

## МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛЕЙ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ УВЛАЖНЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Хоменко А.А.<sup>1</sup>, асп., Пархоменко Р.В.<sup>2</sup>, Выровой В.Н.<sup>1</sup>, д.т.н., проф.

<sup>1</sup>Одесская государственная академия строительства и архитектуры,  
Украина

<sup>2</sup>Львовский государственный университет безопасности  
жизнедеятельности, Украина

Проведенный анализ условий эксплуатации показал, что многие строительные конструкции эксплуатируются в условиях многократного увлажнения и высушивания (например, облицовка каналов, наружные ограждающие конструкции, опоры ЛЭП, опоры и пролетные строения мостов и т.п.) [1]. Изменение влажности приводит к возникновению и развитию в материалах влажностных деформаций набухания и усадки. Чередование знакопеременных влажностных деформаций вызывает необратимые структурные изменения в материале, что может быть одной из причин преждевременного выхода конструкции из рабочего состояния [2, 3]. Анализ характера увлажнения конструкций последующим их высушиванием позволил установить, что для большинства изделий и конструкций характерно неравномерное увлажнение (например, одностороннее увлажнение или местное одностороннее или объемное увлажнение). Одностороннее и/или локальное увлажнение неизбежно вызывает неравномерное распределение влажности по сечению изделия, что должно привести к неравномерному распределению влажностных деформаций. Если представить материал изделия в виде непрерывной капиллярно-пористой среды, то, в зависимости от места и вида возникающих деформаций, они должны определенным образом распределяться по всему объему изделий. Это должно привести к возникновению своеобразной "деформационной волны", которая может изменять свои параметры, как при продолжающемся увлажнении, так и при высушивании. Появление "деформационной волны" предполагает, что, в зависимости от способа локального или одностороннего увлажнения и от геометрических характеристик изделия, в материале конструкции должны развиваться разнонаправленные влажностные деформации, что может провоцировать развитие деформаций сдвига и вызывать, тем самым, изменение структуры материала и, следовательно, его свойств в локальных объемах конструктивного

элемента. В связи с этим была определена задача исследований – проанализировать характер развития влажностных деформаций в строительных изделиях при их локальном и одностороннем увлажнении.

### Анализ характера развития локальных влажностных деформаций

Анализ характера развития локальных влажностных деформаций в строительных изделиях проводили графоаналитическим методом [4]. При одностороннем увлажнении в качестве базового элемента принят элемент сечением  $a \times 3a$ . Для анализа локального увлажнения принят элемент сечения  $a \times 8a$ .

Экспериментальные исследования проводили с использованием стеновых блоков из газобетона размером 600x400x200 мм (одностороннее увлажнение) и бетонных балок размеров 1200x400x200 мм (локальное увлажнение). Схема определения односторонних и локальных влажностных деформаций приведена на рис. 1.

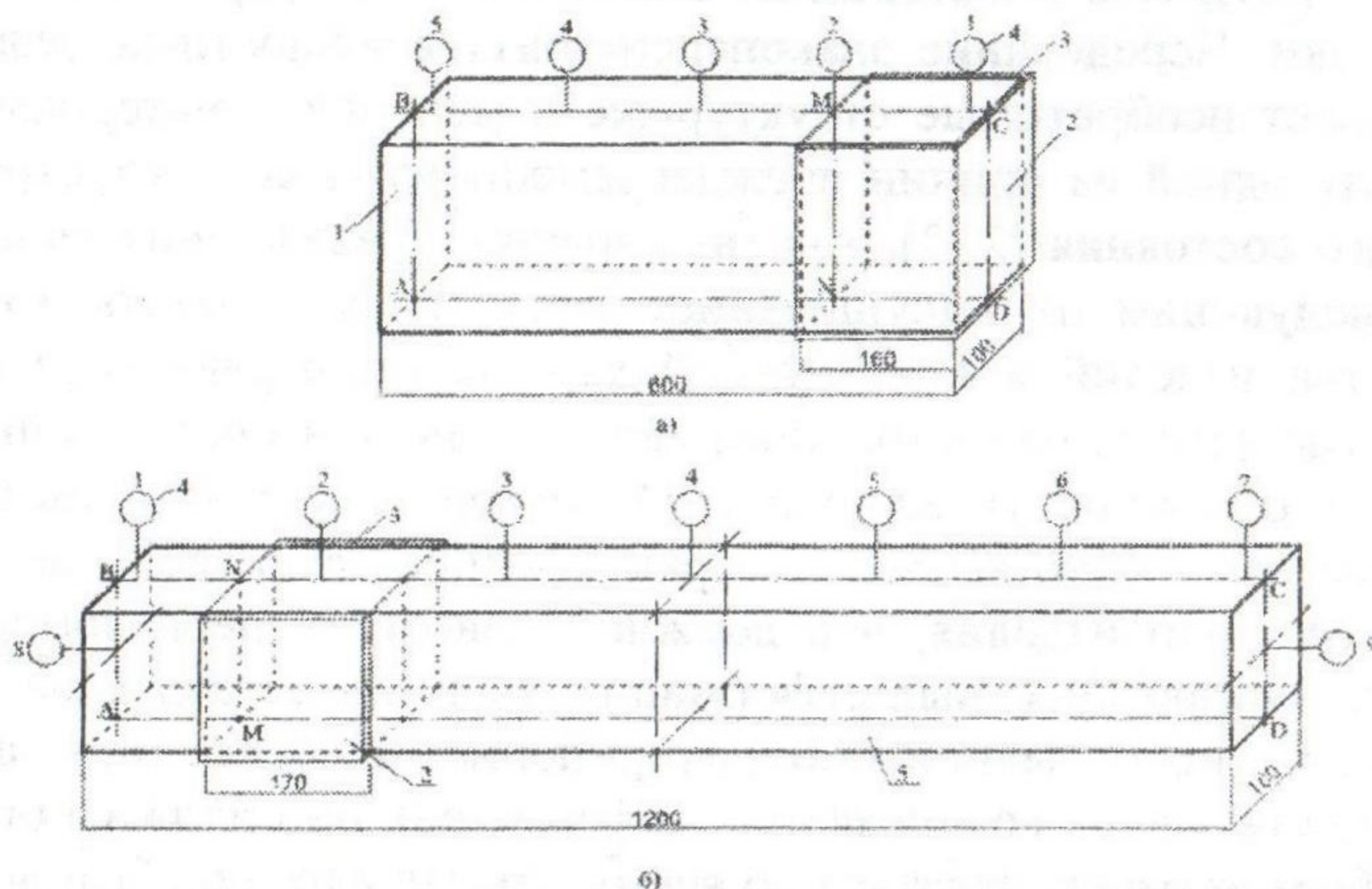


Рис. 1. Схемы определения влажностных деформаций при одностороннем (а) и локальном (б) увлажнении.

1 – стеновой блок из газобетона; 2 – гидроизоляция; 3 – материал для водонасыщения; 4 – индикаторы часового типа; 5 – бетонная балка

Увлажнение проводилось путем насыщения влажных тампонов выделенных зон, защищенных гидроизоляцией. После стабилизации влажностных деформаций набухания гидроизоляцию снимали, и определялся характер развития усадочных деформаций.

Анализ развития влажностных деформаций при одностороннем и локальном увлажнении графоаналитическим методом проводили для сечения ABCD, рис. 1. а, б.

При одностороннем увлажнении площадь сечения NMCD увеличивается по схеме, представленной на рис. 2, а.

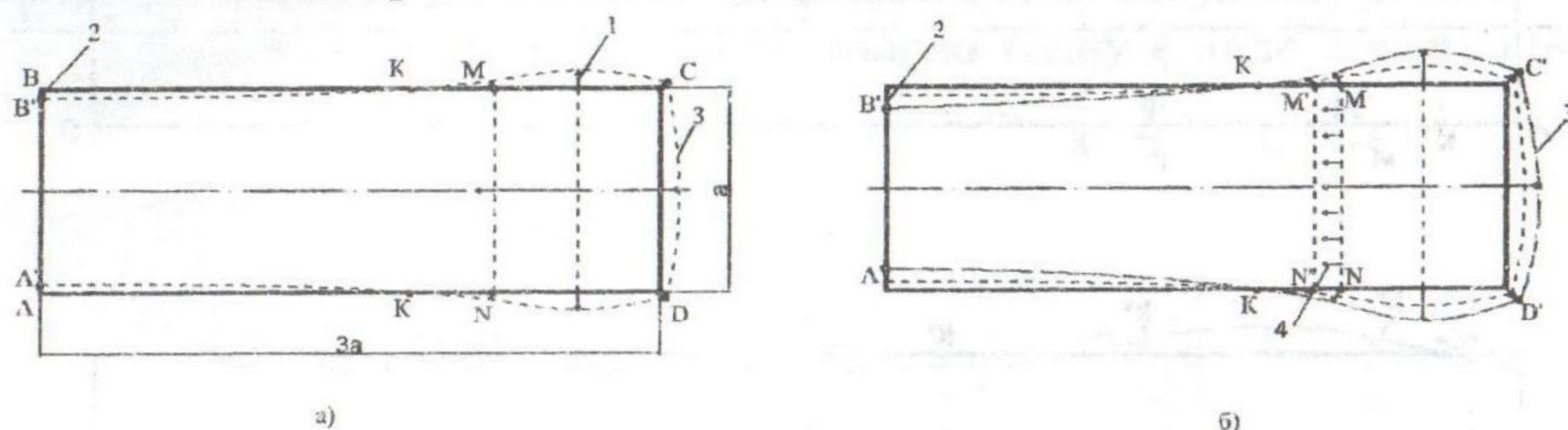


Рис. 2. Характер развития деформаций при начальном (а) и последующем одностороннем увлажнении изделий. 1 – направление деформаций набухания отдельных точек; 2 – направление деформаций сжатия ненагруженного участка; 3 – изменение геометрических параметров выделенного сечения изделия; 4 – направление перемещения фронта увлажнения

Примем, что локальное изменение площади центрального сечения не вызывает нарушения сплошности материала. В этом случае в точках КК деформации увеличения объема материала в изделии должны переходить в деформации уменьшения объема. Подобное предположение основывается на реакции ненагруженного участка изделия на увеличение объема противоположного участка, поскольку реализуется принцип взаимосвязи структурных элементов внутри изделия как целостной системы. По мере продвижения фронта увлажнения до границы N'M' (рис. 2, б) увеличивается зона увеличения объема увлажнения, что ведет к перемещению точки перехода К от деформаций набухания к деформациям сжатия.

Аналогичное распределение влажностных деформаций и реакций на них при локальном увлажнении изделий в форме балок, рис. 3.

Анализ развития влажностных деформаций при одностороннем и локальном увлажнении позволяет заключить, что в результате реакции ненагруженного материала в изделиях формируется деформационно-напряженное состояние, которое изменяется соответственно развитию влажностных деформаций. При этом, независимо от способа неполного увлажнения (одностороннее или локальное), в материала изделий зарождаются и развиваются специфические стоячие затухающие деформационные волны. Длина возникающих волн зависит от соотношения

размеров увлажненных участков и геометрических характеристик изделий. Высота волн (величина влажностных деформаций) зависит от вида материала и геометрических параметров изделий.

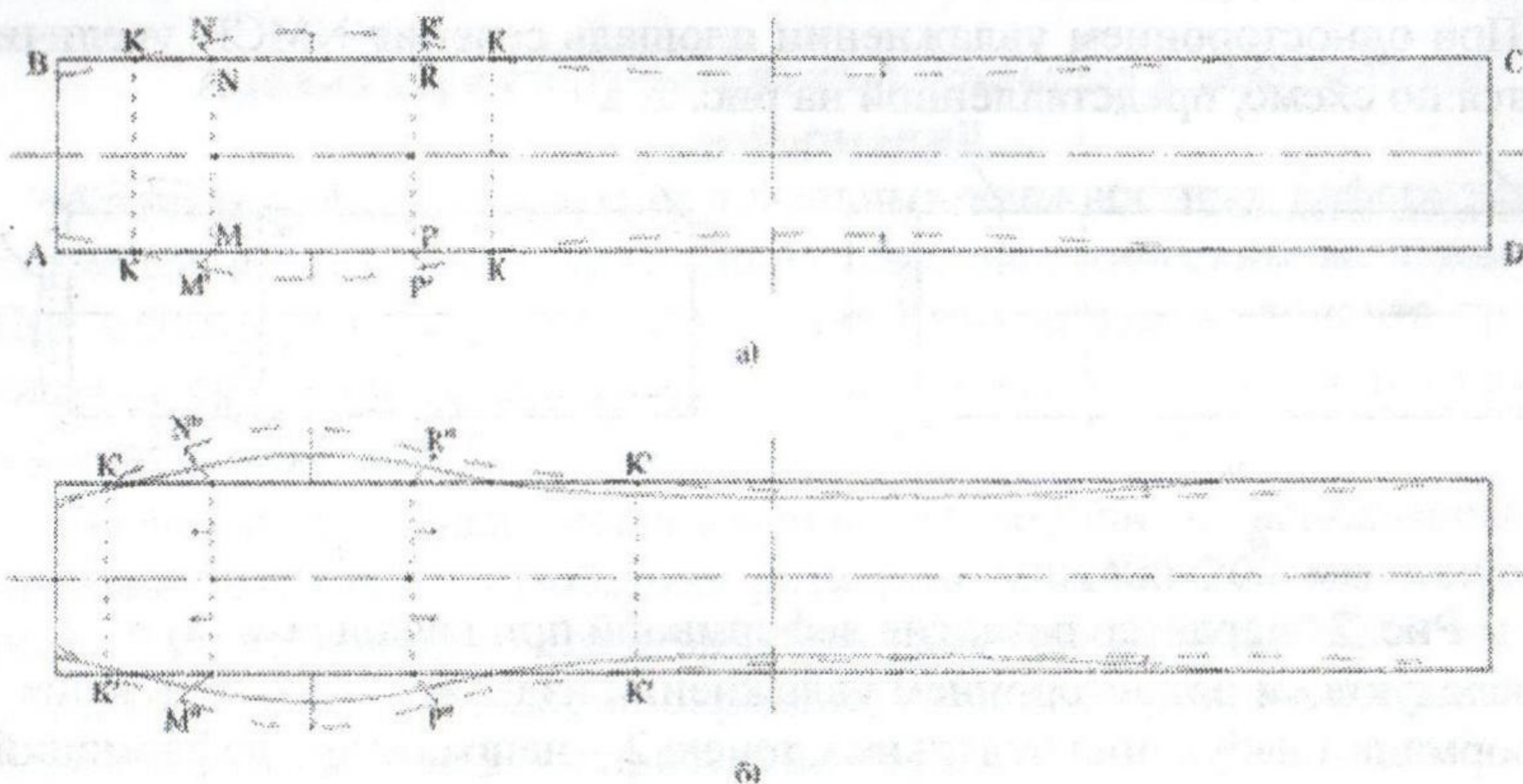


Рис. 3. Характер развития деформаций при начальном (а) и последующем локальном увлажнении линейного элемента

Для экспериментального подтверждения выдвинутых предположений о характере развития деформационных "волн" в изделиях при одностороннем и локальном увлажнении была проведена серия опытов. Анализировали распределение деформаций в стеновом блоке из газобетона ( $\gamma = 600 \text{ кг/м}^3$ ) и бетонной балке из тяжелого бетона ( $\gamma = 2230 \text{ кг/м}^3$ ). Применение различных по виду и назначению материалов обосновывается преимущественным влиянием геометрических характеристик изделий на распределение объемных деформаций (влажностных или температурных). Природа материалов и их структурные параметры определяют абсолютные значения деформаций. Использование различных материалов позволяет получать более обобщенные зависимости о характере развития деформаций при неполном (частичном, локальном, одностороннем) увлажнении строительных изделий и конструкций.

Одностороннее увлажнение стенового блока привело к формированию деформационной "волны" вдоль блока. На рис. 4 приведены результаты, полученные в случае одностороннего увлажнения в течение 24 часов, что привело к стабилизации влажностных деформаций и реакции на них ненагруженных участков блока.

В зоне увлажнения произошло набухание материала до 0,07 мм/м. По мере удаления от зоны одностороннего увлажнения деформации

набухания уменьшаются и в центральной части блока переходят в деформации сжатия в 3,7 раз меньше по сравнению с деформациями набухания и постепенно уменьшаются по мере приближения к торцу блока. В результате одностороннего увлажнения сформировалась стоячая волна деформаций, которая включает в себя полуволну влажностных деформаций набухания и затухающую волну в виде деформаций сжатия.

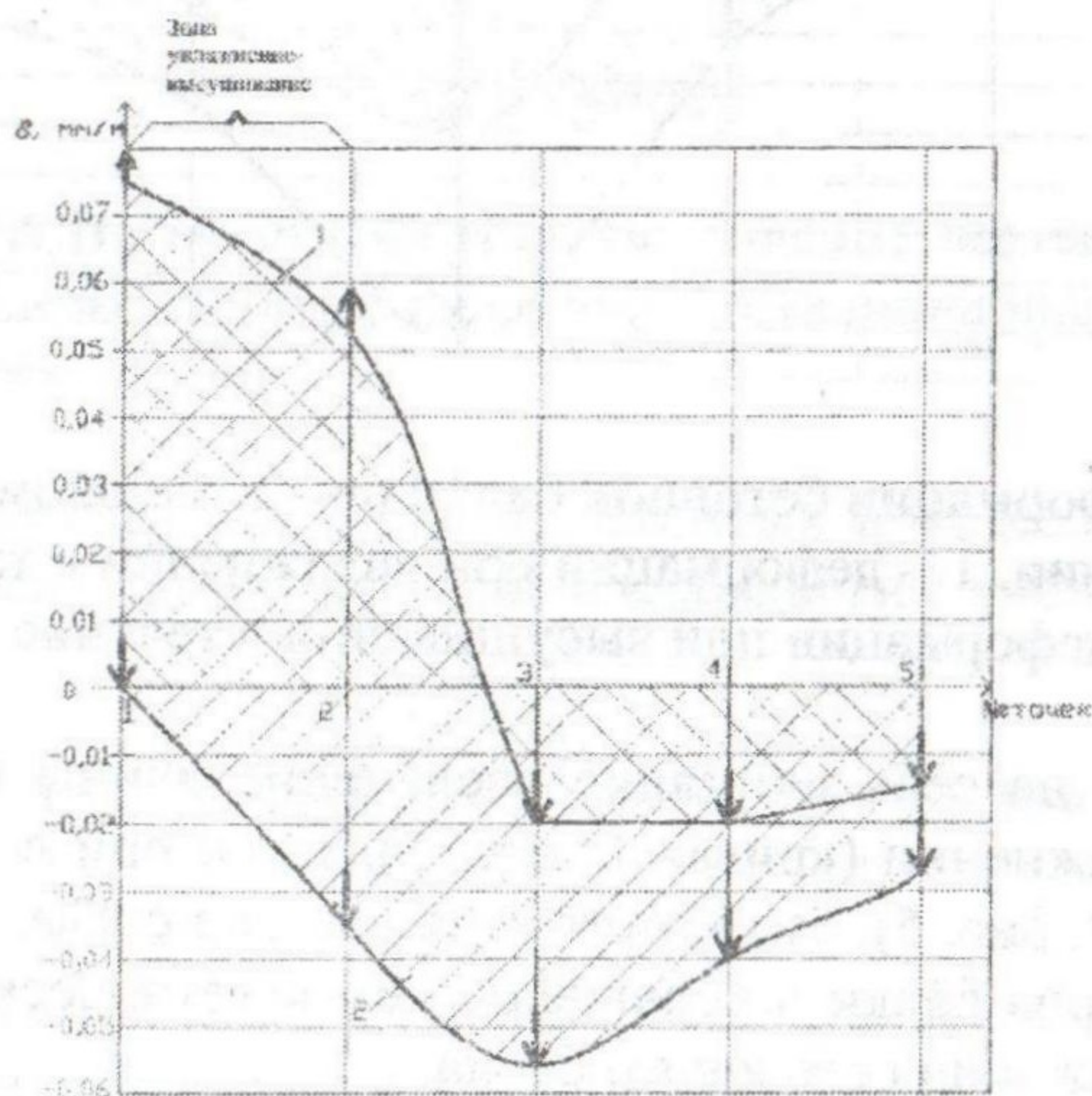


Рис. 4. Деформации стенового блока при его одностороннем увлажнении и высушивании. 1 — полные деформации при одностороннем увлажнении в течение 24 ч.; 2 — деформации при высушивании в течение 24 ч.

Высыхание образца приводит к развитию деформаций усадки увлажненной части стенового блока. Затухание деформаций усадки произошло после высушивания в течение 24 часов при относительной влажности воздуха  $\varphi = 80\%$  и температуре  $T = 22^\circ\text{C}$  (кривая 2, рис. 4).

Деформации усадки увлажненной части блока вызвали перераспределение деформаций по всей его длине. Произошло формирование деформационной волны, в которую входят усадочные деформации и деформации, вызванные реакцией на локальные влажностные деформации. Минимальные деформации сжатия наблюдаются в центральной части блока и уменьшаются на его торце.

Подобное формирование деформационных волн наблюдается при локальном увлажнении бетонной балки (рис. 5).

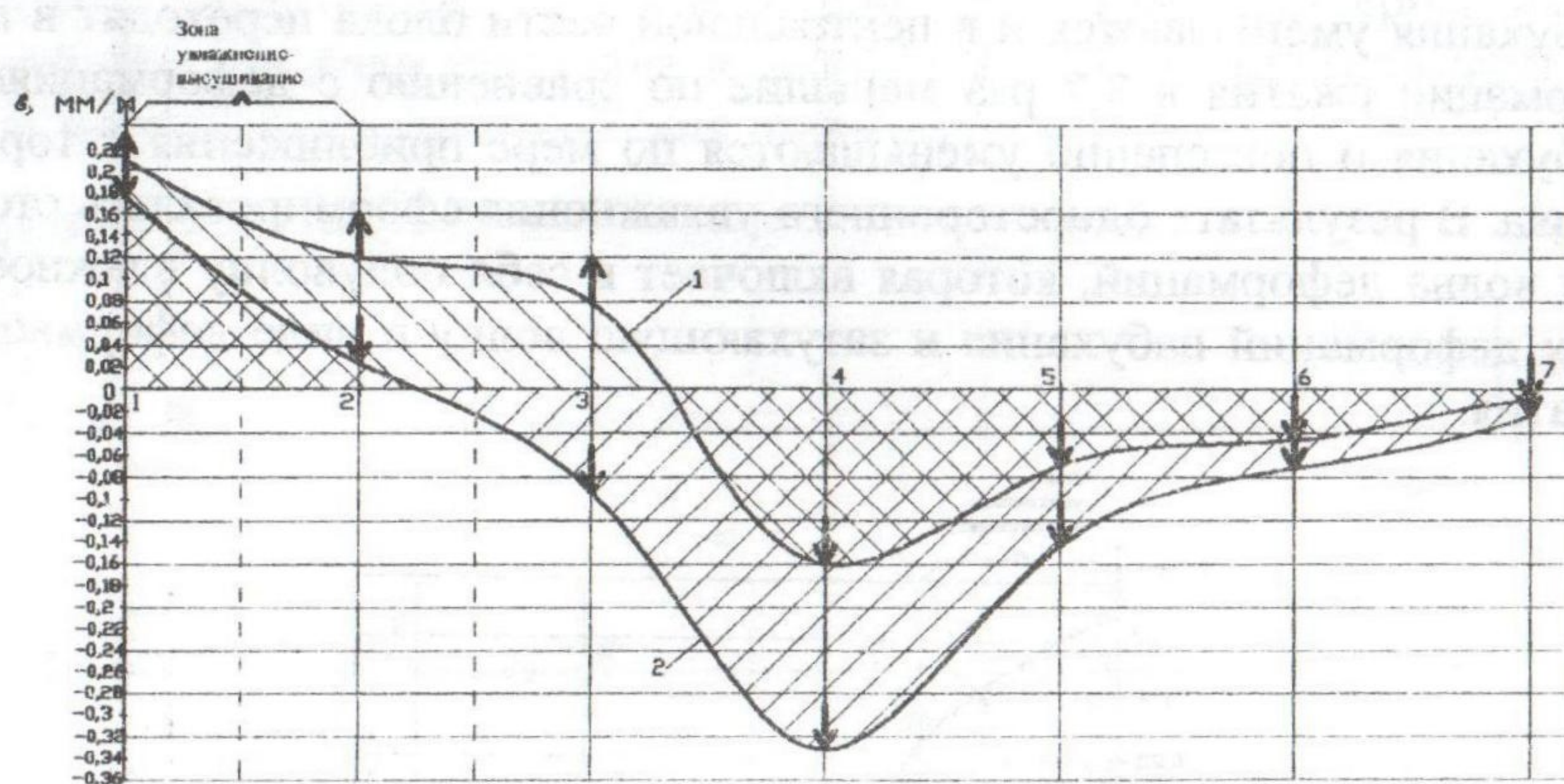


Рис. 5. Деформации бетонной балки при локальном увлажнении и высушивании. 1 – деформации при увлажнении в течение 7 суток; 2 – деформации при высушивании в течение 13 суток

Обращает на себя внимание увеличение длины волн как при локальном увлажнении (кривая 1, рис. 5), так и при локальном высыхании (кривая 2, рис. 5), что может быть связано с изменением геометрических размеров балки по сравнению с геометрическими размерами и методом увлажнения стенового блока.

### Выводы

Проведенные экспериментальные исследования показали, что при локальном увлажнении и высушивании строительных изделий в их материале возникают неравномерные знакопеременные деформации. Это ведет к формированию деформационных волн в изделиях, параметры которых определяются и геометрическими характеристиками изделий и расположением локальных участков изменения влажности. Вид материала оказывает влияние на кинетику развития и величину влажностных деформаций. Знакопеременные деформации, возникающие при формировании деформационных волн, могут быть причиной структурных изменений материала изделий и конструкций и, в итоге, преждевременному выходу конструкции из режима нормального функционирования.

## Summary

The paper presents an analysis of the nature of the local deformations as a result the local and sided humidification of building products.

## Литература

1. Мишутин А.В., Мишутин Н.В. Повышение долговечности бетонов морских железобетонных плавучих и стационарных сооружений. Одесса. Эвен. 2011.
2. Александровский С. В. Расчёт бетонных и железобетонных конструкций на изменения температуры и влажности с учётом ползучести. – М.: Стройиздат, 1973.
3. Цилоссани З. Н. Усадка и ползучесть бетона. Тбилиси. Мецниереба. 1979.
4. В. И. Соломатов, В. Н. Выровой, В. С. Дорофеев, А. В. Сиренко. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости. – К.: Будівельник, 1991.