<sup>2</sup>/кг. Различие между максимальным и минимальным значениями  $E_b$  достигает 1,42 раза.

Анализ полученных зависимостей показывает, что на изменения  $R_b$  и  $E_b$  оказывает влияние, как количество, так и качество (дисперсность) кварцевых наполнителей. Применение наполнителей дает возможность изменять модуль упругости в достаточно широких пределах, что позволяет более полно использовать потенциальные свойства бетонов. Проведенный анализ показал, что минеральные наполнители являются эффективным методом управления структурообразованием микроструктуры КСМ и структуры на уровне неоднородности «растворная часть – заполнители».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дорофеев В.С., Выровой В.Н. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций: Монография. – О.: Город мастеров, 1998. – 168с.
2. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости / В.И. Соломатов, В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, А. В. Сиренко. - К.: Будивэльник, 1991. – 144 с.
3. Дорофеев В.С., Выровой В.Н., Соломатов В.И. Пути снижения материалоемкости строительных материалов и конструкций: Учебное пособие. – К.: УМК ВО, 1989. – 79 с.
4. Современные методы оптимизации композиционных материалов / Вознесенский В.А., Выровой В.Н., Керш В.Я. и др.; Под ред. Вознесенского В.А. - К.: Будивэльник, 1983. – 144с.
5. Выровой В.Н., Дорофеев В.С. Методические рекомендации. Материалоемкость строительных конструкций. – Одесса: ОИСИ, 1990г. – 70с.
6. Соломатов В.И., Выровой В.Н., Дорофеев В.С. Методические рекомендации. Основы композиционных строительных материалов. – Харьков: ХИИГХ, 1990г. – 52с.
7. Бутт Ю.М., Огороков С.Д., Сычев М.М., Тимашев В.В. Технология вяжущих веществ. – М.: Высшая школа, 1965, - 619с.
8. Соломатов В.И., Выровой В.Н., Литвяк В.И. Наполненные цементы и перспективы их применения на предприятиях стройиндустрии Молдавской ССР. – Кишинев: МолдНИИНТИ, 1986, - 67с.
9. Коробко О.А. Повышение трещиностойкости цементных композиций для ремонта строительных конструкций: Дис... канд. техн. наук: 05.23.05. – Одесса, 2002. – 174с.
10. Л.Б. Гержула, А.Э. Лопатто, В.Ф. Майборода. Железобетонные конструкции. Лабораторные работы: Учебное пособие. – К.: Вища школа, 1992. – 110с.