

УДК 624.012.41

ЗНАЧИМЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДЕФОРМИРОВАНИЕ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА

Совгира В.Н., Совгира В.В., Совгира Р.В. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г.Одесса)

Изложены результаты исследования влияния значимых факторов на деформирование однородно и неоднородно сжатого мелкозернистого бетона.

Вопрос о связи между напряжениями $\sigma_{б,е}$ и деформациями $\epsilon_{б,е}$ внецентренно сжатого бетона имеет существенное научное и прикладное значение. Есть ряд предложений для аналитического описания этой связи, но все они, как правило, базируются на результатах опытов с центрально сжатыми образцами. При этом предполагается, что полученные зависимости подобно упругим материалам остаются справедливыми и для неоднородного напряженного состояния. Проверка данного утверждения опытным путем затрудняется из-за отсутствия надежных методов непосредственного измерения напряжения в материалах типа бетона. Однако косвенные методы дают основание утверждать, что неоднородность напряженного состояния вносит существенные изменения в зависимость между $\sigma_{б,е}$ и $\epsilon_{б,е}$. Сравнение, например, внешних и внутренних усилий при внецентренном сжатии с использованием эпюр напряжений, построенных по данным центрального сжатия бетона, показывают их расхождение, увеличивающееся с ростом нагрузки. Особенно значительным это несоответствие становится после того, как деформации наиболее нагруженных волокон внецентренно сжатых образцов превысят предельные осевые $\epsilon_{бU}$, когда на предполагаемой эпюре напряжений неоднородно сжатого бетона должен появиться нисходящий участок. В этом случае внутреннее усилие в образце (объем теоретической эпюры напряжений, определенный без учета нисходящей ветви диаграммы ($\sigma_{б} - \epsilon_{б}$)) оказывается существенно меньше внешнего (показание прессы).

Учитывая важность для практики установления надежной связи между $\sigma_{б,е}$ и $\epsilon_{б,е}$ бетона в условиях неоднородного напряженного состояния (внецентренное сжатие), проведены исследования сопротивле-

ния внецентренному сжатию масштабно подобных коротких колонн из обычного тяжелого бетона прочностью (23,8... ..81,6 МПа) по методике, изложенной в [1, 2, 3], и, с целью исключения влияния неоднородности материала образцов мелкозернистого бетона (МБ) широкого диапазона прочностей. Кроме того, мелкозернистые бетоны в настоящее время широко используются в различных областях строительства и по сравнению с тяжелыми имеют на 15...35% большую относительную предельную деформацию и более высокую призмную прочность при прочих равных условиях.

Исследования обнаружили ряд принципиальных особенностей деформирования МБ в условиях однородного и неоднородного напряженных состояний. Установлено, что поперечные относительные деформации ϵ_{σ_y} центрально сжатого МБ значительно превышают аналогичные деформации наиболее сжатых волокон внецентренно нагруженных образцов при равной продольной деформации (Рис.1).

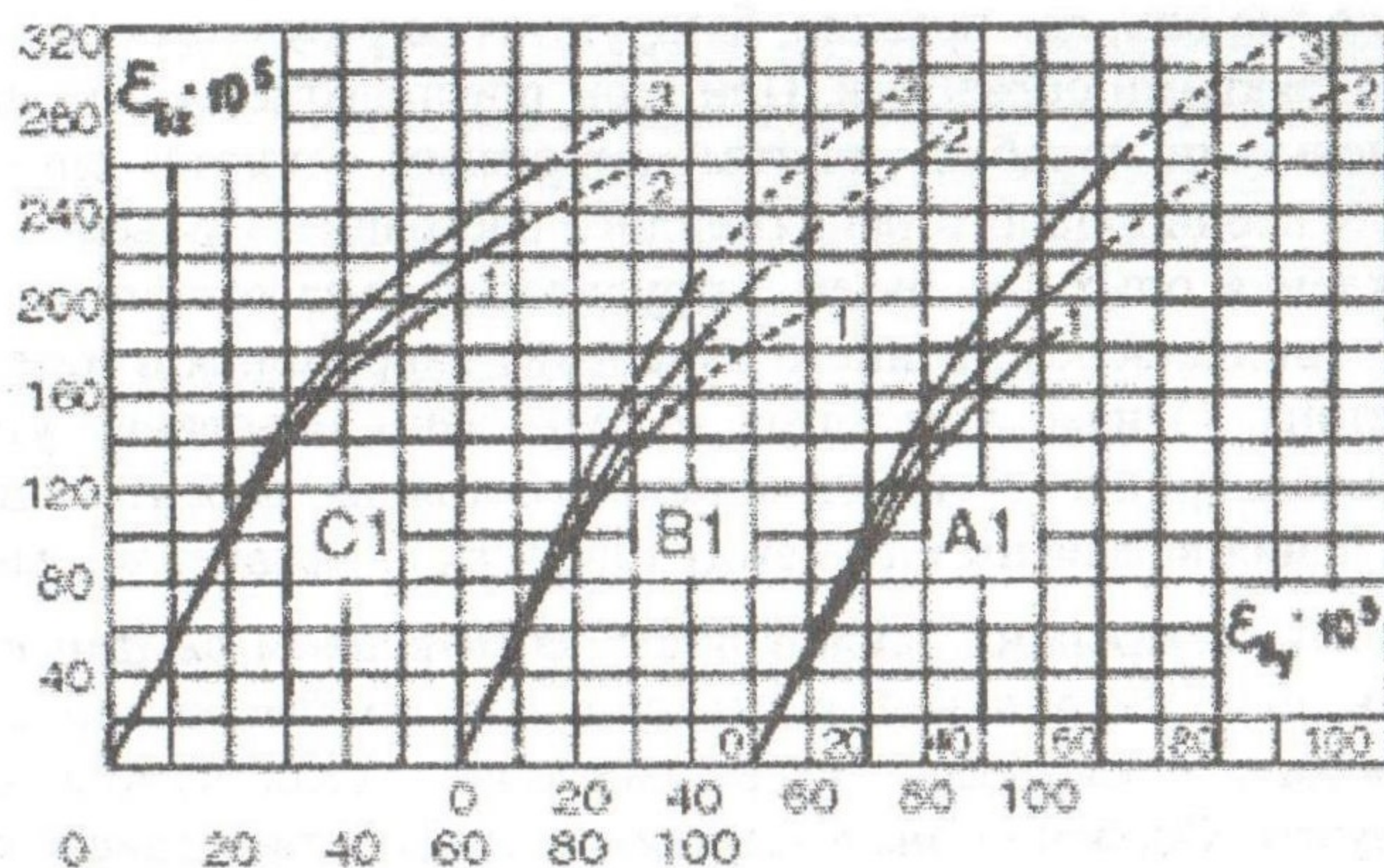


Рис.1. Зависимость ϵ_{σ_y} от ϵ_{σ_x} мелкозернистого бетона для различных e_0 и R_b . 1, 2, 3 – опытные кривые для $e_0=0$; $e_0=h/12$ и $e_0=h/6$; A1, B1, C1 – образцы сечением 60 x 20 см с прочностью, соответственно, $R_b=15,9$; 39,8; 60,3 МПа

Анализ объемных изменений МБ в процессе его нагружения показывает, что положение точек максимальных значений объемной относительной деформации θ_b наиболее сжатого слоя внецентренно нагру-

женных элементов расположены значительно выше, чем в одноосно сжатом бетоне (Рис.2), т.е. соответствуют более высоким значениям продольных ϵ_{σ_x} . Данное явление может иметь место в том случае, если наиболее сжатые слои бетона работают в условиях сложного напряженного состояния, которое возникает из-за перераспределения поперечных деформаций по высоте сечения. В этом случае рост ϵ_{σ_y} наиболее напряженной части сечения сдерживается запаздывающей ϵ_{σ_y} соседней менее нагруженной части. Это влияние является, по видимому, основной причиной повышения продольной деформации мелкозернистого бетона без его разрушения и, следовательно, возрастания прочности наиболее нагруженной части сечения. Аналогичное явление наблюдается также в сжатых стойках с косвенным армированием, которое препятствует развитию поперечных деформаций бетона и тем самым повышает его прочность.

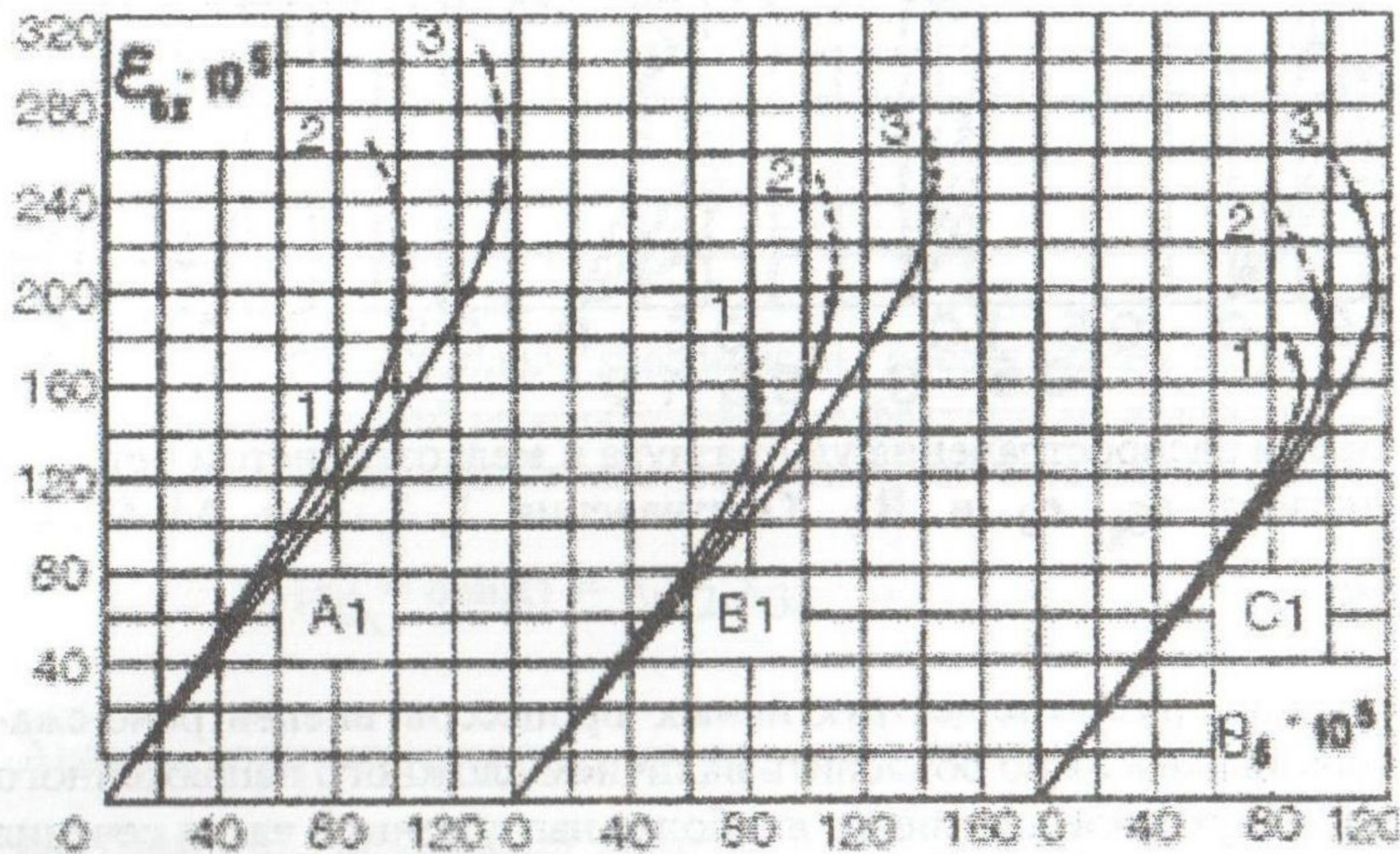


Рис. 2. Изменение объемной деформации θ_{σ} мелкозернистого бетона в зависимости от ϵ_{σ_x} , ϵ_0 и R_{σ} . Обозначения 1, 2, 3 и A1, B1, C1 см. на рис.1

Сравнительный анализ происходящих в бетоне процессов деструкций, если судить по изменению времени распространения в нем ультразвука с ростом нагрузки, показал, что расположение уровней пара-

метрических точек R^0_{CRC} и R_{CRC} [4, 5] центрально сжатого бетона, характеризующих степень развития деструкции в бетоне, находятся значительно ниже R^0_{CRC} и R_{CRC} наиболее нагруженных слоев сечения внецентренно сжатых бетонных элементов при равных продольных деформациях (Рис 3.)

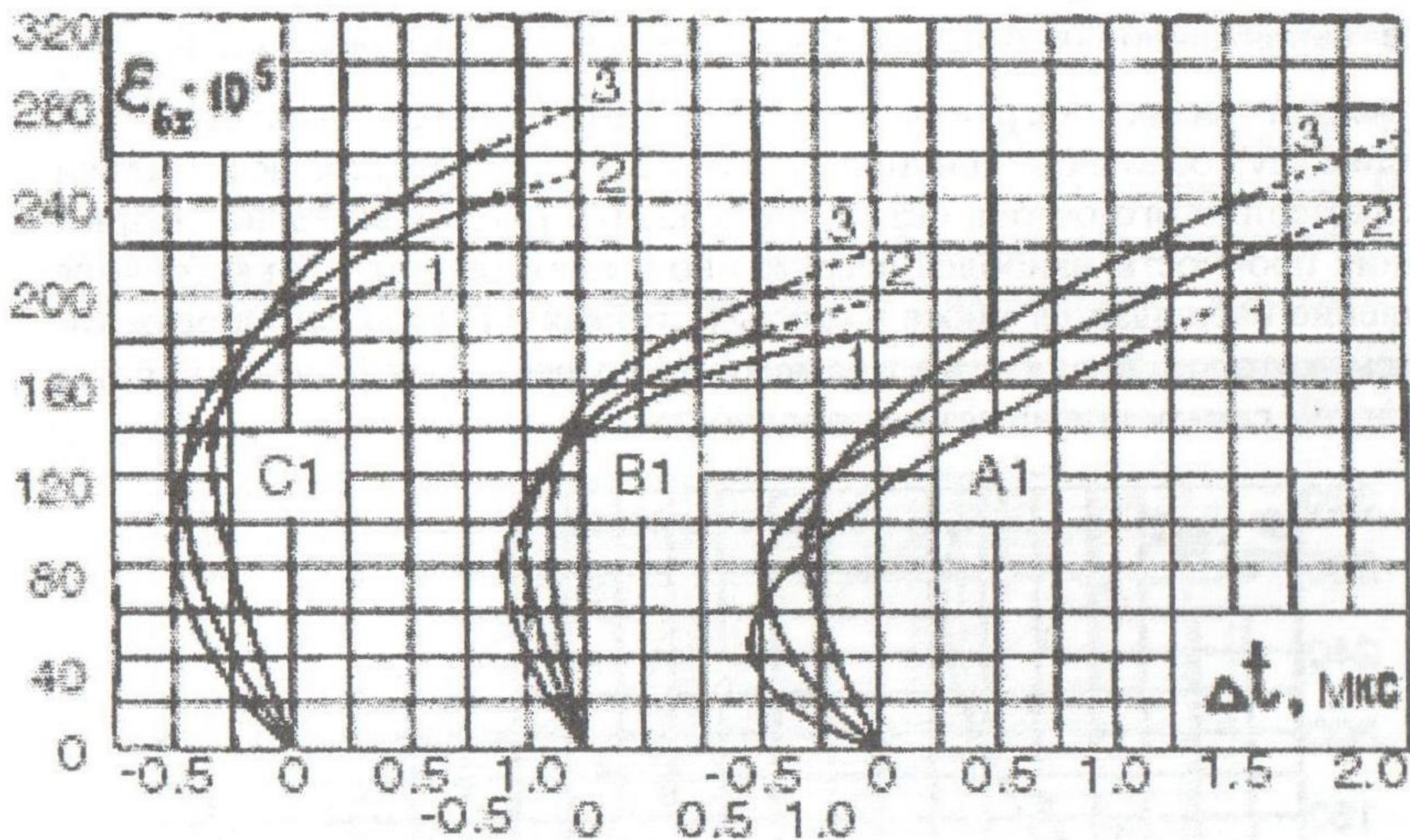


Рис. 3. Время распространения ультразвука в мелкозернистом бетоне в зависимости от ϵ_{6x} , e_0 и R_6 . Обозначения 1, 2, 3 и A1, B1, C1 см. на рис. 1

Замедленное развитие деструктивных процессов внецентренно сжатого бетона также можно объяснить наличием сложного напряженного состояния (двухосное сжатие) в наиболее нагруженной части сечения при отсутствии внешней поперечной нагрузки. Эта же причина вызывает существенное возрастание продольных деформаций бетона и его прочности.

В результате статистической обработки опытных данных предложены [1, 3] зависимости прочности и предельных деформаций коротких бетонных элементов от высоты их поперечного сечения, эксцентриситета нагрузки и прочности бетона, которые отражают существенное влияние значимых факторов на прочность и предельные деформации сжатых элементов из мелкозернистого бетона. Степень их влияния

исследовали по методике пассивного планированного эксперимента, используя некомпозиционный план типа Бокса-Бенкина (ВВ₃).

Независимыми переменными приняты факторы :

X_1 - эксцентриситет внешней нагрузки для интервала $e^0 = 0 \dots 1/6$ h;

X_2 - масштабный фактор, выраженный через условный радиус сечения, $r = F_6 / P_6 = (1,25 \dots 7,5)$ см;

X_3 - прочность мелкозернистого бетона в диапазоне $R_6 = (15,9 \dots 60,3)$ МПа.

В качестве контролируемых параметров приняты R_6 и предельные относительные деформации ϵ_{6xu} .

В результате эксперимента при риске $\alpha = 0,05$ получена модель со всеми значимыми оценками коэффициентов.

$$\epsilon_{6xu} \cdot 10^5 = 294,8 - 50,88 x_1 - 16,38 x_2 - 15,75 x_3 - 35,17 x_1^2 + 15,75 x_1 x_3$$

Многофакторная модель графически представлена на рис.4 изоповерхностями. В ней рассматриваемые факторы не являются независимыми, а любой из них становится функцией остальных. Например,

$$X_1 \{ \epsilon_{6x} = \text{const} \} = f(X_2; X_3)$$

Анализ изоповерхностей, построенных через $\Delta \epsilon_{6x} = 20 \cdot 10^5$ по алгоритмам [6], показывает степень влияния каждого из значимых факторов или их сочетания, которые необходимо учитывать при проектировании строительства или реконструкции зданий и сооружений с неоднородно сжатыми несущими конструкциями из мелкозернистого бетона.

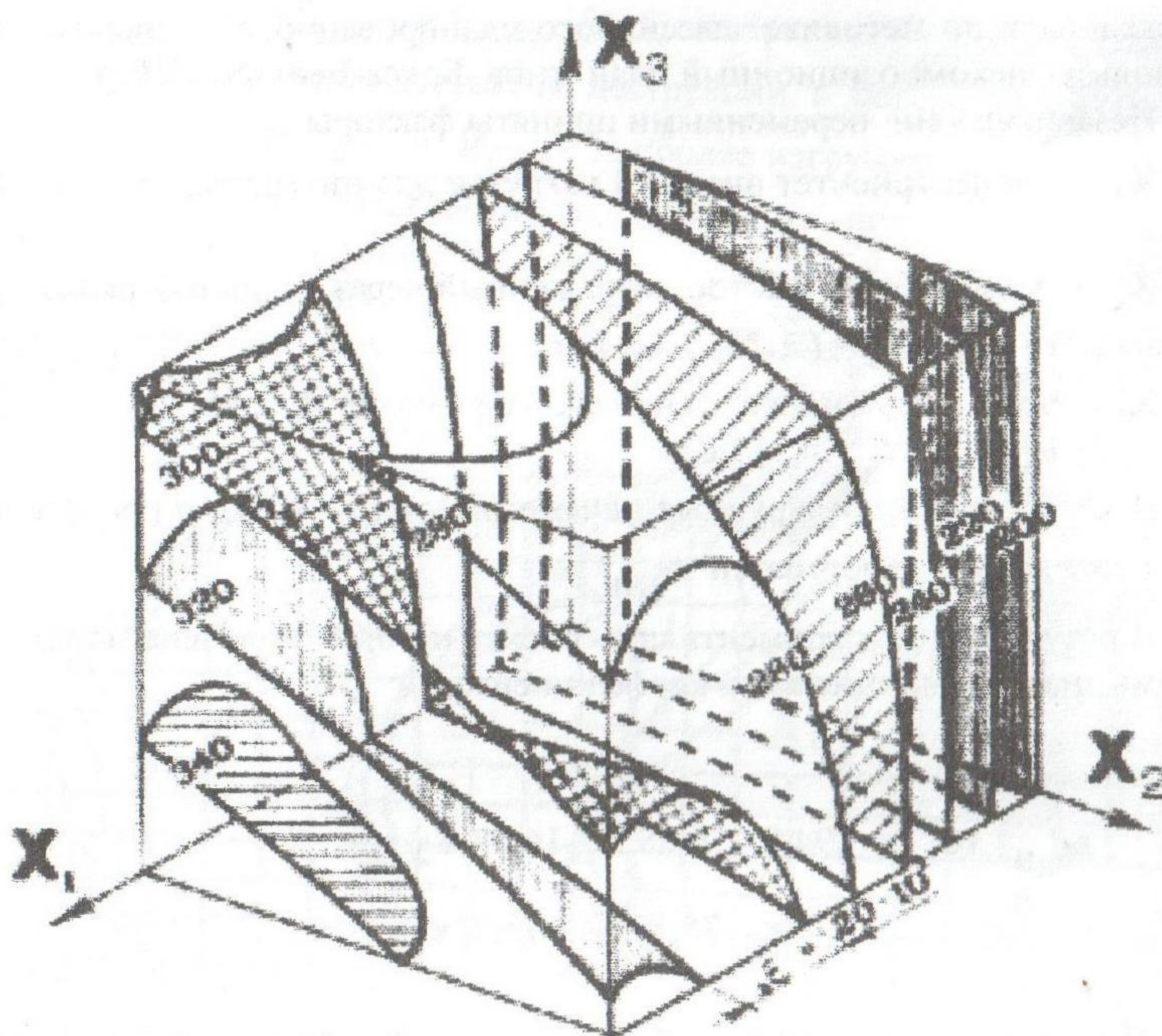


Рис.4. Изоповерхности предельных деформаций мелкозернистого бетона при влиянии значимых факторов X_1 , X_2 и X_3

Выводы

Внецентренное сжатие сдерживает рост поперечных деформаций наиболее напряженной грани коротких бетонных колонн в сравнении с центральным сжатием, следствием чего является замедление процесса накопления микроразрушений, возрастание предельных продольных деформаций и увеличение прочности наиболее нагруженной части сечения.

Установлено существенное влияние масштабного фактора на прочность и предельные деформации образцов-колонн из мелкозернистого бетона при центральном и внецентренном сжатии.

Опыты показали, что деформирование сжатого тяжелого [1] и мелкозернистого бетона [2 3] при осевом и внецентренном нагружении

сопровождается образованием и развитием силовых и усадочных деструкций (микро- и макротрещин) задолго до разрушения.

Установлено, что развитие деструкций в неоднородно сжатом бетоне происходит значительно медленнее, чем в одноосно сжатом, что является одним из подтверждений неправомерности распространения на его волокна гипотезы одноосного напряженного состояния.

Опытами установлено, что предельная деформация при внецентренном сжатии – величина переменная, зависящая от таких значимых факторов, как эксцентриситет нагрузки, высота сечения колонн, прочность и вид бетона учет которых повысит надежность прогноза фактической несущей способности неоднородно сжатых конструкций.

Литература

1. Ящук В.Е., Совгира В.Н. О прочности и деформациях неоднородно сжатого бетона//Гидромелиорация и гидротехн. стр-во.1989. Вып.17.- С.107-113.
2. Совгира В.Н., Ящук В.Е. Прочность и деформации внецентренно сжатых колонн из мелкозернистого бетона//Резервы прочности бетонных и железобетонных конструкций. Сб.научн.трудов.Киев УМК ВО 1989.- С.88-101.
3. Совгира В.Н., Совгира Р.В. Некоторые особенности деформирования неоднородно сжатого мелкозернистого бетона// Известия вузов. Сев.-Кавк. Регион. Техн. науки. Спец. выпуск. Строительные материалы и технологии. 2005.- С.91-96.
4. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. - М.: Госстройиздат. 1962. 96 с.
5. Берг О.Я. Некоторые вопросы теории деформаций и прочности бетона//Изв. вузов. Серии. Строительство и архитектура. №2. -1967.
6. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. – 2^{-е} изд.-М.: Финансы и статистика, 1981. -263 с.