

УДК 624.012.45

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИСПЕРСНОСТИ И КОЛИЧЕСТВА МИНЕРАЛЬНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ НА МОДУЛЬ ДЕФОРМАЦИЙ БЕТОНА ПУТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ «СМЕСИ, ТЕХНОЛОГИЯ – СВОЙСТВА»

Олейник Н.В., Бичев И.К. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Приводятся результаты экспериментально–теоретических исследований влияния структурных факторов (количества и дисперсности минерального наполнителя) на изменение модуля деформаций бетона путем моделирования систем «смеси, технология – свойства».

Повышение эффективности бетонных и железобетонных изделий и конструкций связано с реализацией потенциальных возможностей бетона как сложноорганизованного композиционного материала. Регулирование процессами организации структуры композиционных строительных материалов (КСМ) на различных уровнях неоднородностей связано с изменением качественного и количественного составов минерального вяжущего. В соответствии с полиструктурной теорией, бетоны на минеральных вяжущих представляются полиструктурными, то есть составленными из многих структур, переходящих и проникающих одна в другую по принципу "структура в структуре", следовательно установлена полиструктурность бетона.

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.

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. Наполнители, взаимодействуя с фронтом движущейся трещины, сдерживают ее рост в материале, что сказывается на механизме разрушения бетонов под действием внешних нагрузок и эксплуатационных сред.

С целью определения влияния количества и дисперсности минерального наполнителя на изменение модуля деформаций бетона был проведен эксперимент, состоящий из девяти опытов. В качестве переменных приняты дисперсность наполнителя ($S_v = 200 \pm 100 \text{ м}^2/\text{кг}$) и количество наполнителя ($H = 10 \pm 2\%$) от массы вяжущего. Состав бетонной смеси на 1 м^3 : Ц = 350 кг; Щ = 110 кг; П = 717 кг; В = 140 кг.

В экспериментальных исследованиях в качестве вяжущего для бетона использовался портландцемент с удельной поверхностью около $300 \text{ м}^2/\text{кг}$, 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 5 мм. В качестве крупного заполнителя использовался щебень фракции 5–20 мм, предварительно промытый, просушенный и просеянный.

Для определения разрушающих нагрузок, механических и деформационных свойств бетона были изготовлены и испытаны 9 серий образцов: кубы (10x10x10см) и призмы (10x10x40см). В результате испытаний призм были получены следующие данные:

Модуль деформаций бетона

Номер опыта	H, %	S _y , м ² /кг	E' _b × 10 ³ , МПа		
			σ = 8 МПа	σ = 16 МПа	σ = 24 МПа
1	8	100	25,24	24,36	21,44
2	8	200	29,52	27,97	21,89
3	8	300	22,64	21,44	20,52
4	10	100	29,54	24,63	23,59
5	10	200	31,8	29,24	26,0
6	10	300	34,79	26,82	23,2
7	12	100	26,17	21,34	16,19
8	12	200	23,16	18,37	17,28
9	12	300	29,15	24,81	20,57

В натурном эксперименте варьировались следующие факторы состава: количество наполнителя $X_1 = 8 \pm 2\%$ и его дисперсность $X_2 = 200 \pm 100 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Ниже приведен комплекс экспериментально-статистических моделей, описывающих влияние дисперсности и количества наполнителя на модули деформаций бетона (ГПа) при разных значениях σ – 8, 16 и 24 МПа [4].

Значение модуля деформаций при $\sigma = 8$ ($S_{\sigma} = 2$ ГПа) описывает модель:

$$E'_{b \sigma=8} = 32,04 - 6,06 x_1^2 + 1,40 x_1 x_2 \quad (1)$$

Данная модель имеет максимум $E'_{b \max. \sigma=8 \text{ МПа}} = 32,12$ ГПа в точке с координатами $x_1 = 0,12 x_2 = 1$ и минимум $E'_{b \min. \sigma=8 \text{ МПа}} = 24,59$ ГПа в точке с координатами $x_1 = 1, x_2 = -1$.

Значение модуля деформаций при $\sigma = 16$ ($S_{\sigma} = 2$ ГПа) описывает модель:

$$E'_{b \sigma=16} = 26,90 - 1,54 x_1 - 3,85 x_1^2 + 1,60 x_1 x_2 \quad (2)$$

Модель (2) имеет максимум $E'_{b \max. \sigma=16 \text{ МПа}} = 27,54$ ГПа в точке с координатами $x_1 = -0,408 x_2 = -1$ и минимум $E'_{b \min. \sigma=16 \text{ МПа}} = 19,91$ ГПа в точке с координатами $x_1 = 1, x_2 = -1$.

Значение модуля деформаций при $\sigma = 24$ МПа ($S_{\sigma} = 0,9$ ГПа) описывает модель:

$$E'_{b, \sigma=24} = 24,26 - 1,64x_1 - 4,61x_1^2 + 1,33x_1x_2 + 0,51x_1 \quad (3)$$

Модель (3) имеет максимум $E_{b, \max, \sigma=24} \text{ МПа} = 24,78 \text{ ГПа}$ в точке с координатами $x_1 = -0,034x_2 = 1$ и минимум $E_{b, \min, \sigma=24} \text{ МПа} = 16,18 \text{ ГПа}$ в точке с координатами $x_1 = 1, x_2 = -1$.

На рисунке 1 показаны диаграммы однофакторных зависимостей, проходящих через точки экстремумов, и построенные соответственно по моделям (1) – рис. 3.20, а, (2) – рис. 3.20, б и (3) – рис. 1, с.

Как видно из диаграмм, влияние варьируемых в натурном эксперименте факторов состава – количества и дисперсности наполнителя – на модуль деформаций бетона при разных значениях σ сходно. Так увеличение дозировки наполнителя от минимального значения до 9 – 10% увеличивает значения анализируемых показателей модуля деформаций для трех значений σ . Дальнейшее же увеличение значения данного фактора снижает показатели модуля деформаций.

Изменение дисперсности наполнителя оказывает меньшее влияние на величину модуля деформаций для всех трех состояний.

Данный вывод позволяет сделать анализ рангов влияния факторов для трех значений σ . В целом, увеличение дисперсности наполнителя от 100 до 300 м²/кг увеличивает деформативность в зоне минимальных значений и практически не сказывается в зоне наиболее деформативных композитов. Аналогичные выводы можно сделать и по рис. 2, где представлены диаграммы в виде квадратов, также построенные по моделям (3) – рис. 2, а, (4) – рис. 3.21, б и (5) – рис. 2, с.

Максимальных значений модуля деформаций для всех σ материал достигает при средней дозировке наполнителя (10%), а дисперсность наполнителя играет незначительную роль.

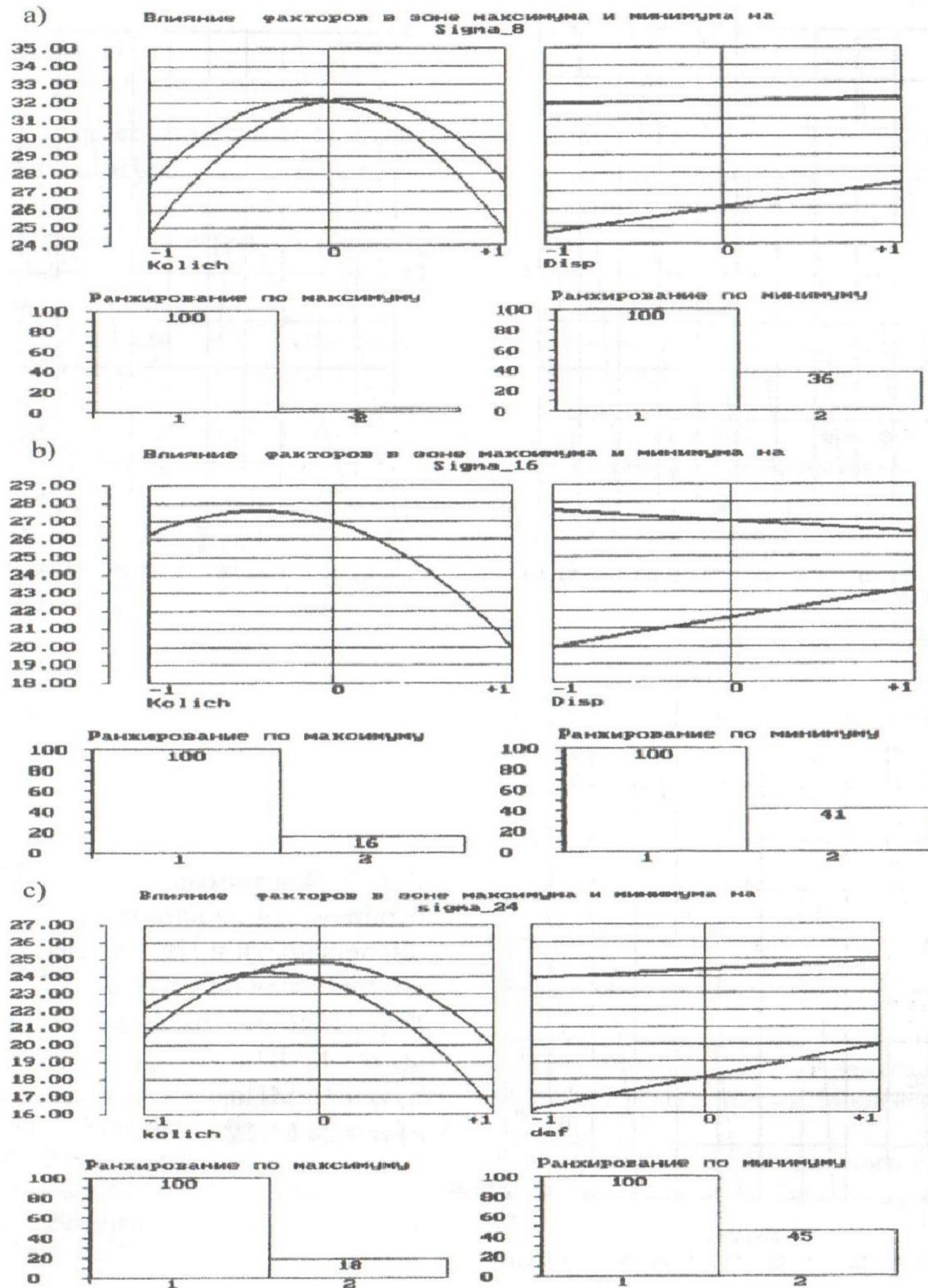


Рис. 1. Диаграммы, проходящие через экстремальные точки, и отображающие влияние качества и количества наполнителя на модуль деформаций бетона при $\sigma = 8$ МПа (а), $\sigma = 16$ МПа (б) и $\sigma = 24$ МПа (в).

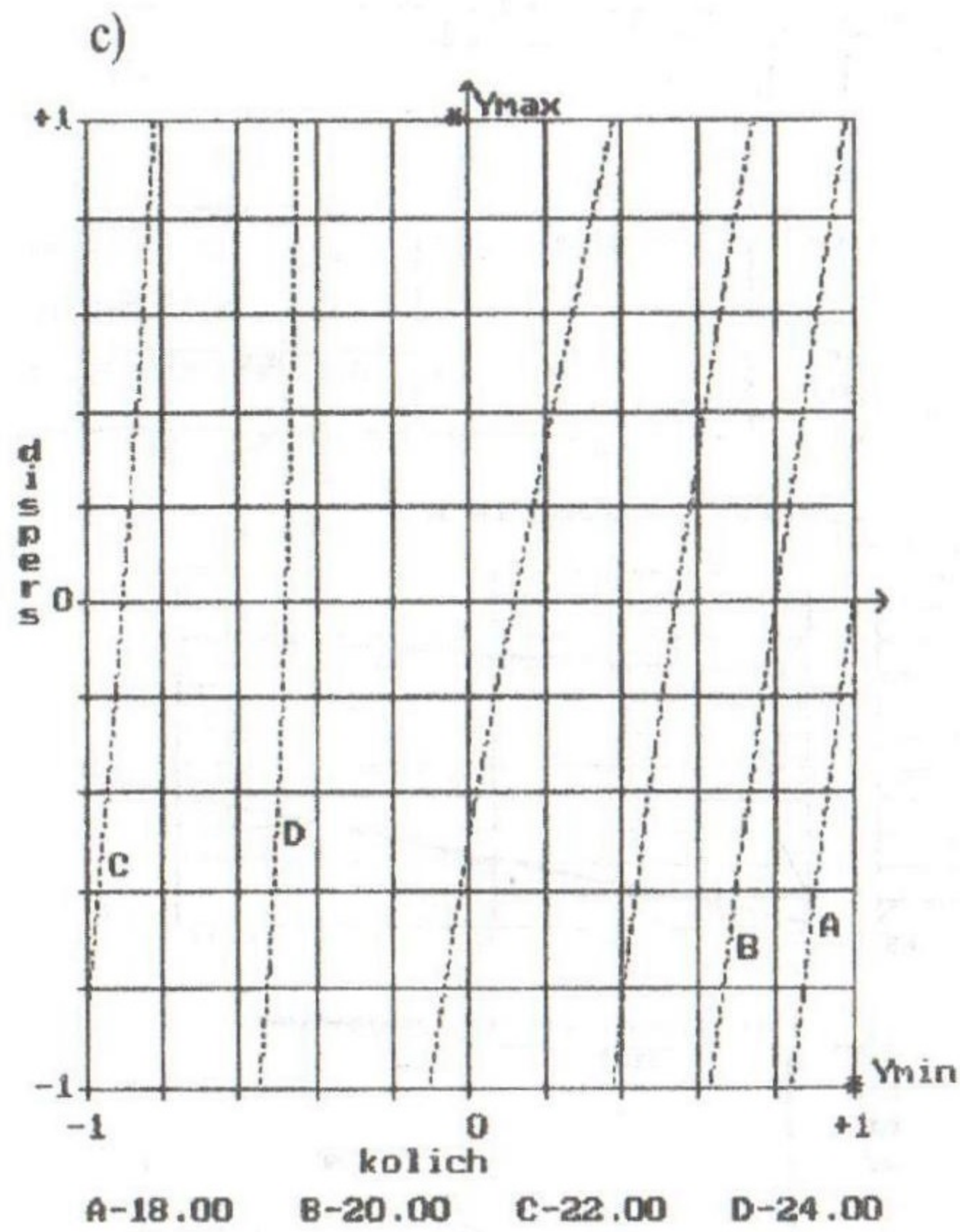
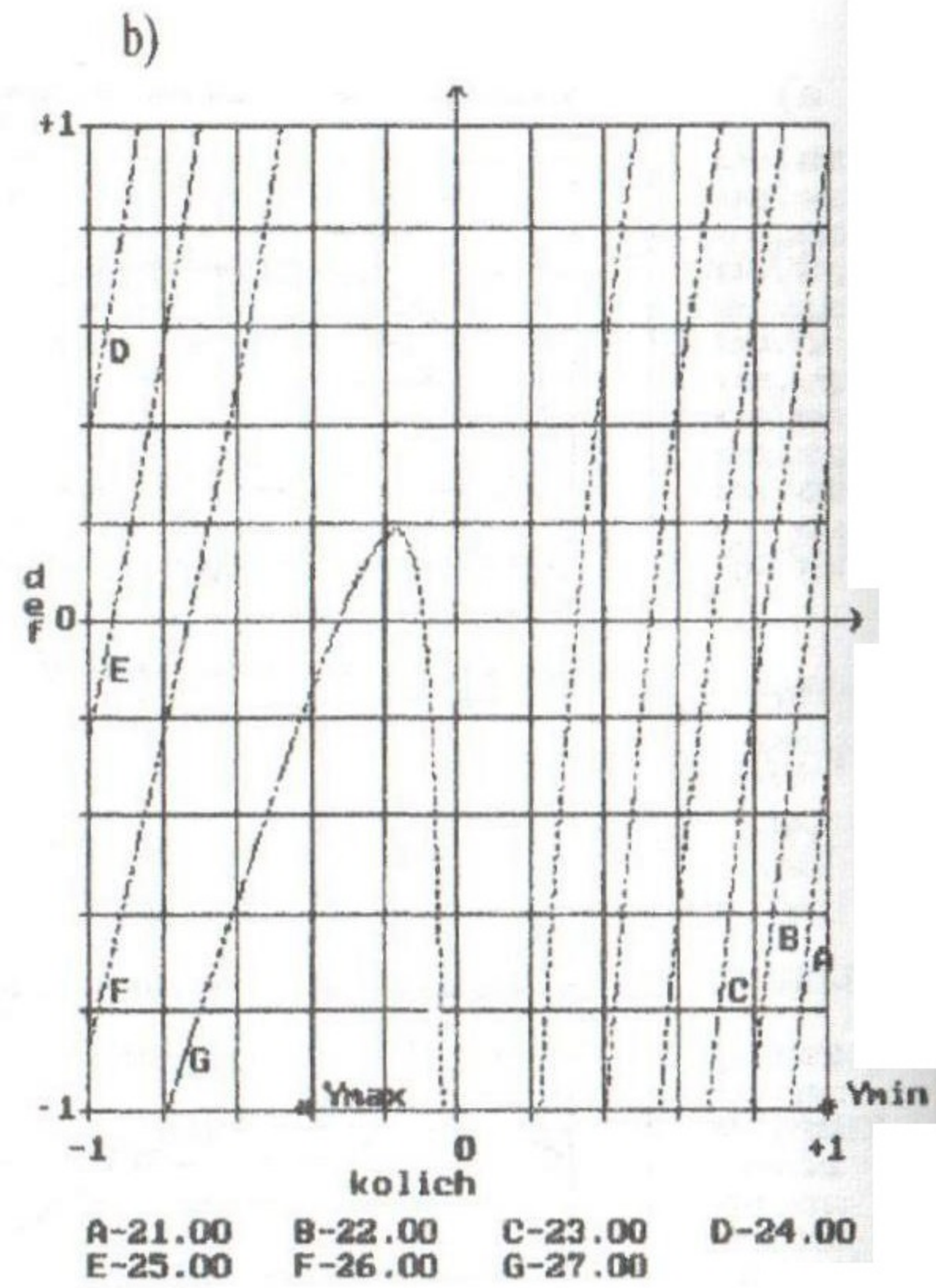
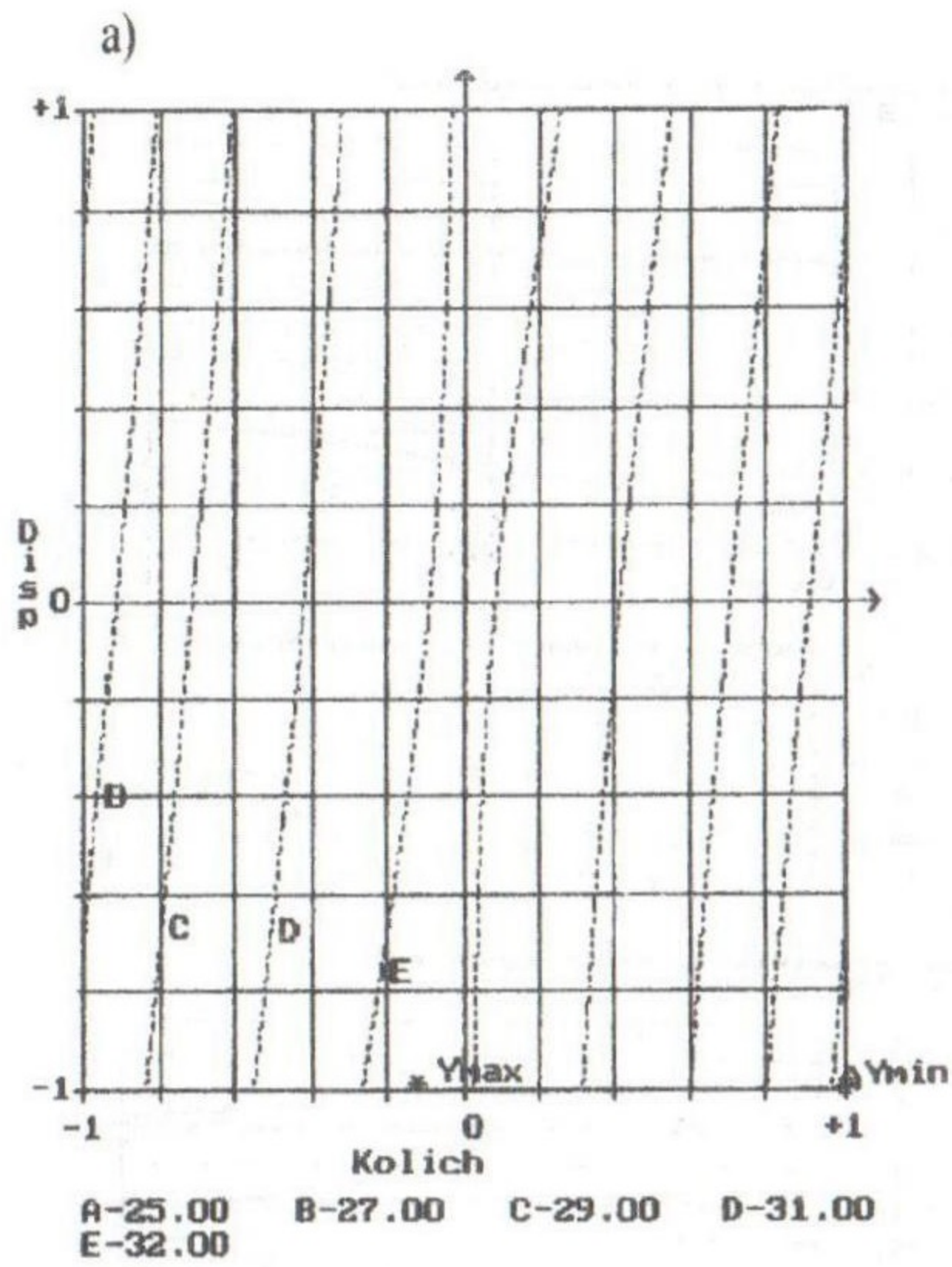


Рис. 2. Диаграммы, отображающие влияние дисперсности и количества наполнителя на модуль деформаций бетона при:

- a) $\sigma = 8$ МПа,
- b) $\sigma = 16$ МПа,
- c) $\sigma = 24$ МПа.

Выводы

Проведенными исследованиями установлено, что максимальных значений модуля деформаций для всех уровней напряжений материал достигает при средней дозировке наполнителя (10%), а дисперсность наполнителя играет незначительную роль.

Литература

1. Дорофеев В.С., Выровой В.Н. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций: Монография. – О.: Город мастеров, 1998. – 168 с.
2. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости / В.И. Соломатов, В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, А.В. Сиренко. - К.: Будивэльнык, 1991. – 144 с.
3. Технологическая наследственность композиционных строительных материалов и конструкций: Учеб.пособие / В.С. Дорофеев. – К.: УМК ВО, 1992. – 52с.
4. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Огарков Б.Л. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ. Под ред. Вознесенского В.А. – К.: Вища школа, 1989. – 328 с.
5. Макарова С.С. Влияние наполнителей на технологическую поврежденность и формирование свойств конструкционных бетонов: Дис... канд. техн. наук: 05.23.05. – Одесса, 1993. – 146 с.
6. Гладышев Б.М. Механическое взаимодействие элементов структуры и прочность бетонов: Монография. -- Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1987. – 168 с.
7. Соломатов В.И., Выровой В.Н., Залесов А.С., Дорофеев В.С. Технологическая поврежденность композиционных строительных материалов и конструкций// Транспортное строительство. – 1990. – №7. – С. 39 – 40.
8. Бутт Ю.М., Окорочков С.Д., Сычев М.М., Тимашев В.В. Технология вяжущих веществ. – М.: Высшая школа, 1965, - 619с.
9. Соломатов В.И., Выровой В.Н., Литвяк В.И. Наполненные цементы и перспективы их применения на предприятиях стройиндустрии Молдавской ССР. – Кишинев: МолдНИИНТИ, 1986, - 67с.
10. Рамачандран В., Фельдман Р., Бодуэн Дж. Наука о бетоне: Физико – химическое бетоноведение / Пер. с англ. Т.И. Розенберг, Ю.Б. Ратиновой; Под ред. Ратинова В.Б. – М.: Стройиздат, 1986. – 278 с.