

УДК69.059.22; 69.059.25

***ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЕ В МОНОЛИТНЫХ БЕТОННЫХ КОЛОННАХ  
СТРОЯЩЕГОСЯ ЗДАНИЯ***

***Романенко И.И.,***

*к.т.н., доцент*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства*

*Россия, г. Пенза*

***Петровнина И.Н.,***

*к.т.н., доцент*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства*

*Россия, г. Пенза*

***Пинт Э.М.,***

*к.т.н., профессор*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства*

*Россия, г. Пенза*

***Еличев К.А.,***

*к.т.н., доцент*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства*

*Россия, г. Пенза*

**Аннотация**

Исследование направлено на определение экспериментальной картины распространения трещин в монолитной колонке строящегося здания в период перехода с зимы к весне. В результате моделирования процесса на компьютере были получены результаты, которые показали, что образование трещин и их раскрытие определяется влиянием движения влаги в колонне из-за неравномерного нагрева колонн солнечными лучами.

**Ключевые слова:** монолитный колонны, армирование, неравномерный нагрев, температурные перепады, интенсивное высушивание поверхности бетона, усадка, трещинообразование.

## ***CRACKING IN MONOLITHIC CONCRETE COLUMNS OF A BUILDING BUILDING***

***Romanenko I.I.,***

*Ph.D., Associate Professor*

*Penza State University of Architecture and Construction*

*Russia, Penza*

***Petrovnina I.N.,***

*Ph.D., Associate Professor*

*Penza State University of Architecture and Construction*

*Russia, Penza*

***Pint E.M.,***

*Ph.D., professor*

*Penza State University of Architecture and Construction*

*Russia, Penza*

***Elichev K.A.,***

*Ph.D., Associate Professor*

*Penza State University of Architecture and Construction*

*Russia, Penza*

### **Annotation**

The study aims to determine the experimental pattern of crack propagation in a monolithic column of a building under construction during the transition from winter to spring. As a result of modeling the process on a computer, results were obtained that showed that the formation of cracks and their opening is determined by the

influence of moisture in the column due to the uneven heating of the columns by sunlight.

**Key words:** monolithic columns, reinforcement, uneven heating, temperature differences, intensive drying of the concrete surface, shrinkage, crack formation.

В период с сентября по октябрь 2018 года проводилось обследование колонн первого этажа, строящегося трехэтажного общественного здания в г Ульяновск с учетом условий строительства и климатических особенностей региона [1, 2]. При этом осуществлялось инструментальное определение глубины и ширины раскрытия наиболее характерных трещин.

В процессе обследования изучались следующие исходные материалы:

- материалы проекта колонн стадии «Р», шифр 1-11-КЖ;
- акты на скрытые работы при возведении монолитных колонн 1-го этажа.
- журнал бетонных работ № 3 «Производства».

Возраст бетона колонн составляет 11 месяцев. Проектный класс бетона – В25.

Здание состоит из трех независимых в конструктивном отношении секций, разделенных деформационными швами. Каждая секции включает три этажа. Пространственная жесткость обеспечивается жестким сопряжением железобетонных колонн и железобетонных балок перекрытий[3,4].

Сетка колонн I секции – от 5,49×9,0 до 12,0×9,11 м; сетка колонн I и II секции – 9,0×9,0 м. Сечение колонн 1-го этажа 700×700 мм, высота от 6,47 м до 7,79 м.

Колонны армированы арматурой класса А-III от 8Ø25 до 6Ø32 + 12Ø28 + 2Ø16 (рис. 1). Поперечная арматура выполнена в виде замкнутых хомутов из Ø8A1, установленных с шагом 300 мм в зоне нахлестки и 400 мм в остальной

части колонны. Толщина защитного слоя бетона – 50 мм до центра тяжести рабочей арматуры [1].

Ширина раскрытия трещин измерялась в местах максимального их раскрытия с помощью измерительных шаблонов и микроскопа МПБ-2. Глубина трещин ( $h$ ) определялась при помощи ультразвуковых измерений по формуле:

$$h = \frac{b}{2} \sqrt{\left(\frac{t_{\text{поп}}}{t_{\text{вд}}}\right)^2 - 1},$$

где:  $b$  – база измерения, мм;

$t_{\text{вд}}$  – время распространения ультразвука вдоль трещины, мкс;

$t_{\text{поп}}$  – время распространения ультразвука поперек трещины, мкс.

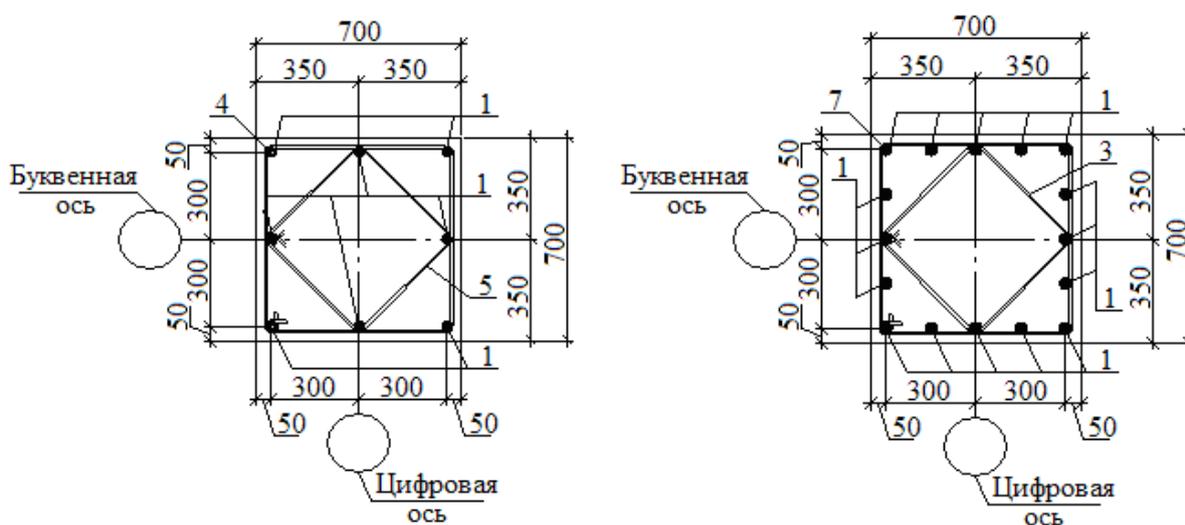


Рис. 1. Схема армирования колонн

Использовался прибор УК1401 на базе 150 мм. На каждом участке контроля производится по три измерения. Положение трещин относительно арматуры конструкций определялось с помощью магнитного метода по ГОСТ 22904-89 с применением прибора ИПА-МГ4 [4, 5].

При анализе наиболее вероятных причин возникновения трещин определялась величина усадочных напряжений и наибольшие температурные перепады за период набора прочности бетона.

Величина усадочных напряжений определялась в соответствии с документацией [1]. Наибольшие температурные перепады за период набора прочности бетона определялись по материалам [2].

Обнаруженная вертикальная трещина представлена на рис. 2.



Рис. 2. Трещина вертикальная с шириной раскрытия до  $a = 0,80$  мм.

Колонна в осях  $E_1/1$ .

Выявленные трещины условно разделены на пять типов:

- тип 1 – вертикальные трещины в нижней части колонны (нижняя 1/3 высоты, в зоне нахлестки);
- тип 2 – вертикальные трещины в средней части колонны (средняя 1/3 высоты);
- тип 3 – вертикальные трещины в верхней части колонны (верхняя 1/3 высоты);
- тип 4 – горизонтальные трещины в нижней и средней по высоте части колонны;
- тип 5 – короткие хаотично расположенные трещины в различных по высоте и расположению участках колонны.

Анализ полученных данных показал, что наибольшая ширина раскрытия трещин достигает:

- трещины 1 типа - 1,2 мм (колонна Д1/1);
- трещины 2 типа - 1,2 мм (колонна Д2/27);
- трещины 3 типа - 1,4 мм (колонна И1/1);
- трещины 4 типа - 0,3 мм (колонна Г1/1);
- трещины 5 типа - 0,2 мм (колонна В1/1).

Глубина некоторых трещин превышает 150 мм.

В августе 2018 года на некоторые трещины были установлены маяки. Результаты освидетельствования маяков представлены в таблице 1.

Таблица 1

Колонна в осях	№ грани	Состояние маяка
Б/20	2	трещина по маяку 0,05-0,1 мм
Д/22	4	трещина по маяку 0,05-0,1 мм
В1/1	2	без повреждений
Г1/1	1	трещина по маяку 0,05-0,1 мм
Д1/1	1	трещина по маяку 0,05-0,1 мм
Е2/26	3	трещина по маяку 0,05-0,1 мм
Е2/26	4	без повреждений
И2/26	3	без повреждений
И2/26	3	без повреждений
И2/28	1	без повреждений
Г2/28	1	трещина по маяку 0,05-0,1 мм
Г2/28	2	трещина по маяку 0,05-0,1 мм
Г2/28	3	трещина по маяку 0,05-0,1 мм

Анализируя данные таблицы 1, можно сделать вывод, что в 6 колоннах к настоящему времени раскрытие трещин не стабилизировалось.

По результатам выборочного контроля положения арматуры магнитным методом установлено:

- в большинстве случаев вертикальные трещины 1, 2 и 3 типов не совпадают с вертикальной арматурой, трещины могут располагаться и между арматурой, и на расстоянии 20 – 30 мм от арматуры;
- вдоль угловых стержней колонн трещины 1, 2 и 3 типов не обнаружены;
- трещины 4 типа расположены на расстоянии 200 ÷ 400 мм друг от друга, местами проходят вдоль горизонтальных хомутов; на некоторых участках трещины 4 типа образовались при зависании бетона на хомутах вследствие некачественного уплотнения бетона.

Проанализировав наиболее вероятные причины образования трещин, можно сделать следующие заключения [6, 7].

Вертикальные трещины 1, 2 и 3 типов не совпадают с вертикальной арматурой, то есть нельзя утверждать, что трещины вызваны раскалыванием бетона над выпучивающейся вследствие перегрузки колонны арматурой.

В период обследования конструкция находится под действием только собственного веса. По результатам приближенного расчета, усилия в колоннах от собственного веса конструкций 2-х возведенных этажей не превышают 170-200 тс. Несущая способность колонн составляет 700 тс и более. Следовательно, в настоящее время колонны нагружены не более, чем на 30% от несущей способности.

Таким образом, причиной образования выявленных трещин, не являются усилия, вызванные собственным весом.

Трещины начали образовываться в конце мая – начале июня. То есть в период, когда замороженные в зимнее время колонны нагрелись и все температурно-влажностные процессы (усадки бетона, набора прочности и т.д.) возобновились.

В летний период образованию трещин могут способствовать суточные температурные перепады, особенно со стороны незакрытой вышележащими перекрытиями граней колонн, нагреваемых прямыми солнечными лучами. В пользу этой причины свидетельствует расположение колонн с трещинами более 0,3 мм по краю здания и расположение колонн без трещин – внутри здания, на закрытых перекрытиями от солнца участках; процессы интенсивного высушивания поверхности бетона, приводящие к неравномерной влажности по сечениям колонн, усадке бетона и возникновению дополнительных растягивающих напряжений в поверхностном слое.

Все эти процессы в наибольшей степени проявляются при увеличенной толщине защитного слоя бетона, не имеющей армирования, препятствующего образованию и раскрытию трещин.

Для анализа возможности возникновения трещин вследствие перечисленных выше факторов, был сделан поверочный расчет растягивающих напряжений на поверхности бетона колонн при действии суточного перепада  $10,9^{\circ}\text{C} \sim 11^{\circ}\text{C}$  (табл. 2 СП 23-01-99) и действии усадочных напряжений, эквивалентных действию температурной нагрузки  $10,9^{\circ}\text{C} \sim 11^{\circ}\text{C}$ .

Таким образом, наиболее вероятной причиной образования трещин является совместное действие растягивающих напряжений от неравномерного суточного перепада температуры, неравномерного высыхания и усадки бетона. При этом увеличению ширины раскрытия трещин способствовала большая толщина защитного слоя бетона, выявленная при обследовании.

Выявленные трещины 1, 2 и 3 типов большой глубины могут соединяться в ядре сечения колонны и разделять колонну на вертикальные блоки, что может привести к непроектной работе колонны. Трещины 4 и 5 типов не влияют на работу колонн, но могут снизить долговечность, в связи с чем необходим их ремонт.

Трещины 1, 2, 3 типов с шириной раскрытия 0,15 мм и более необходимо устранить методами, восстанавливающими сплошность сечений, например – инъектированием цементных и цементно-полимерных составов. Трещины меньшего раскрытия и трещины 4 и 5 типов необходимо отремонтировать методами, восстанавливающими антикоррозийную защиту арматуры, например, затереть ремонтными составами, имеющими прочность не ниже прочности бетона колонн и имеющими хорошее сцепление со старым бетоном (например – Vandex, Хурех, Sika, Knauf, Эмако, Бирс и др.).

Колонны рекомендуется дополнительно усилить установкой металлических обойм из прокатных стальных профилей. Для предотвращения раскрытия трещин рекомендуется обеспечить предварительное натяжение планок обойм, например - разогревом до 100-200°C перед замыканием. Контроль нагрева допускается вести по удлинению планок.

### Библиографический список

1. Руководством по проектированию конструкций и технологии возведения монолитных бескаркасных зданий. - М, 1982.
2. СНиП 23-01-99 «Строительная климатология».
3. Q. Yan, T. Chen, and Z. Xie. Seismic experimental study on a precast concrete beam-column connection with grout sleeves. - Eng. Struct., vol. 155, pp. 330–344, 2018.
4. H. H. Ghayeb, H. A. Razak, and N. H. R. Sulong. Development and testing of hybrid precast concrete beam-to-column connections under cyclic loading. - Constr. Build. Mater., vol. 151, pp. 258–278, 2017.
5. H. H. Ghayeb, H. A. Razak, and N. H. R. Sulong. Development and testing of hybrid precast concrete beam-to-column connections under cyclic loading. - Constr. Build. Mater., vol. 151, pp. 258–278, 2017.
6. N. C. E. Yuliaty, S. M. Dewi, A. Wibowo, and Wisnumurti. Comparative study of behaviour of reinforced concrete beam-column joints with reference to monolithic and non-monolithic connection. - 4th International Conference on Rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering (ICRMCE), 2018, vol. 02021.
7. Романенко И.И., Петровнина И.Н., Еличев К.А. Формирование трещин в цементном камне строительных конструкций // Дневник науки. - 2017. - № 11 (11). - С. 18.

*Оригинальность 93%*