

УДК 691.327:666.973.6:69.001.5

ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ СТЕНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ КОНСТРУКЦИОННО-ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО НЕАВТОКЛАВНОГО ПЕНОБЕТОНА, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ВНЕЦЕНТРЕННОГО СЖАТИЯ

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

Приводятся результаты экспериментально – теоретических исследований структуры пенобетона, характера образования и развития трещин, а также разрушения моделей стеновых элементов, работающих в условиях внецентренного сжатия из КТ НПБ.

Пенобетон и изделия из него эффективны, востребованы и целесообразны, тем более, что на законодательном уровне принято решение Кабинета Министров Украины от 26 мая 2004 года № 684 «Программа развития производства ячеистобетонных изделий и их применение в строительстве на 2005-2011 годы» [1,2]. Методика проведения эксперимента, состав смеси, характеристики используемых материалов, технология приготовления смеси, размеры образцов приведены в работе [3]. Стеновые элементы из конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона (КТ НПБ) обладают достаточной прочностью и деформативностью для применения в несущих и самонесущих стенах [4,5,6]. Характер образования и развития трещин, а также 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 однослойных стеновых элементов из КТ НПБ, работающих в условиях внецентренного сжатия.

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 [7] 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 [7] показал, что при мелких порах (менее 0,5–1 мм) ячеистая структура отличается большей сообщаемостью ячеек и становится близкой к крупнокапиллярной (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

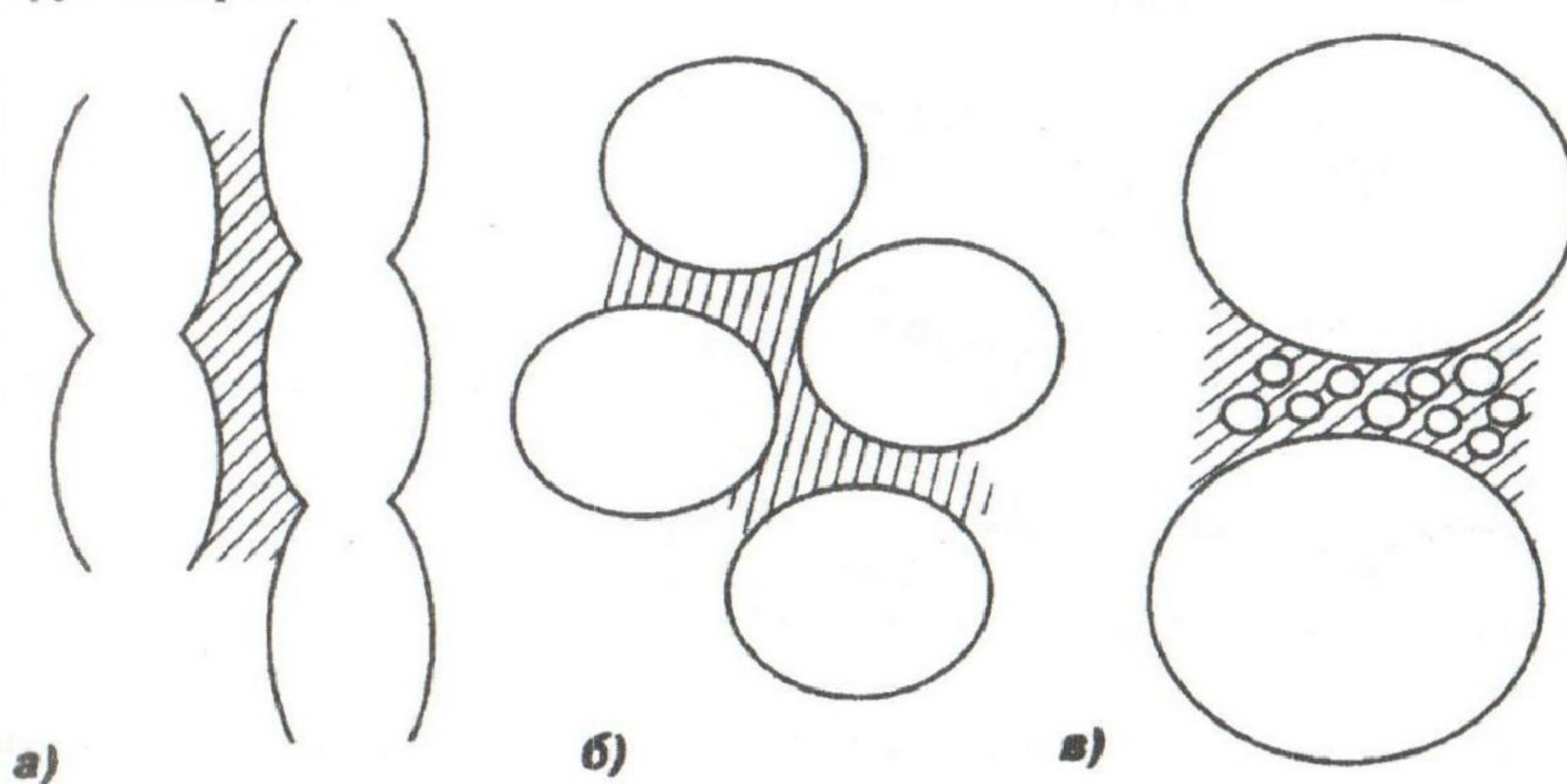


Рис. 1. Типы структур ячеистых бетонов: а - псевдоячеистая крупнокапиллярная структура; б - ячеистая однородная структура; в - крупноячеистая неоднородная структура.

(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 [8] 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. 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.

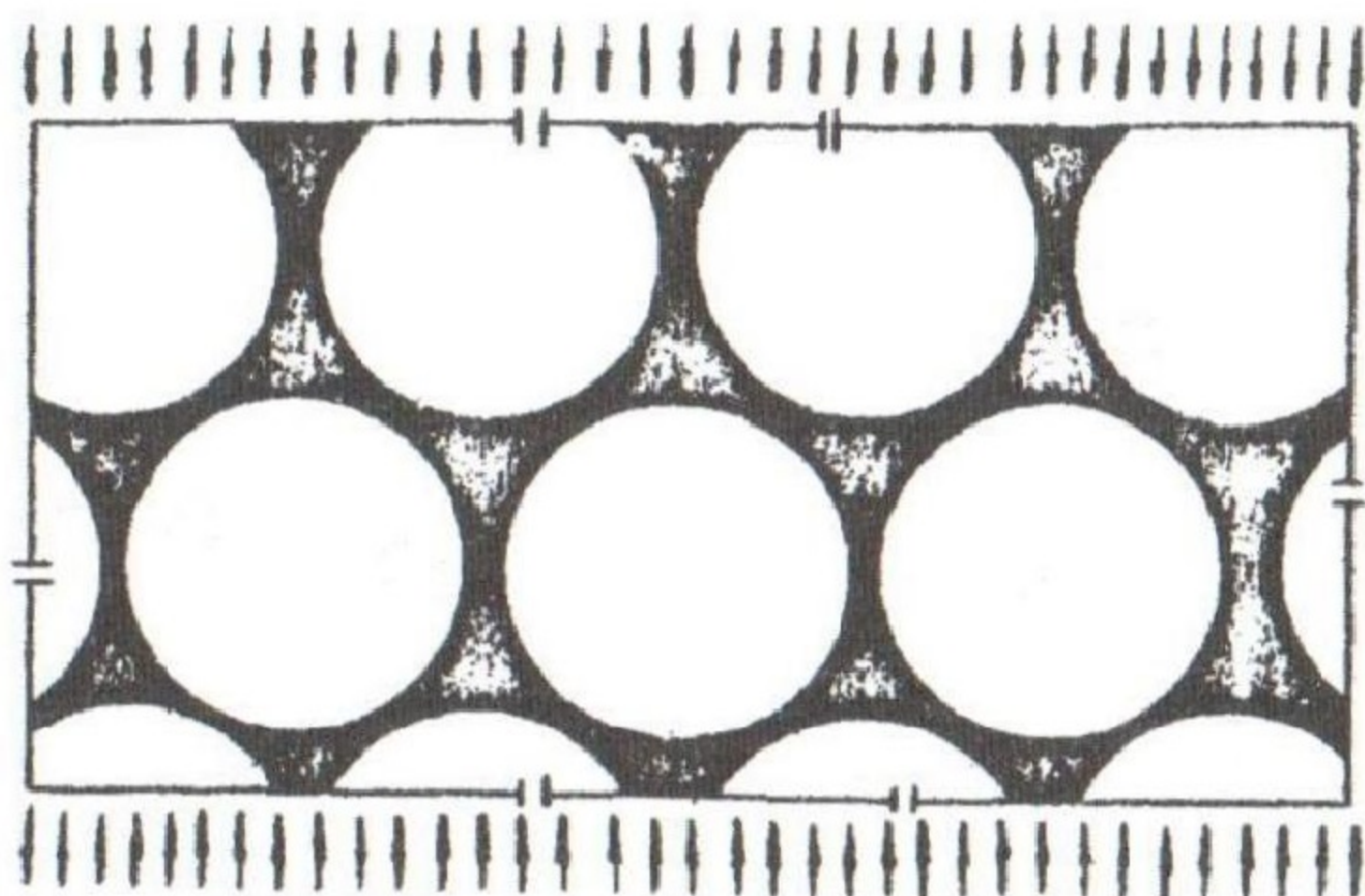


Рис. 2. Модель в виде сотовой структуры со сферическими пустотами одинакового диаметра, расположенными гексагонально.

Кроме того, имеют место и "приобретенные" дефекты (технологические) - трещины и микротрещины, возникающие во время формования изделий, тепловлажностной обработки или эксплуатации. Они создают дополнительную концентрацию напряжений и являются зародышами разрушения [9]. Процесс разрушения ячеистого бетона начинается с разрыва элементарных химических связей и заканчивается разрушением мембран и их совокупностей в результате образования и развития трещин [10,11].

При выполнении эксперимента мы наблюдали и фиксировали на моделях стеновых элементов развитие трещин с целью исследования характера разрушения стеновых элементов из КТ НПБ. Модели стеновых элементов (рис 3) разрушались следующим образом: на боковой поверхности более нагруженной грани наблюдалось появление и развитие вертикальных трещин в среднем и приопорных участках образца, которые становились в дальнейшем магистральными. На торцевых гранях трещины развивались менее интенсивно. Вертикальные трещины развивались преимущественно в приопорных участках ближе к более нагруженной грани образца. На менее нагруженной грани трещины практически не возникали.

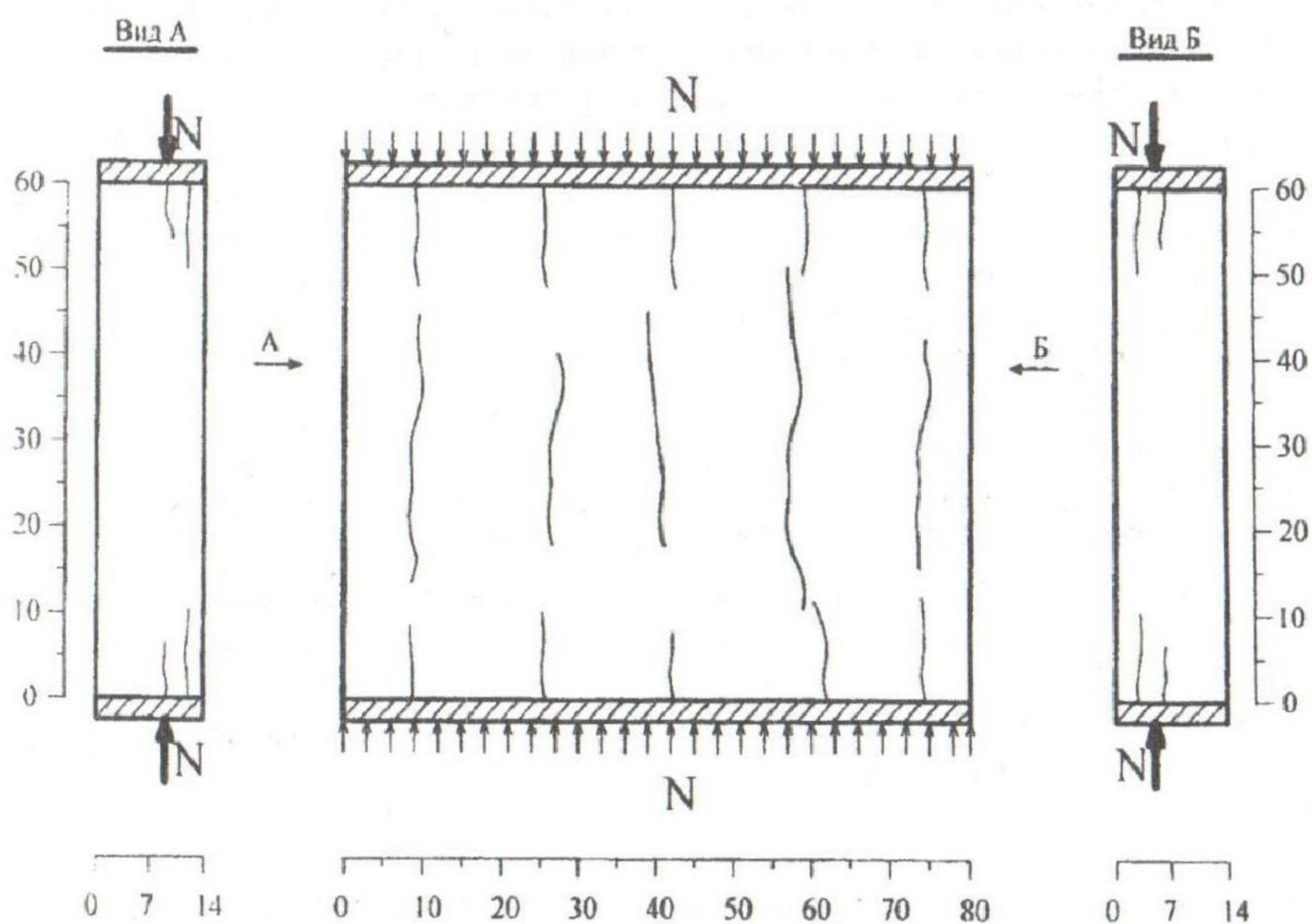


Рис. 3. Схема разрушения моделей стеновых элементов, работающих в условиях внецентренного сжатия.

Таким образом, разрушение всех стеновых элементов произошло в результате исчерпания несущей способности КТ НПБ в средней либо приопорной зоне. 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. Постанова Кабинету Міністрів України від 26 травня 2004 р. №684 «Програма розвитку виробництва ніздрюватобетонних виробів та їх використання у будівництві на 2005-2011 роки» // Строительные материалы и изделия. - 2004. - №4. - с.34-37.
2. Постернак А.А., Костюк А.И., Постернак И.М., Постернак С.А. Применение конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона в однослойных стеновых конструкциях, работающих на внецентренное сжатие // Вісник ОДАБА. Вип. 23, - Одесса, 2006. - с. 253-257.
3. 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.
4. Постернак А.А., Костюк А.И., Постернак И.М., Постернак С.А. Применение конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона в однослойных стеновых конструкциях, работающих на внецентренное сжатие // Вісник ОДАБА. Вип. 23, - Одесса, 2006. - с. 253-257.
5. 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.
6. 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.
7. Королев А.С., Волошин Е.А., Трофимов Б.Я. Оптимизация состава и структуры конструкционно-теплоизоляционного ячеистого бетона // Строительные материалы. 2004. № 3. С. 30 - 32.
8. Гладышев Б.М. Механическое взаимодействие элементов структуры и прочность бетонов: Монография. - Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1987. - 168с.
9. Дорофеев В.С., Выровой В.Н. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструк.: Монография-О.: Город мастеров, 1998. - 168с.
10. 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.
11. 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.