

**СТРУКТУРНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗРУШЕНИЯ СТЕНОВЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ КОНСТРУКЦИОННО-
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО
НЕАВТОКЛАВНОГО ПЕНОБЕТОНА**

**Костюк А.И., Постернак И.М., Постернак А.А., Шегера Д.А.,
Постернак С.А.,** *(Одесская государственная академия
строительства и архитектуры, г. Одесса)*

Приводятся результаты экспериментально – теоретических исследований структуры пенобетона, характера образования и развития трещин, а так же разрушения моделей стеновых элементов из КТ НПБ.

Пенобетон, обладая уникальными теплофизическими свойствами, обеспечивает благоприятные и комфортные условия для жизнедеятельности человека и может быть использован в строительстве в качестве конструкционно-теплоизоляционного материала [1]. Методика проведения эксперимента, состав смеси, характеристики используемых материалов, технология приготовления смеси, размеры образцов и их количество приведены в работе [2]. Стеновые элементы из конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона (КТ НПБ) обладают достаточной прочностью и деформативностью для применения в несущих и самонесущих стенах [3,4]. Характер образования и развития трещин, а так же разрушения стеновых элементов из КТ НПБ напрямую зависит от структуры пенобетона, которая характеризуется расчетными моделями прочности.

Основная цель статьи заключается в исследовании характера образования и развития трещин, а также разрушения исследуемых образцов.

Общеизвестно, что прочность ячеистого бетона зависит от прочности межпоровых перегородок и общей пористости (плотности). А.П. Меркиным и др. было доказано, что на прочность ячеистого бетона влияние оказывают также характеристики поровой структуры – размер ячеек и их статистическое распределение по размерам. Авторы

[5] представили расчетную модель прочности ячеистого бетона в виде формулы:

$$R_{сж} = \frac{2R_{изг}^{пер} \left(D \left(1 + \frac{B}{Ц} \right) \times \rho_{ц} \right)^2}{3k \left(6,9 \rho_{ц} - 5D \left(1 + \frac{B}{Ц} \right) \times \rho_{ц} \right)^2} \quad (1)$$

где $R_{сж}$ – предел прочности при сжатии; $R_{изг}^{пер}$ – предел прочности при изгибе перегородки элементарной ячейки; D – плотность ячеистого бетона; $B/Ц$ – водоцементное отношение; $\rho_{ц}$ – истинная плотность цемента; k – коэффициент, учитывающий кривизну изгибаемой поверхности.

Уравнение (1) показывает, что при постоянной плотности значимыми факторами, определяющими прочность ячеистого бетона, являются прочность при изгибе межпоровой перегородки и ее толщина, выражаемые через $B/Ц$ -отношение, а также размер и форма ячейковых пор. Анализ макроструктуры ячеистых бетонов, проведенный авторами [5] показал, что при мелких порах (менее 0,5–1 мм) ячеистая структура отличается большей сообщаемостью ячеек и становится близкой к крупно капиллярной (рис. 1,а) в отличие от предложенной модели однородной качественной ячеистой структуры (рис. 1, б). В целом это приводит к падению прочности ячеистого бетона. При крупнопоровом (более 3–4 мм) строении большое значение приобретает масштабный фактор и неоднородность порового состава ячеистого бетона, которые также приводят к снижению прочности.

Б.М. Гладышев в монографии [6] также утверждает, что структура ячеистого бетона подобна сотовой, с пустотами разного размера (сферической или овальной формы) при этом толщина стенок между порами меньше радиуса пустот. Достаточно близка к действительной структуре модель в виде сотовой структуры со сферическими пустотами одинакового диаметра, расположенными гексагонально (рис. 2). Межпоровые перегородки здесь переплетаются, образуя жесткую пространственную систему. В местах пересечения перегородок (узловые объемы) создается концентрация материала. Сжимающие усилия воспринимаются вертикальными межпоровыми стенками и узловыми элементами. В соседних ярусах вертикальные стенки и узловые элементы смещены, а жесткость горизонтальных элементов недостаточна для передачи этих усилий с одного яруса на другой. В результате усилия передаются вертикальными стенками в

местах их пересечения со стенками смежного яруса. Создается сложное напряженное состояние, в вертикальных стенках возникают, кроме нормальных сжимающих напряжений, значительные скалывающие напряжения. Наличие в элементах сотовой структуры деформаций сжатия и сдвига объясняет тот факт, что разрушение ячеистого бетона происходит, когда деформации превышают предельные деформации материала в плотном состоянии при однородном сжатии. Таким образом, критерием разрушения структуры может быть достижение напряжениями предела прочности материала при сжатии или достижение главными растягивающими напряжениями в межпоровых перегородках предела прочности материала при растяжении. Оба вида разрушения связаны с появлением трещин в плоскостях, параллельных направлению действия сжимающей силы.

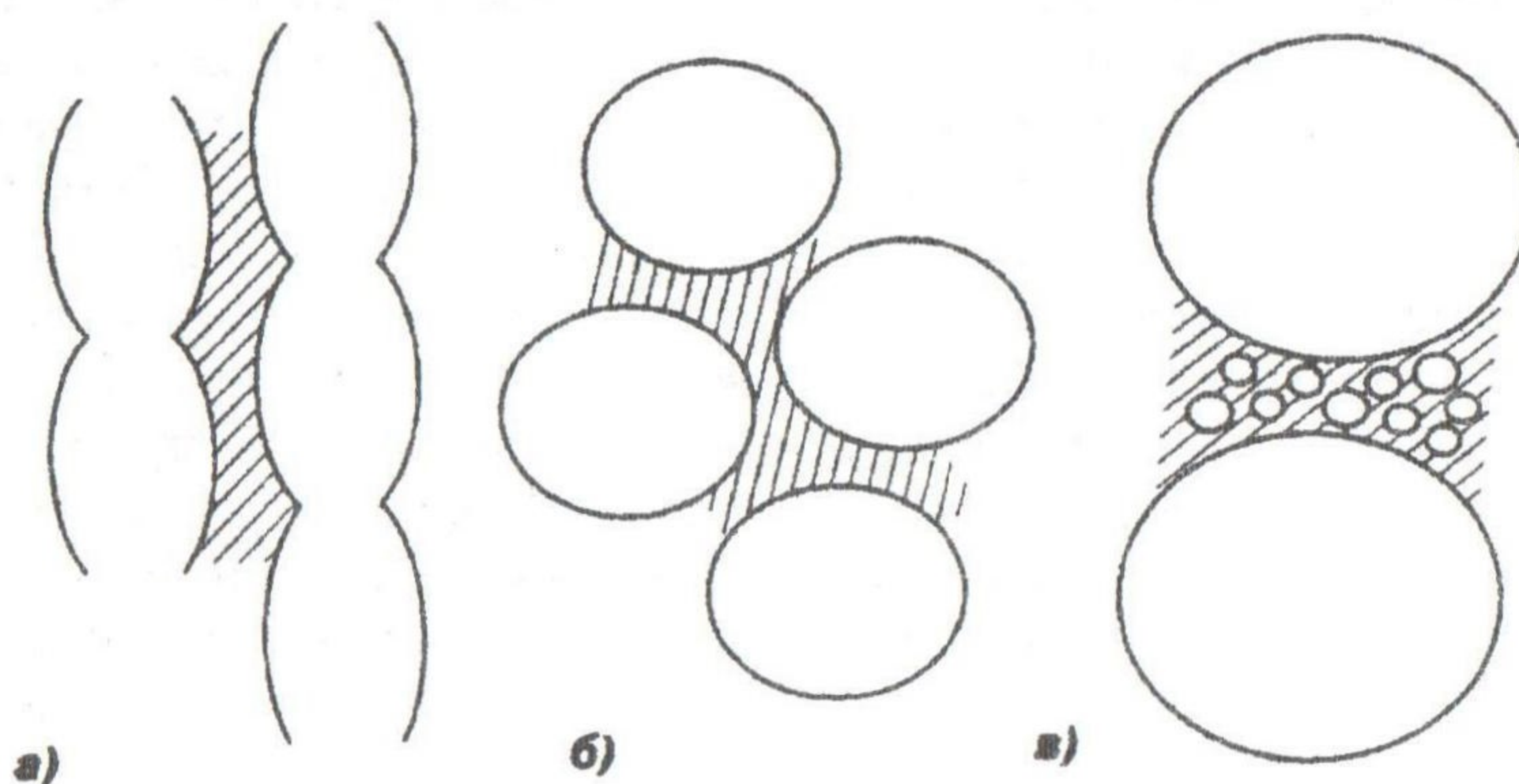


Рис. 1. Типы структур ячеистых бетонов: а - псевдоячеистая крупнокапиллярная структура; б - ячеистая однородная структура; в - крупноячеистая неоднородная структура.

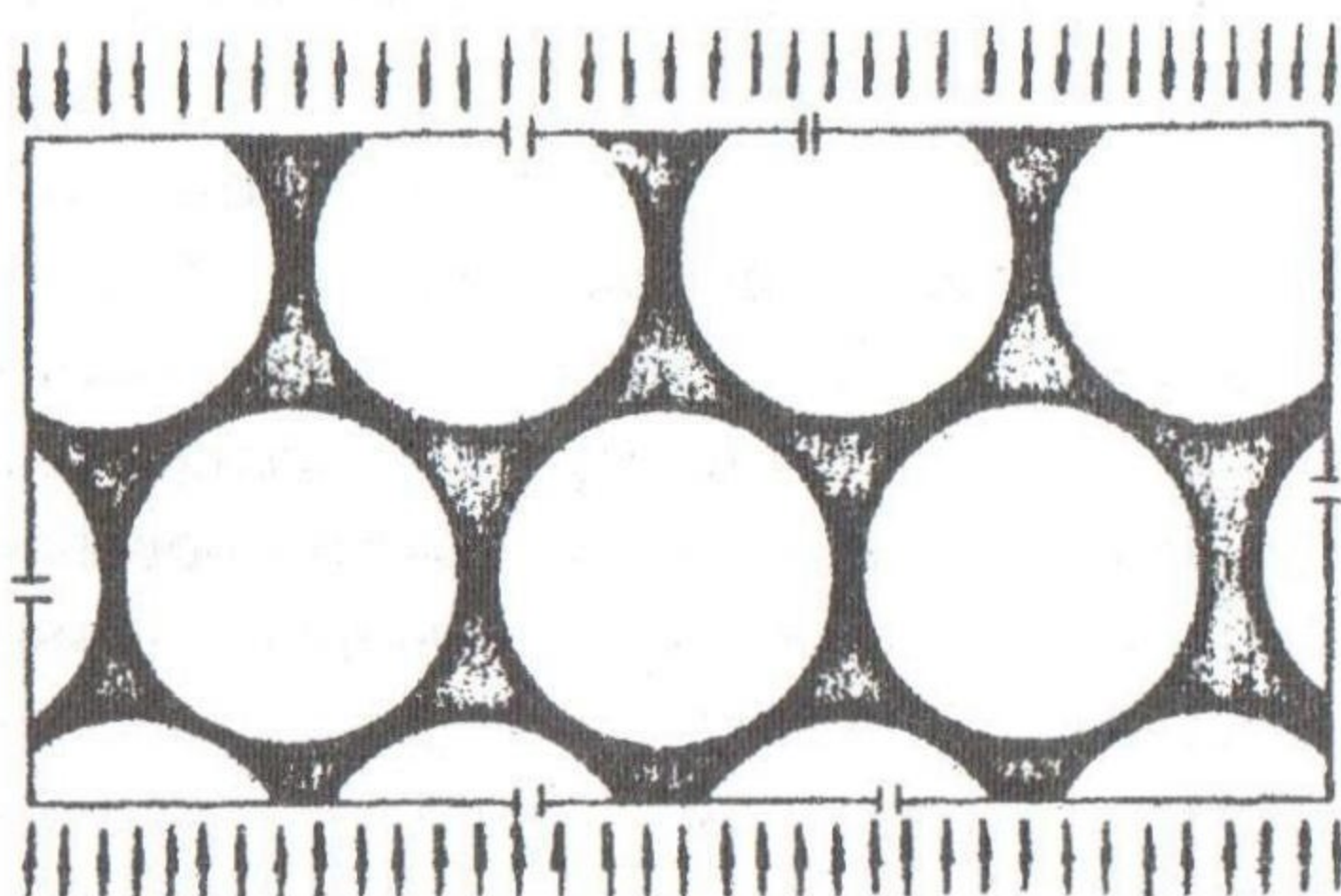


Рис. 2. Модель в виде сотовой структуры со сферическими пустотами одинакового диаметра, расположенными гексагонально.

Кроме того, имеют место и "приобретенные" дефекты (технологические) - трещины и микротрещины, возникающие во время формирования изделий, тепловлажностной обработки или эксплуатации. Они создают дополнительную концентрацию напряжений и являются зародышами разрушения [7]. Процесс разрушения ячеистого бетона начинается с разрыва элементарных химических связей и заканчивается разрушением мембран и их совокупностей в результате образования и развития трещин [8,9].

При выполнении эксперимента мы наблюдали и фиксировали на образцах – кубах, образцах – призмах и моделях стеновых элементов процесс развития трещин с целью исследования характера разрушения стеновых элементов из КТ НПБ. Образцы – призмы и кубы разрушались по продольным поверхностям (рис 3,Б). Модели стеновых элементов (рис 3,А) разрушались следующим образом: на торцевых поверхностях наблюдалось появление и развитие вертикальных трещин от краев образца к середине; на боковых же поверхностях наблюдалось появление и развитие вертикальных, а также наклонных трещин от краев стеновых элементов к середине. Вертикальные трещины развивались в средней части образцов близко к конструктивному армированию, а наклонные развивались от краев к середине образцов и становились в дальнейшем магистральными приводя к разрушению.

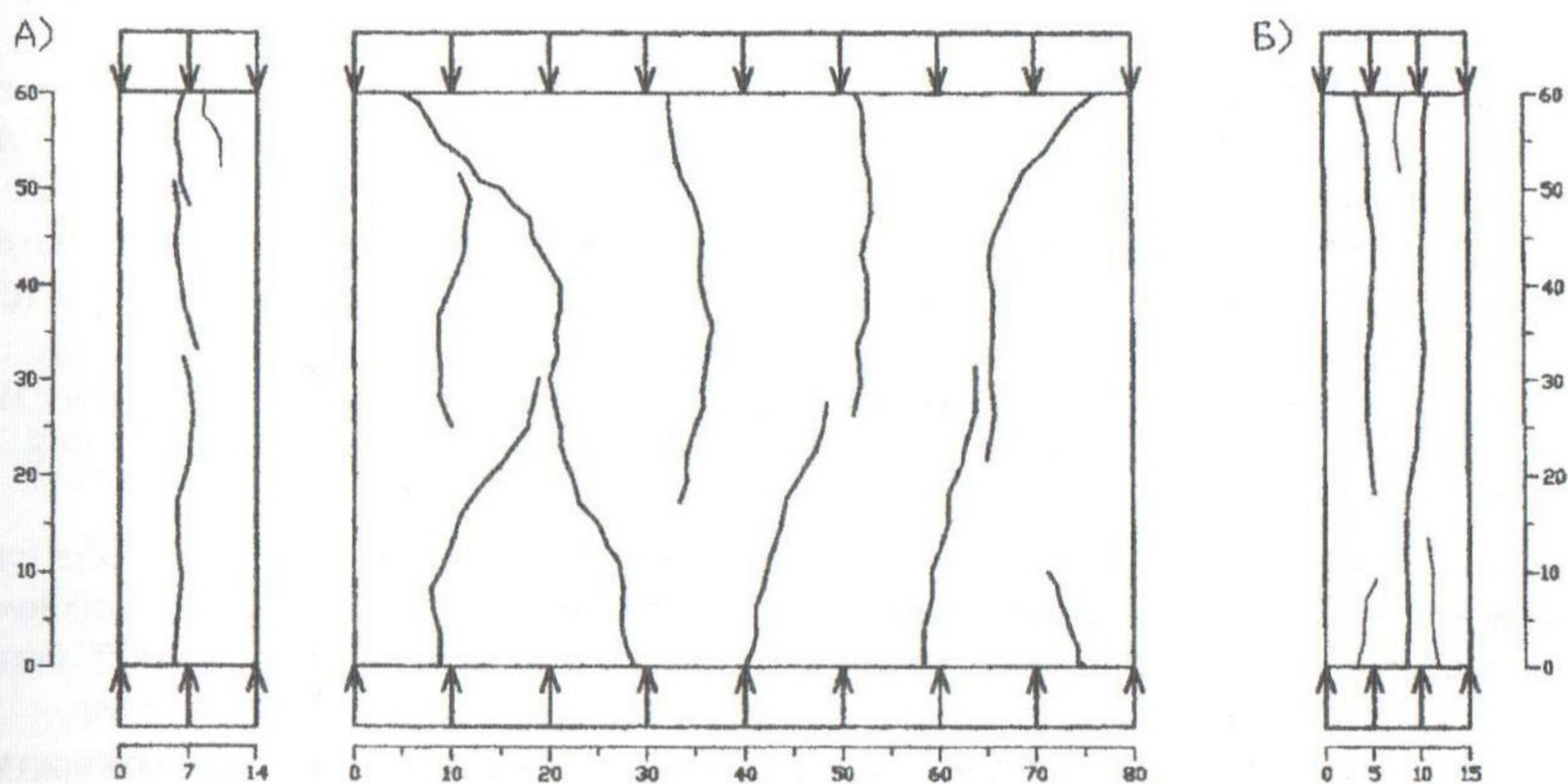


Рис. 3. Схема разрушения моделей стеновых элементов (А) и образцов – призм (Б).

Проведенный анализ позволяет заключить, что вначале разрушение носит локальный характер, а в дальнейшем, с ростом нагрузки, происходит очень быстрое "лавинное" объединение трещин, что объясняется высокой структурно-механической неоднородностью бетона.

Литература

1. Костюк А.И., Постернак С.А., Постернак И.М. Обзор развития, состояния и применения конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона в конструкциях и изделиях // Вісник ОДАБА. Вип. 10, – Одесса, 2003. – с. 109 – 116.
2. Костюк А.И., Постернак И.М., Постернак А.А., Постернак С.А. К методике планирования и проведения экспериментальных исследований стеновых элементов из неавтоклавного пенобетона // Вісник ОДАБА. Вип. 12, – Одесса, 2003. – с. 143 – 148.
3. Постернак И.М., Костюк А.И., Постернак А.А., Постернак С.А. Влияние количества и качества наполнителя на призмную прочность конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. пр. – Рівне: УДУВГП, –2004. – вип. 11. – С. 88 – 92.
4. Постернак И.М., Костюк А.И., Постернак А.А., Постернак С.А. Влияние количества и качества наполнителя на начальный модуль упругости конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона // Вісник ОДАБА. Вип. 16, – Одесса, 2004. – с. 181 – 187.
5. Королев А.С., Волошин Е.А., Трофимов Б.Я. Оптимизация состава и структуры конструкционно-теплоизоляционного ячеистого бетона // Строительные материалы. 2004. № 3. С. 30 – 32.
6. Гладышев Б.М. Механическое взаимодействие элементов структуры и прочность бетонов: Монография. – Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1987. – 168с.
7. Дорофеев В.С., Выровой В.Н. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструк.: Монография–О.: Город мастеров, 1998.– 168с.
8. Чудновский С.М., Гудзий В.С., Погореляк А.А., Панчук Т.П. Оценка основных факторов, приводящих к возникновению трещин в неавтоклавном пенобетоне // Будівельні конструкції: Зб. наук. праць. – К.: НДІБК. – 2002. вип. 56. – С.291 – 296.
9. Крохин А.М. Структурные аспекты разрушения и повышения прочности ячеистых бетонов // Ячеистый бетон и ограждающие конструкции из него: Сб. науч. трудов под ред. А.Т. Баранова и Б.П. Филиппова – М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1985. – 95с.