

УДК 624.05

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ АРМАТУРЫ НА ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ

Барбул А.П., **Тимчишина Р.Л.** (Одесская Государственная академия
строительства и архитектуры)

Изучено влияние начальных деформаций на формирование полей и их перераспределение под действием нагрузок. Установлено влияние армирования на перераспределение деформаций.

Структура конструкции на макроуровне (представлена) конструктивно оформленным материалом, свойства которого характеризуются средними параметрами качества и структурными подэлементами представленными в данной работе арматурой.

Формирование макроструктуры конструкции зависит от устойчивости связей между отдельными подэлементами, которые имеют свои внутрисистемные связи. Для армированного полимера самостоятельным элементом подструктуры можно принять элемент, который обеспечивает совместную работу двух разнородных материалов [1, 2].

В конструкциях такого типа возникают локальные деформации и напряжения в отдельных зонах матричного материала арматуры, а также по поверхности их контакта.

При анализе работы таких конструкций представление о материале не меняется, а в его структуру можно ввести новый элемент – границу их раздела.

Формирование этого элемента зависит от физико-механических свойств и характера матричного материала, режимов его технологической обработки и температурно-влажностных градиентов формирования структуры. На границе раздела возникает собственное поле остаточных деформаций, которое зависит от конфигурации поверхности взаимодействующих материалов и интенсивности объёмных деформаций.

Ниже по тексту приводятся результаты экспериментальных исследований моделей балок изготовленных из полимера и арматуры. Они позволили проанализировать характер сформировавшихся начальных интегральных полей деформаций и оценить влияние на дальнейшее изменение на дальнейшее изменение их под действием внешней нагрузки.

Наличие арматуры в объёме модели существенно изменило картину полей деформаций по сравнению с моделями без неё.

Самая упрощённая схема армирования – наличие в нижней зоне моделей гладкой продольной арматуры без анкеровки на концах.

Картины распределения начальных усадочных деформаций для таких образцов приведены на рис. 1.

Использование в эксперименте арматуры с гладкой поверхностью позволило оценить влияние усадочных деформаций полимера на общую картину распределения технологических деформаций и на формирование контактной зоны арматура – полимер.

Для групп образцов, структура которых формировалась в естественных температурно-влажностных условиях, картины интегральных полей деформаций при армировании модели одним стержнем приведены на рис. 1а и соответственно с двумя рис. 1б. Для этой группы образцов по объёму сформировались пять уровней плотностей усадочных деформаций, которые проходят параллельно продольной оси и плавно переходят из одного на другой уровень. Наиболее высокий уровень плотностей деформаций наблюдается в зоне контакта арматуры с полимером за счёт клеящей способности последнего.

Наиболее высокий уровень плотности усадочных деформаций занял несколько больший объём в моделях с двумя стержнями, что свидетельствует о влиянии на уровень усадочных деформаций периметра поверхности соприкосновения арматуры с полимером. По мере удаления от арматуры по высоте модели плотность усадочных деформаций уменьшается и на высоте $0,73h$ для модели с одним стержнем и $0,78h$ для модели с двумя стержнями практически равны нулю. По свободной от арматуры верхней плоскости сформировались усадочные деформации наиболее плотности. На торцах моделей технологических деформаций практически нет.

Прогрев моделей в воде до 90°C с последующим охлаждением в ней, после 14-ти дневного хранения образцов в естественных условиях, привел к существенному изменению полей плотности деформаций по объёму. Они приведены на рис. 1в; г.

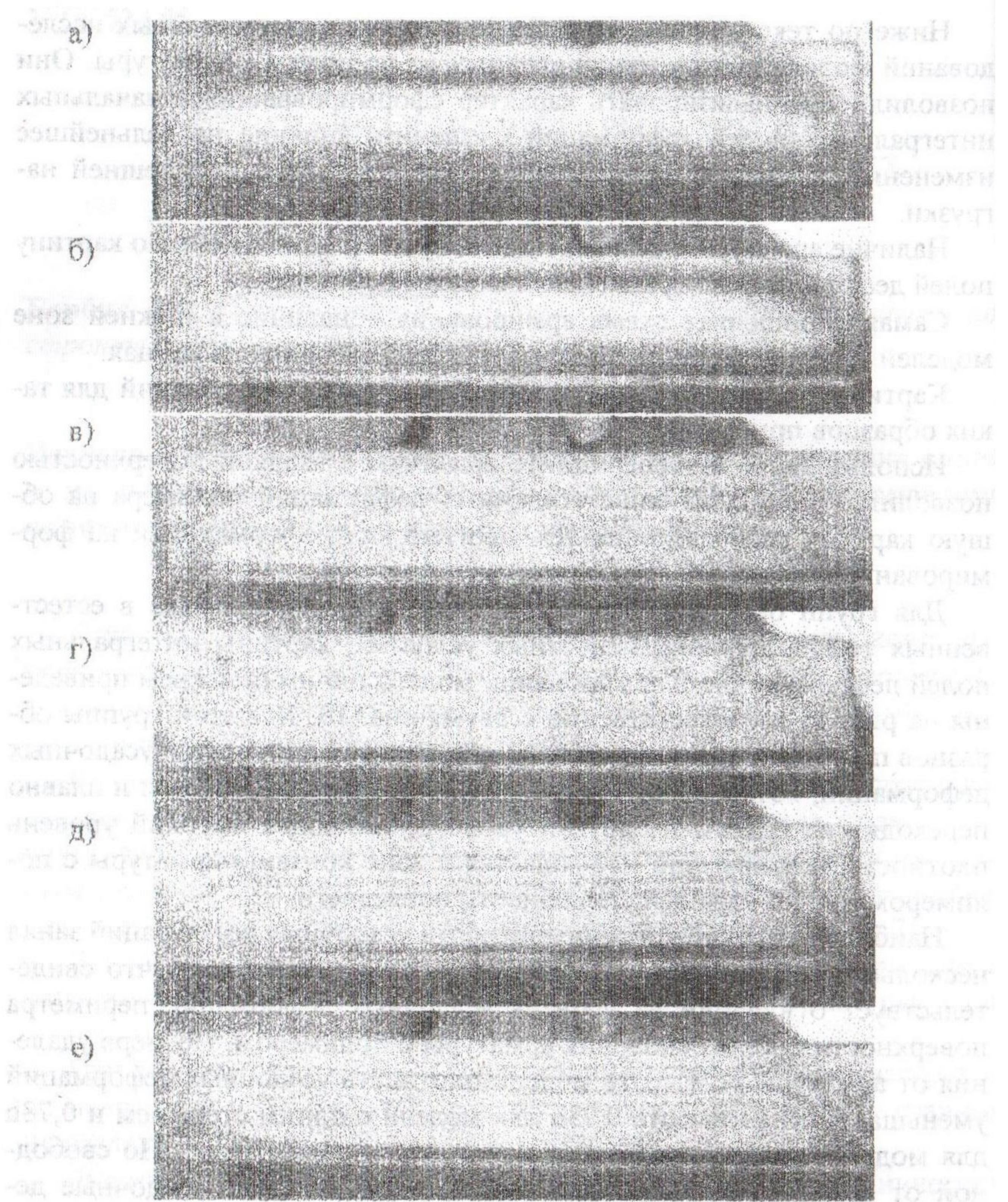


Рис. 1. Интегральные поля деформаций, сформировавшиеся в моделях, армированных продольной арматурой, без её анкеровки на торцах: а – при естественном твердении, с 202мм, б – то же, 103мм, в – после прогрева в воде и охлаждения в ней, 202мм, г – то же, 103, д – прогрев в воде и охлаждение в камере, 202мм, е – то же, 103мм.

В контактной зоне арматура полимер в образцах подвергнутых обработке уровень плотности деформаций существенно снизился по сравнению с образцами естественного твердения. Эти деформации способствовали формированию изоклин выпуклостью вверх от арматуры по трапеции с чётко очерченными линиями изоклин по высоте образца на $0,68h$ при армировании двумя стержнями и на $0,59h$ при армировании одним. Выше рисунок теряется, но окраска поля свидетельствует о наличии поля плотности деформаций практически одного уровня в среднем объёме. К торцам уровень плотности возрос, и поле деформаций сформировалось в конусообразные объёмы.

Для сопоставительного анализа часть образцов после прогрева в воде охлаждали в камере. Поле деформаций таких моделей приведено на рис. 1д,е. Такая технологическая обработка моделей способствовала развитию усадочных деформаций по всему объёму моделей. На картинке изохром оказали влияние силы сцепления арматуры с полимером, которые привели к искривлению их с выгибом к срединной плоскости образца. Высота этой зоны для образцов с одной арматурой составила $0,73h$, где h – высота сечения. Выше этих объёмов меняется выгиб полос интерференции. Поверхность таких моделей имеет начальные технологические деформации.

На торцевых участках моделей в продольные полосы интерференции вклиниваются близкие по форме к треугольникам криволинейные полосы разного уровня деформаций направленные перпендикулярно продольной оси модели и имеют до 4-х уровней плотности деформаций.

Рассмотрим результаты исследования моделей балок армированных сваренными каркасами, которые широко используются в практике изготовления железобетонных балочных конструкций.

Картины распределения равноплотных объёмов деформаций для образцов армированных каркасами первого типа приведены на рис. 2 и второго типа – на рис. 3.

Поля деформаций в образцах первого типа армирования сформировавшиеся в процессе структурообразования в естественных условиях приведены на рис. 2а.

Так как диаметры продольной верхней и нижней арматуры одинаковые то в процессе структурных преобразований получили симметричную картину полей плотности усадочных деформаций по объёму модели. Деформации наиболее высокого уровня плотности сформировались в среднем объёме модели занимая третью часть высоты. Уровень плотности деформаций к наружным продольным плоскостям сни-

зился на два порядка, а к объёму с армированием поперечной арматурой на четыре. В объёме с армированием хомутами плотность деформаций матричного материала одного уровня. В зонах контакта хомутов с матричным материалом плотность деформаций минимальна. На торцевых участках моделей присутствуют как деформации нулевого уровня, которые к поверхности моделей возрастают на два порядка.

Прогрев образцов в воде с последующим охлаждением в камере за сутки до испытаний изменили сформировавшиеся поля деформаций.

Характер их распределения приведен на рис. 2в.

В процессе прогрева произошло перераспределение плотностей деформаций по всему объёму.

Уровни плотностей сформировались тонкими плоскостями с разницей до четырёх порядков. Неоднородность плотностей деформаций отмечается по всему объёму модели. В зонах расположения хомутов видны криволинейные плоскости разноуровневых плотностей с максимальной кривизной в средней зоне по высоте образца в зоне.

В зонах с поперечным армированием прогрев сформировал плотности более высоких порядков кривизнами в различных направлениях, т.к. эти объёмы моделей находятся в замкнутом контуре продольной и поперечной арматуры.

На торцевых объёмах практически отсутствует сцепление продольной арматуры матричным материалом. Срединные плоскости торцевых зон сформировали поле деформаций среднего уровня плоскости. Направление кривизны полей равных деформаций свидетельствуют о наличии как растягивающих, так и сдвигающих усилий.

Медленное охлаждение моделей после прогрева в воде привело к образованию полей плотности очерченных по конфигурации близкой к полям выше проанализированным. Основное отличие – в этих образцах изоклины более тонкие, что свидетельствует о перераспределении плотностей более высокого порядка. Этот процесс позволил достичь более равномерного распределения деформаций по объёму модели. Такие изменения наблюдаются в объёме образца, где отсутствует армирование поперечными стержнями. В зонах поперечного армирования характер распределения полей деформаций прогретых образцов не изменился. Прогрев образцов с принятыми в экспериментах режимами охлаждения не снивелировали по объёму интегральные поля усадочных деформаций.

В моделях балок с каркасами второго типа, где отсутствует в срединной трети верхняя арматура, очертания полей интегральных деформаций отличаются от полей моделей первого типа.

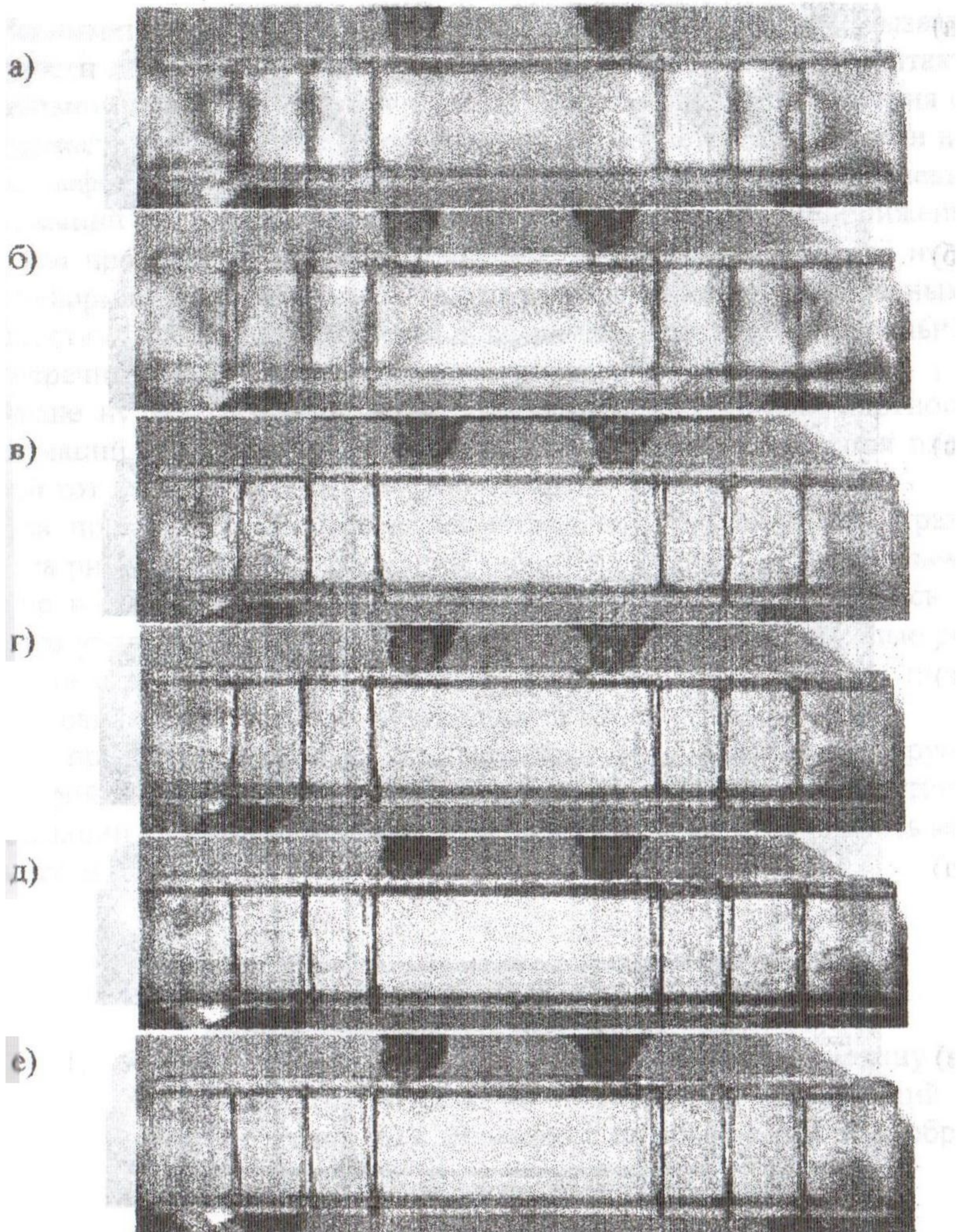


Рис. 2. Картины распределения равноплотных объёмов деформаций для образцов, армированных каркасами первого типа ($2\varnothing 2\text{мм}$): а, б – при естественном твердении, в, г – после прогрева в воде и охлаждения в ней, д, е – прогрев в воде и охлаждение в камере

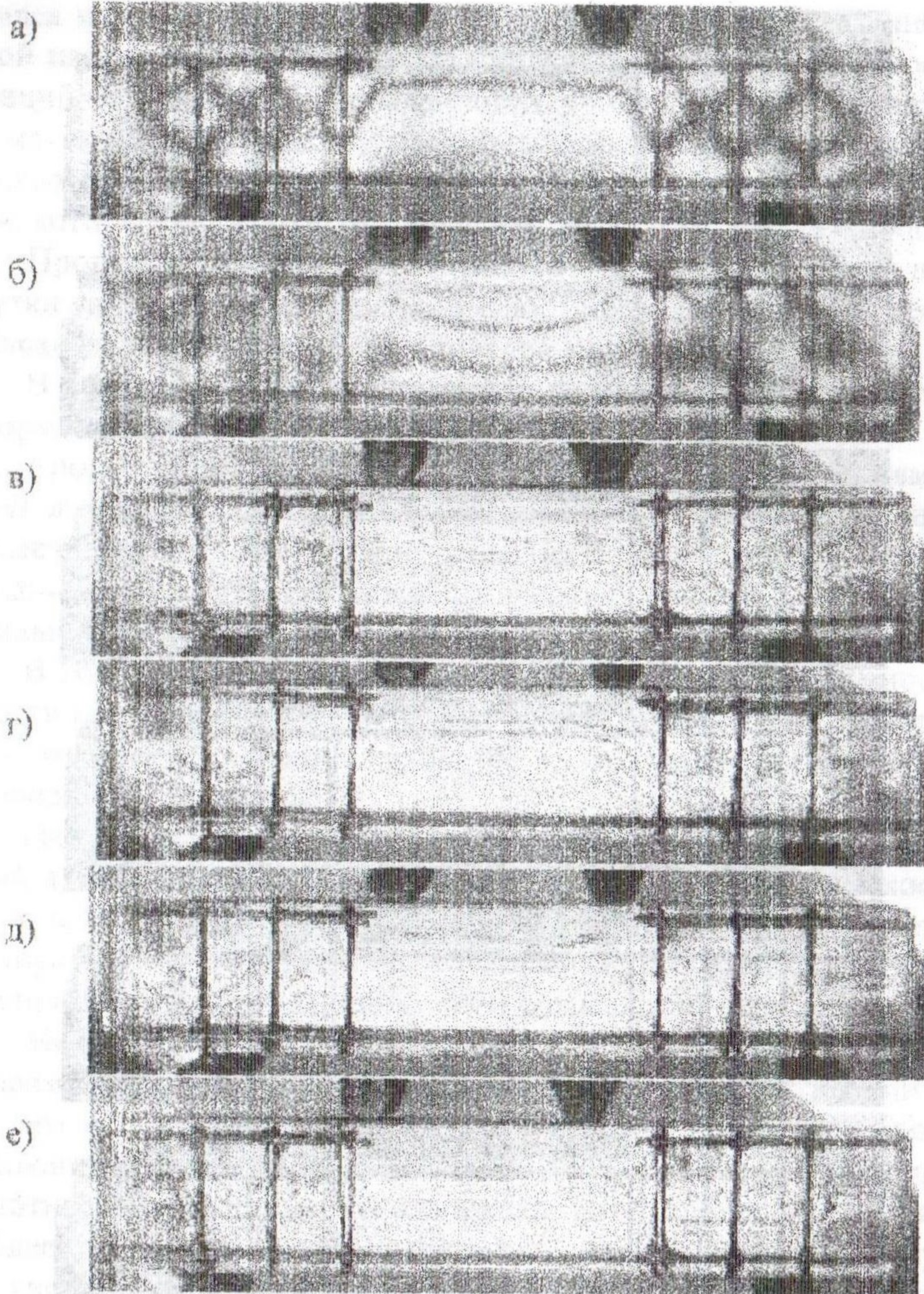


Рис. 3. Картины распределения равноплотных объёмов деформаций для образцов армированных каркасами второго типа (1Ø3мм): а, б – при естественном твердении, в, г – после прогрева в воде и охлаждения в ней, д, е – прогрев в воде и охлаждение в камере

Несимметричное армирование продольной арматурой вызвало плотности деформаций наиболее высоких порядков в зонах контакта продольной арматуры с матричным материалом. По мере удаления от поверхности в объеме без верхней арматуры падает. До плоскости нулевых деформаций их выделилось четыре уровня. Плоскость нулевых деформаций расположилась на высоте $0,73h$. По мере приближения хомутов происходит резкое искривление положения плоскости нулевых деформаций до отметки $0,27h$, где она соединяется с X-образными плоскостями нулевых плотностей в замкнутых контурах с продольной и поперечной арматурой.

Выше нулевых плотностей наблюдается трехуровневая плотность деформаций. Торцевые участки имеют характер распределения плоскостей тот же что и при симметричном армировании.

Для прогретых образцов несимметричность армирования отразилось на рисунке полей деформаций значительно в срединном объеме. В зоне контакта арматуры с бетоном силы сцепления снизились до второго уровня и по высоте образца сформировались в выпуклые разноуровневые плоскости деформаций. Характер распределения их по высоте свидетельствует о неоднородности материала.

Для прогретых образцов, остывающих в воде, характерно нарушение стройности рисунка, но по всему объему образца присутствуют деформации разной плотности, что подтверждает неоднородность матричного материала.

Выводы

1. Армирование моделей существенно изменяет картину распределения остаточных технологических деформаций по объему образца по сравнению с не армированными образцами.
2. Усадочные деформации по объему образца не равномерны, характер их распределения зависит от схемы армирования, условий формирования структуры.
3. Наиболее высокий уровень усадочных деформаций сформировался при симметричном армировании в центральной зоне модели и на контакте арматура - полимер при разрыве верхней арматуры. Торцевые участки моделей

верхней арматуры. Торцевые участки моделей имеют технологические деформации направленные перпендикулярно продольной оси по криволинейной поверхности с несколькими уровнями, что свидетельствует о неравномерном формировании деформаций в этих зонах. В объёмах образцов с поперечным и продольным армированием наблюдается устойчивые формирования деформаций в зонах контакта арматуры с бетоном и практическое отсутствие их в объёме полимера между арматурой.

4. Тепловая обработка армированных моделей привела к формированию начальных растягивающих напряжений как в матричном материале между арматурами приопорных зон, так и в верхних участках этой части модели.

Литература

1. Дорофеев В.С., Выровой В.Н. Технологическая повреждённость строительных материалов и конструкций. Одесса: ИМК Город мастеров, 1998. – 162с.
2. Соломатов В.И., Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Сиренко А.В. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости. К. «Будівельник», 1991 – 144с.