

**УДК 691.32:620.191.33**

**ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРЫ МОНОЛИТНЫХ  
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ**

**ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРИ МОНОЛІТНИХ  
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ КАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ**

**DESCRIPTION OF STRUCTURE OF REINFORCED MONOLITHIC  
CONCRETE CONSTRUCTIONS OF FRAMEWORK BUILDING**

**Суханов В.Г.** (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

**Суханов В.Г.** (Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса)

**Sukhanov V.G.** (Odessa State Academy of Construction and Architecture, Odessa)

**На базе результатов обследования монолитных железобетонных конструкций жилых каркасных зданий показано, что технологические трещины и внутренние поверхности раздела являются реально существующими структурными элементами материала на микро- и макроуровнях.**

**На базі результатів обстеження монолітних залізобетонних конструкцій житлових каркасних будівель показано, що технологічні тріщини та внутрішні поверхні розділу є реально існуючими структурними елементами матеріалу на мікро- та макрорівнях.**

**According to investigation results of the sample reviews of the reinforced monolithic concrete constructions of the framed apartment buildings it shows that technological cracks and internal interphases appear to be really existind structural elements of the material on micro and macro levels.**

**Ключевые слова:**

монолитные железобетонные конструкции, структура, технологические трещины, внутренние поверхности раздела.

монолітні залізобетонні конструкції, структура, технологічні тріщини, внутрішні поверхні розділу.

monolithic reinforce-concrete constructions, structure, technological cracks, internal interphases.

**Выбор монолитных железобетонных** конструкций каркасных зданий в качестве исследуемых строительных объектов обоснован большим объёмом применения каркасных несущих систем в реальной практике строительства многоэтажных зданий и сооружений различного назначения, в том числе возводимых в сейсмических районах. В процессе поэтажного бетонирования практически все конструкции каркасных зданий находятся под воздействием окружающей среды. Собственные деформации твердеющего вяжущего и деформации, связанные с воздействием окружающей среды, инициируют физико-механические процессы, сопровождаемые образованием технологических трещин (ТТ) и внутренних поверхностей раздела (ВПР). Это предполагает, что на каждом уровне структурных неоднородностей в процессе организации структуры зарождаются и развиваются ТТ и ВПР. На уровне вяжущего ТТ и ВПР образуются из межкластерных поверхностей раздела [1, 2].

Взаимодействие твердеющего матричного материала с заполнителями ведёт к зарождению ТТ и ВПР в каждой структурной ячейке бетона [3]. Градиенты интегральных собственных деформаций бетона в период получения изделий ведут к образованию ТТ и ВПР на уровне конструкций [3]. Таким образом в материале строительных конструкций должны присутствовать ТТ и ВПР различных «рисунков», протяженности и ориентирования. Для подтверждения этого было проведено обследование монолитных железобетонных конструкций различных строительных объектов. Обследовались несущие конструкции (монолитные колонны и перекрытия, диафрагмы жесткости), а также отдельные элементы (шахты лифтов, лестничные марши и площадки и т.п.). ТТ и ВПР в конструкциях выявлялись и фиксировались по методике, описанной в [4, 5].

На рис. 1 показаны характерные для большинства монолитных железобетонных конструкций различного функционального назначения ТТ и ВПР различных масштабных уровней.

**Анализ обследования** позволил установить, что часть ТТ и ВПР возникла в бетоне на уровне его структурных неоднородностей (рис. 1, а), часть – на уровне самой конструкции (рис. 1, б, в). Обнаружены ТТ, причиной возникновения которых следует считать конструктивные особенности элементов и технологию их бетонирования (рис. 1, в).

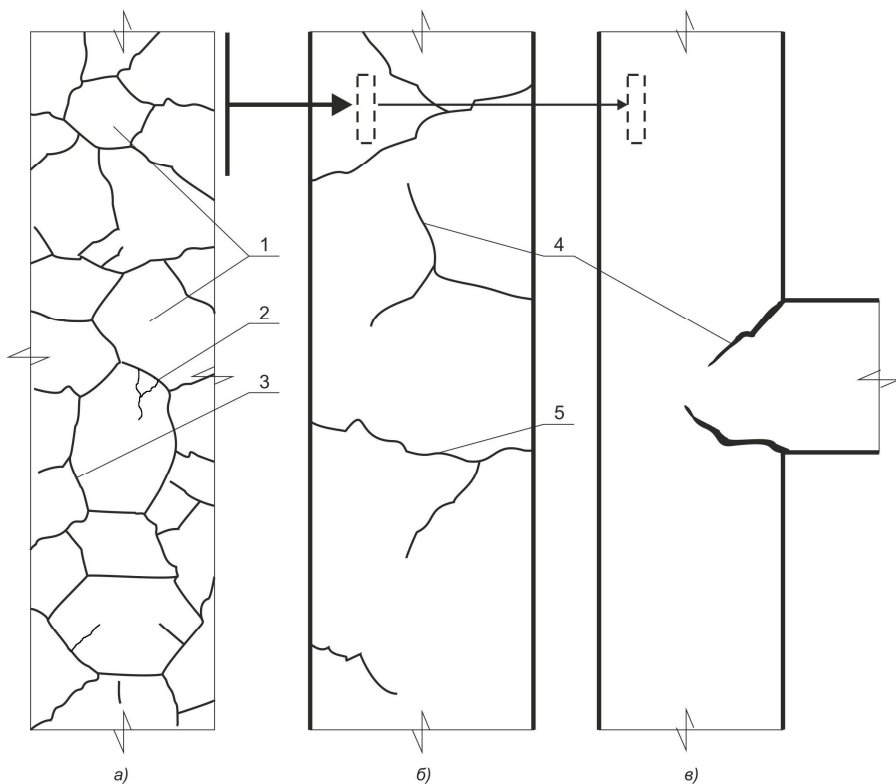


Рис. 1. Характер поврежденности монолитных железобетонных конструкций технологическими дефектами

а) – на уровне бетона

б), в) – на уровне конструкции

1 – структурные блоки;

2 – ТТ на уровне структурных неоднородностей бетона;

3 – ВПП на уровне структурных неоднородностей бетона;

4 – ТТ на поверхности конструкций;

5 – ВПП на уровне конструкций и конструктивных соединений

Причиной образования ТТ следует считать разнонаправленные деформации, связанные с объемными изменениями твердеющего материала сочлененных конструктивных элементов. Возможные схемы распределения и последующего развития собственных деформаций бетона представлены на рис. 2.

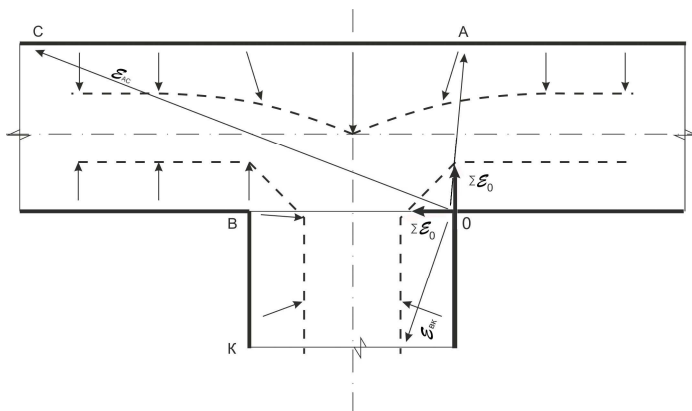


Рис. 2. Распределение собственных деформаций бетона в конструктивном узле

Следует отметить, что ТТ подобного типа отнесены к технологическим трещинам в силу того, что они возникают в материалах конструкций при его твердении. Как правило, трещины подобного вида зависят не столько от составов бетона и режимов набора прочности, сколько от геометрических особенностей конструкции узла сочленения и организации процессов бетонирования.

На поверхностях строительных конструкций, которые бетонировались в вертикальном положении, обнаружено различное распределение ТТ и ВПР по высоте изделий, рис. 3.

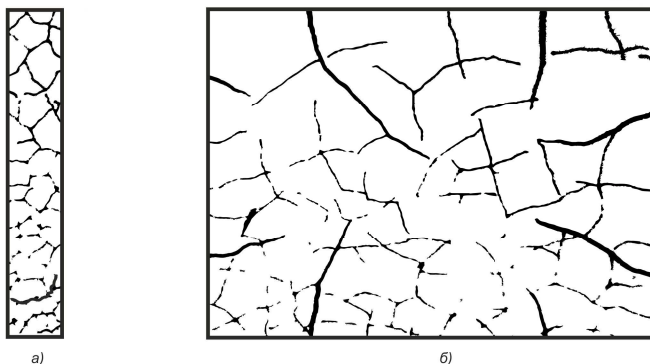


Рис. 3. Характер распределения ТТ по высоте вертикально формируемых монолитных железобетонных изделий

- а) – стержневые элементы (колонны и т.п.)
- б) – плитные элементы

Для количественной оценки характера распределения ТТ и ВПР по высоте изделий использовался коэффициент поврежденности  $K_{п}$ , методика определения которого описана в [4, 5].

В качестве примера рассмотрено изменение поврежденности в монолитных железобетонных колоннах каркасного здания жилого дома. Для этого по высоте колонны выделялись одинаковые по площади участки поверхности. Схема выделения характерных участков поверхности представлена на рис. 4, а.

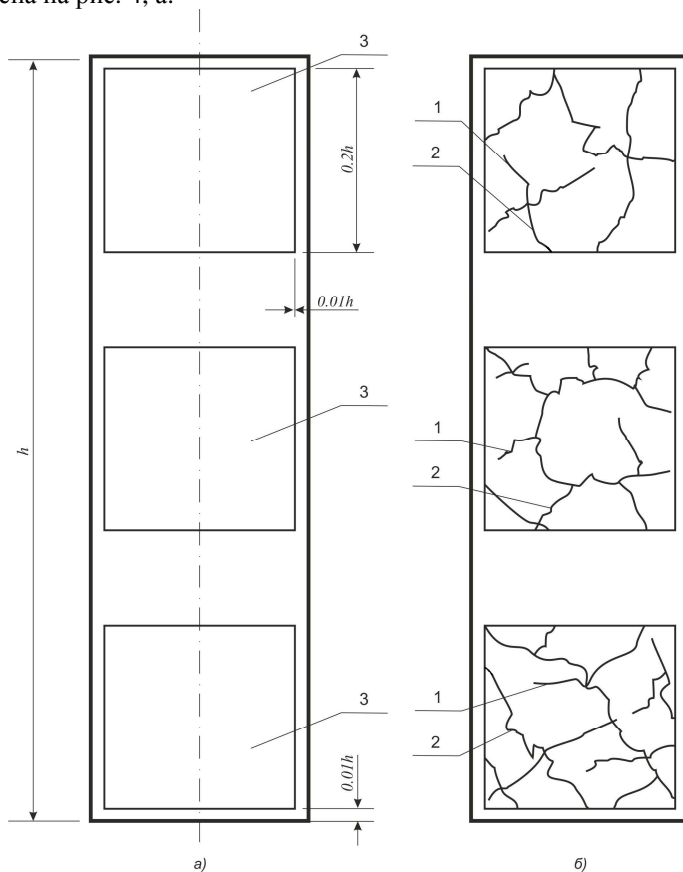


Рис. 4. Методика оценки изменения технологической поврежденности на высоте изделия

- а) – выделенные участки поверхности для анализа поврежденности;
- б) – пример изменения технологической поврежденности
- 1 – ТТ;
- 2 – ВПР;
- 3 – анализируемые участки поверхности

После обнаружения на поверхности колонн ТТ и ВПР производилась их фотофиксация и замерялась суммарная протяженность в границах каждого выделенного участка поверхности. Для каждого выделенного участка определялись коэффициенты поврежденности  $K_{п}$ .

При выборе колонн для исследования исходили из того, что каждая колонна должна быть отформована из одного объема бетонной смеси. Поэтому, для определения их поврежденности из технологической карты бетонирования на каждом этаже выбирались по две колонны (всего было принято три этажа – 2-й, 4-й, и 5-й) таким образом, чтобы их формирование проводилось из разных автобетоновозов.

Результаты исследований показали, что по высоте изделий  $K_{п}$  может изменяться в 1,32 ... 1,54 раза. Визуальный анализ обнаруженных ТТ и ВПР показал, что на поверхности выделенных участков преобладают трещины на следующих уровнях структурных неоднородностей: на уровне микроструктуры (вяжущее) и на уровне макроструктуры (бетон). При этом свойства бетонной смеси ( $OK = 18...20$  см) и прочность бетона ( $R = 31...33$  МПа) были одинаковыми. Можно предположить, что изменение поврежденности в таких значительных пределах связано с расслоением бетонной смеси по высоте изделия. В свою очередь изменение исходных составов матричного материала и заполнителей, по данным [4, 6], ведет к изменению условий структурообразования и, в итоге, к общему изменению технологической поврежденности материала. Кроме того, учитывая что бетонирование каждой колонны проводилось сразу по всему ее объему, нижние слои бетона твердели в условиях постоянно повышенного давления от массы верхних слоев. Это также являлось одной из причин изменения условий формирования структуры бетона, что сказалось на изменении поврежденности материала по высоте изделий.

Аналогичный анализ изменения  $K_{п}$  по высоте вертикально формируемых изделий проводился для конструкций других видов (диафрагмы, шахты лифтов). Результаты анализа показали, что в среднем по высоте вертикально формируемых изделий технологическая поврежденность изменяется в 1,2...1,5 раза. При этом на изменение градиентов поврежденности по высоте вертикально формируемых изделий не оказывает заметного влияния вид конструкций (стержневые или плитные элементы).

**Проведенный анализ** показал, что предложенный метод оценки изменения технологической поврежденности по высоте изделий может быть принят в качестве метода оценки расслоения в процессе формирования и уплотнения бетонной смеси. Для снижения градиентов технологической поврежденности можно рекомендовать добавки-стабилизаторы. Более эффективным, по нашему мнению, является метод послойного бетонирования с высотой одновременно укладываемого слоя в пределах 0,7...1,0 м, рекомендуемый для вертикального бетонирования железобетонных конструкций из подвижных, высокоподвижных и литых

бетонных смесей (например, при кассетном производстве межкомнатных перегородок на ДСК).

**Проведенные исследования** позволяют сделать следующие выводы:

1. Технологические трещины и внутренние поверхности раздела являются реально существующими структурными элементами материала строительных конструкций монолитного домостроения. Анализ показал, что на поверхности монолитных конструкций можно выделить ТТ и ВПР в микро- и макроструктурах бетона, ТТ и ВПР на уровне изделий и трещины в узлах сочленения монолитных конструкций. Объективное существование ТТ и ВПР как активных элементов структуры бетона в конструкциях различного функционального (целевого) назначения ставит задачу их учета при последующем воздействии среды эксплуатации.

2. По высоте вертикально формируемых монолитных конструкций технологическая поврежденность изменяется. Коэффициент поврежденности при этом изменяется в 1,2...1,5 раза. Изменение поврежденности по высоте стержневых, плитных и столбчатых элементов может быть связано с расслоением бетонной смеси при бетонировании и с изменением условий структурообразования нижних и верхних слоев изделия. Это необходимо учитывать при назначении технологии бетонирования.

1. В.И. Соломатов, А.Н. Бобрышев, А.П. Прошин. Кластеры в структуре и технологии композиционных строительных материалов // Известия вузов. Строительство и архитектура, №4. Москва – 1983. 2. А.Н. Герега, В.Н. Выровой, В.Г. Суханов. Особенности кластерной организации строительных композитов // Вестник ОГАСА, №33. Одесса, - 2009, стр. 172 – 180. 3. В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, А.Н. Герега, В.Г. Суханов, А.С. Чернега. Активные элементы структуры строительных композитов // «Современное промышленное и гражданское строительство», том 5, №2. Донбасс – 2009, стр. 61 – 68. 4. В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, В.Г. Суханов. Композиционные строительные материалы и конструкции: структура, самоорганизация, свойства. Одесса - 2010. 5. В.С. Дорофеев, В.М. Вировой, А.В. Мішугін, С.О. Кров'яков, В.Г. Суханов, Л.І. Резнікова. Патент на корисну модель №38003 «Спосіб визначення однорідності бетону». Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 25.12.2008 р. 6. В.Г. Суханов. Анализ роли материала в конструкции с использованием системного подхода // «Экономическое развитие Одесского региона и инновационные инженерные решения». Одесса - 2012, стр. 76 – 79.