

## 05.23.01 СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

### Дефекты и повреждения железобетонных колонн производственных зданий

УДК 69.059

#### Крахмальний Т.А.

Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Общественные дисциплины», ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (г. Новочеркасск);  
e-mail: krachmalniy@ikcmysl.ru

#### Евтушенко С.И.

Д-р техн. наук, профессор, почетный работник высшего образования Российской Федерации, советник РААСН, член РОМГТиФ, профессор кафедры «Информационные системы, технология и автоматизация строительства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (г. Москва);  
e-mail: evtushenkosi@mgsu.ru

Статья получена: 25.05.2020. Рассмотрена: 01.06.2020. Одобрена: 29.06.2020. Опубликовано онлайн: 30.06.2020. ©РИОР

**Аннотация.** Данная статья является продолжением цикла статей авторов о дефектах и повреждениях строительных конструкций производственных зданий. В данной статье приводятся типовые дефекты и повреждения сборных и монолитных железобетонных колонн производственных зданий. Рассмотрены возможные причины образования типовых дефектов, последствия к которым может привести их развитие, приведены рекомендации по устранению выявленных повреждений. В заключение статьи приводится анализ характерных зон образования дефектов в железобетонных колоннах зда-

ний в соответствии с предложенной ранее авторами методикой.

**Ключевые слова:** строительные конструкции, железобетонные колонны, сколы бетона по граням колонны, обнажение арматурного каркаса, трещины в бетоне колонны, разрушение оголовка колонны, разрушения консолей колонн, усиление железобетонных колонн.

Статья продолжает цикл работ авторов о дефектах и повреждениях строительных конструкций производственных зданий объединенных единой методикой [1–8]. Сборные и

#### DEFECTS AND DAMAGES OF REINFORCED CONCRETE COLUMNS OF INDUSTRIAL BUILDINGS

##### Timofey Krachmalniy

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of General Engineering Disciplines, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk; e-mail: krachmalniy@ikcmysl.ru

##### Sergey Evtushenko

Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Higher Education of Russia, Council of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Department “Information systems, technologies and construction automation”, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow; e-mail: evtushenkosi@mgsu.ru

**Manuscript received:** 25.05.2020. **Revised:** 01.06.2020. **Accepted:** 29.06.2020. **Published online:** 30.06.2020. ©РИОР

**Abstract.** This article is a continuation of the authors' series of articles on defects and damage to building structures of industrial buildings. This article presents typical defects and damages of precast and monolithic reinforced concrete columns of industrial buildings. The possible reasons for the formation of typical defects, the consequences of which may lead to their development, are considered, and recommendations for the elimination of identified damages are given. In conclusion, the article analyzes the characteristic zones of defect formation in reinforced concrete columns of buildings in accordance with the method proposed earlier by the authors.

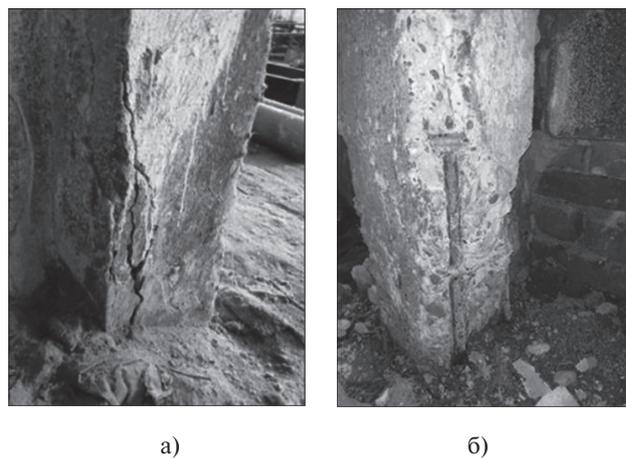
**Keywords:** construction structures, reinforced concrete columns, concrete chips on the sides of the column, exposure of the reinforcement frame, cracks in the concrete of the column, destruction of the column head, destruction of column consoles, strengthening of reinforced concrete columns.

монолитные железобетонные колонны являются вертикальными несущими элементами каркаса производственных зданий, от технического состояния которых зависит и состояние всего здания в целом.

**Трещины** в нижней части колонны являются самым частым повреждением железобетонных колонн и причинами их появления являются повышенная влажность и процесс коррозии арматуры. Влага попадает в бетон через мельчайшие трещинки и вызывает процесс коррозии арматуры. С течением времени, продукты коррозии арматуры увеличиваются в объеме и создают в защитном слое бетона напряжения, способные разорвать бетон (рис. 1, а). Последствиями данных трещин могут стать сколы бетона по углам колонны, вызванные отслоением защитного слоя бетона и развитием коррозии, полное отслоение защитного слоя бетона от арматурного каркаса колонны, обнажение и коррозия арматурного каркаса колонны. Если бетон вокруг трещины издает звонкий звук, то достаточно будет промыть трещину кислотным составом и зачеканить полимерцементным раствором или ремонтной смесью для бетона. Если при простукивании бетон будет издавать глухой звук, это означает, что в результате процесса коррозии произошло отставание значительной части защитного слоя бетона от арматурного каркаса колонны. Тогда необходимо сбить отслоившийся бетон, очистить арматуру от продуктов коррозии и выполнить оштукатуривание колонны с целью восстановления защитного слоя бетона полимерцементным раствором или ремонтной смесью для бетона.

**Сколы бетона в основании** образуются на углах колонн и вдоль рабочей арматуры. Выявлено две причины образования сколов бетона по углам — сколы от механического воздействия и от развития трещин вдоль продольной арматуры (рис. 1, б). Наиболее опасными являются сколы от механического воздействия, поскольку они вызваны динамическими нагрузками — часто краны бьют грузом по колонне или грузовой автомобиль с прицепом при выполнении маневра. При слабых ударах сколы затрагивают только защитный слой бетона, а при значительных ударах может быть перебита рабочая арматура и повреждено тело колонны внутри арматурного каркаса, кроме того, что значительные

удары могут вызвать разрушение колонны. При отсутствии механического воздействия сколы образуются в результате развития трещины в защитном слое бетона вдоль рабочей арматуры. Коррозия арматуры приводит к отслоению больших кусков бетона и его отваливанию. Перед устранением дефекта необходимо очистить поверхность бетона от пыли и грязи и зачистить продукты коррозии арматуры, выполнить промывку и просушку. Для обеспечения совместной работы бетона гладкие контактные поверхности подвергаются пескоструйной обработке, на сечке или обработке металлическими щетками, рекомендуется перед нанесением на поверхность раствора бетона выполнить обработку клеящими составами на основе клея ПВА или эпоксидной смолы. По очищенной поверхности выполняется восстановление тела и формы колонны путем оштукатуривания полимерцементным раствором или специальным раствором из сухой строительной смеси для восстановления железобетона.



**Рис. 1.** Повреждения основания железобетонной колонны: а — трещины вдоль рабочей арматуры; б — сколы бетона вдоль рабочей арматуры

**Отслоения защитного слоя** бетона является наиболее опасным повреждением основания колонны, поскольку приводит к обнажению арматурного каркаса колонны и его коррозии. Такие повреждения образуются в результате длительного воздействия атмосферных осадков, постоянного механического воздействия, воздействия агрессивной среды (кислотных растворов) или нарушения технологии изготовления колонны. При дальнейшем развитии по-

вреждения, может произойти разрушение колонны в результате потери несущей способности. Устраняются такие повреждения путем очистки арматурного каркаса от продуктов коррозии, очисткой и продувкой бетона и оштукатуриванием. При сильных повреждениях выполняется усиление основания колонны «рубашкой» — металлические листы опалубки необходимо приваривать с помощью коротышей к арматурному каркасу колонны, что бы избежать распыления опалубки бетоном при затвердевании, а также листы опалубки будут являться элементами нового армирования, после чего выполнить заполнение полостей мелкозернистым бетоном.

**Сколы бетона по углам**, данные повреждения тела железобетонных колонн в подкрановой части наиболее часто встречаемые дефекты (рис. 2, а). Причинами появления таких сколов так же являются механические воздействия, некачественное выполнение работ при монтаже (отсутствие виброуплотнения бетона при изготовлении), атмосферное воздействие. Последствия развития данных дефектов зависят от факторов их образования. Например, если скол был вызван некачественной укладкой бетона еще на стадии монтажа производственного здания, то здание может простоять десятилетия до проведения качественного обследования и устранения скола. Дефект, вызванный механическим повреждением защитного слоя бетона без обнажения арматуры, так же существенных последствий не влечет, скол бетона с обнажением арматуры приводит к ее коррозии, однако, если при этом арматура была окрашена и развитие коррозии предотвращено, то существенных последствий не будет. Устраняются выявленные сколы бетона вне зависимости от причин появления путем оштукатуривания по заранее подготовленной поверхности. Оштукатуривание выполнять полимерцементным раствором или специальной ремонтной смесью для бетона.

**Выбоины в теле бетона** колонны чаще всего появляются в результате механического воздействия. Иногда это связано с необходимостью установки производственного оборудования, тогда рабочие разбивают бетон колонны, и закрепляют оборудование привариванием его электросваркой к рабочей арматуре колонны,

но чаще всего, это вызвано движением транспорта (рис. 2, б). Причем механическое воздействие при маневрах внутри производственного здания автомобильного транспорта, значительно меньше, чем при движении железнодорожных составов. Техническое состояние таких колонн в зависимости от глубины повреждения бетона следует оценивать как ограниченно работоспособное или недопустимое. Результатом развития данного повреждения может быть обрушение колонны и вышележащих конструкций. Устраняются данные повреждения путем предварительной очистки поврежденной части колонны от пыли и грязи с последующим обетонированием поврежденного участка с использованием съемной или несъемной опалубки.



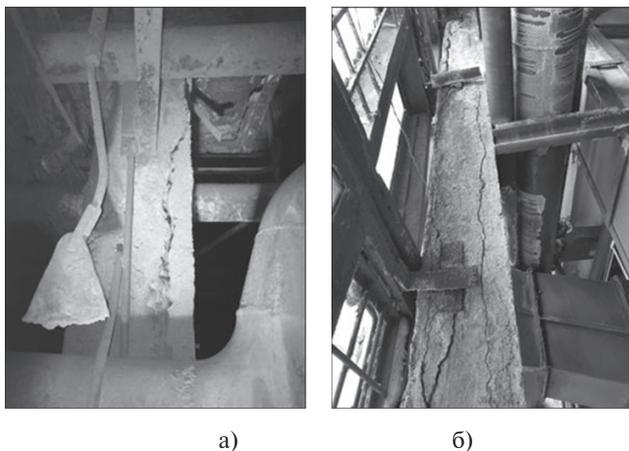
а)

б)

**Рис. 2.** Повреждения подкрановой части колонны: а — скол бетона с обнажением арматуры; б — выбоина в теле бетона

Наиболее опасным повреждением в железобетонных колоннах являются **трещины в теле бетона** (рис. 3). Причинами появления таких трещин является постоянное замачивание колонн. Очень часто в осенне-весенний период осадки попадают на колонны через окна или, просачиваясь через кровлю, попадая в бетон, влага замерзает, превращается в лед, затем снова оттаивает и замерзает в большем количестве. Если такие процессы происходят на протяжении нескольких лет, то может образоваться трещина всю высоту колонны значительной ширины раскрытия. Техническое состояние железобетонных колонн с такими повреждениями следует оценивать как недопустимое или аварийное. Дальнейшее развитие трещин может привести

к разрушению колонны и обрушению опирающихся на нее конструкций. Устранение выявленных трещин необходимо выполнять путем усиления колонн. В каждом случае это должен быть специально разработанный проект, учитывающий место расположения колонны, ее удаленность от оборудования, передающуюся на нее нагрузку и ее оставшуюся несущую способность.



**Рис. 3.** Трещины в теле бетона:

*a* — трещина в несущей колонне в подвале производственного здания; *б* — трещина в несущей двухветвевой колонне у окна

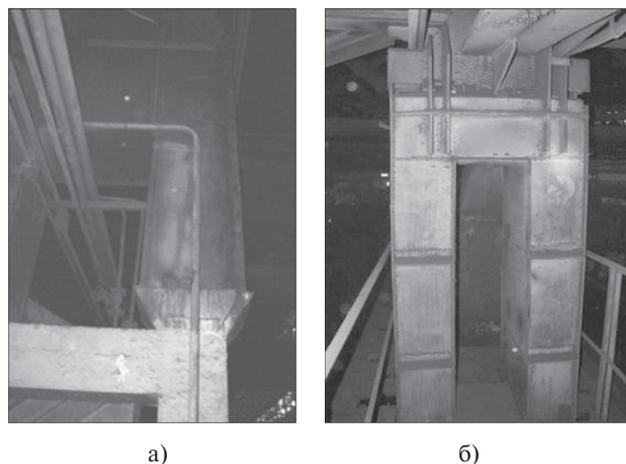
Для железобетонных колонн есть два принципиальных метода усиления:

- 1) усиление путем обетонирования и увеличение площади поперечного сечения колонны и соответственно ее несущей способности.
- 2) усиление металлической рубашкой.

В первом случае выполняется металлический арматурный каркас, при этом новый арматурный каркас необходимо связать сваркой или вязальной проволокой со старым, для включения его в совместную работу, устанавливается опалубка, которая может быть деревянной съемной или металлической несъемной и заполняется бетоном. Для предотвращения распираания опалубки бетоном необходимо жестко и прочно соединить элементы опалубки. Для усиления рекомендуется применять самораспирающийся бетон, который глубоко проникает в трещину и заполняет все возможные полости внутри тела бетона. После набора прочности бетона, опалубку снимают, а колонну штукатурят или окрашивают. При применении несъемной опалубки по завершении бетонных работ рекомендуется металлическую опалубку окрасить.

Во втором случае усиление выполняется профилями металлопроката, металлическими уголками, швеллерами, двутаврами. Металлические элементы плотно обжимают тело колонны, при этом новый металлический каркас должен полностью воспринять на себя нагрузку от вышерасположенных конструкций здания. После этого трещины и полости внутри металлического каркаса заполняют бетоном или специальным раствором, при необходимости выполняют оштукатуривание, а металлические элементы окрашивают.

Уникальный принцип усиления был применен в одном из производственных цехов металлургического завода в г. Таганроге, надкрановая часть железобетонной колонны была полностью демонтирована и заменена на металлическую рамную конструкцию (рис. 4). Очевидно, что для каждой колонны разрабатывалось индивидуальное решение, так как в одном ряду колонн были отмечены различные варианты усиления.



**Рис. 4.** Уникальное восстановление железобетонных колонн:

*a* — усиление обетонированием в несъемной опалубке; *б* — усиление путем замены надкрановой части на металлическую раму

В большинстве случаев **сколы бетона на консолях** образуются от механических повреждений, причинами являются нарушения работы кранового оборудования. Устраняются сколы бетона оштукатуриванием консоли, при значительном повреждении рекомендуется выполнить усиление консоли металлической рубашкой.

Наиболее опасными повреждениями в колоннах являются **силовые трещины в консолях**.

Причинами таких трещин являются перемещение мостовым краном грузов сверхнормативной массой. Развитие такого дефекта может привести к обрушению крановой консоли, падению подкрановых балок и аварии на производственном предприятии. Устраняется выявленное повреждение путем зачеканки трещин цементно-песчаным раствором, оштукатуриванием поверхности и последующим усилением консоли металлической рубашкой. По завершению усиления необходимо металлоконструкции окрасить масляной краской для предотвращения коррозии.

Серьезным повреждением железобетонных колонн здания является **отсутствие анкерных болтов** для крепления подкрановых балок. Данный дефект является заводским браком или повреждением при доставке на строительную площадку, выявляется при приемочном контроле и устраняется при монтаже подкрановых балок. Техническое состояние колонн без анкерных болтов оценивается как недопустимое. Эксплуатация подкрановых балок без закрепления основания к колоннам может привести к аварийным последствиям. Устраняется дефект путем высверливания в бетоне площадки отверстия и установки в него анкерного болта на химическом заполнителе (химического анкера).

**Трещины в надкрановой части** являются редким повреждением и могут быть вызваны как силовыми факторами (например, перегрузкой колонны), так и атмосферными воздействиями, а так же причинами могут быть механические воздействия. Развитие данного дефекта может привести к потере устойчивости колонны, что будет иметь аварийные последствия. Техническое состояние колонны с таким дефектов следует признавать недопустимым или аварийным. Устраняется выявленное повреждение путем

расчистки трещины, продувки ее сжатым воздухом, зачеканкой цементно-песчаным раствором или специальной смесью для ремонта бетона. После этого необходимо выполнить усиление оголовка колонны металлической рубашкой с последующим окрашиванием.



Рис. 5. Разрушение оголовка колонны, уменьшение опорной площадки для балки покрытия

**Разрушение оголовка колонны.** Данный дефект является развитием замачивания оголовка железобетонной колонны и выражается во множестве трещин, отслоении бетона, вываливании бетона, выпучивании арматуры (рис. 5), уменьшении опорной площадки для фермы. Техническое состояние такой колонны является аварийным, требуется немедленное проведение страховочных мероприятий, разгрузка колонны и восстановление оголовка.

Таким образом, подводя итог дефектов и повреждений железобетонных колонн, можно выделить четыре зоны образования повреждений:

**Зона 2.1** — Основание колонны, опорная ее часть;

**Зона 2.2** — Подкрановая часть;

**Зона 2.3** — Консоль для подкрановой балки;

**Зона 2.4** — Надкрановая часть колонны.

Зонирование дефектов железобетонных конструкций позволит эффективнее и быстрее проводить обследование зданий.

## Литература

1. Крахмальний Т.А. Дефекты и повреждения грунтовых оснований промышленных зданий [Текст] / Т.А. Крахмальний, С.И. Евтущенко // Строительство и архитектура. — 2019. — Т. 7. — Вып. 3. — С. 45–49. — DOI: 10.29039/2308-0191-2019-7-3-45-49.
2. Крахмальний Т.А. Дефекты и повреждения столбчатых фундаментов производственных зданий [Текст] / Т.А. Крахмальний, С.И. Евтущенко // Строительство и архитектура. — 2019. — Т. 7. — Вып. 4. — С. 36–40. — DOI: 10.29039/2308-0191-2019-7-3-36-40.
3. Evtushenko S.I. New System of Monitoring of a Condition of Cracks of Small Reinforced Concrete Bridge Constructions / S.I. Evtushenko, T.A. Krakhmal'nyi, M.P. Krakhmal'nay // (2016) Procedia Engineering 150, pp. 2369–2374. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.322
4. Евтущенко С.И. Информационные технологии при обследовании промышленных зданий [Текст] / С.И. Евтущенко, Т.А. Крахмальний, М.П. Крахмальная, И.А. Чутченко // Строительство и архитектура. — 2017. — Т. 5. — № 1. — С. 65–71. — DOI: 10.12737/25113.

5. *Волосухин В.А.* Дефекты и повреждения строительных конструкций мостов на мелиоративных каналах Ростовской области [Текст]: монография / В.А. Волосухин, С.И. Евтушенко, Т.А. Крахмальный, М.П. Крахмальная // Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) им. М.И. Платова. — Новочеркасск: Изд-во ЮРГПУ (НПИ), 2013. — 126 с.
6. *Evtushenko S.I.* The information technologies use at difficult technical objects condition control / S.I. Evtushenko, T.A. Krahmalny, V.A. Lepikhova, M.A. Kuchumov // 2019 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 698(6), 066017. DOI: 10.1088/1757-899X/698/6/066017.
7. *Evtushenko S.I.* Typical defects and damage to the industrial buildings' facades / S.I. Evtushenko, T.A. Krahmalny // (2020) IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 775 (1), 012135. DOI: 10.1088/1757-899X/775/1/012135.
8. *Евтушенко С.И.* Совершенствование методов обследования фасадов промышленных зданий [Текст] / С.И. Евтушенко, М.П. Крахмальная, В.Е. Шапка, Н.Н. Бабец // Строительство и архитектура. — 2017. — Т. 5. — № 2. — С. 140–144. — DOI: 10.12737/article\_5950d228c2ae96.86803061.

## References

1. Krahmal'nyj T.A. Defekty i povrezhdeniya gruntovyh osnovanij promyshlennyh zdaniy [Defects and Damages of Soil Foundations of Industrial Buildings]. *Stroitel'stvo i arhitektura* [Construction and architecture]. 2019, V. 7, I. 3, pp. 45–49. DOI: 10.29039/2308-0191-2019-7-3-45-49.
2. Krahmal'nyj T.A. Defekty i povrezhdeniya stolbchatyh fundamentov proizvodstvennyh zdaniy [Defects and Damages of Pillar Foundations of Industrial Buildings]. *Stroitel'stvo i arhitektura* [Construction and architecture]. 2019, V. 7, I. 4, pp. 36–40. DOI: 10.29039/2308-0191-2019-7-3-36-40.
3. Evtushenko S.I. New System of Monitoring of a Condition of Cracks of Small Reinforced Concrete Bridge Constructions / S.I. Evtushenko, T.A. Krahmal'nyi, M.P. Krahmal'nay // (2016) *Procedia Engineering* 150, pp. 2369–2374. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.322.
4. Evtushenko S.I. Informacionnye tekhnologii pri obsledovanii promyshlennyh zdaniy [Information technologies in the inspection of industrial buildings]. *Stroitel'stvo i arhitektura* [Construction and architecture]. 2017, V. 5, I. 1, pp. 65–71. DOI: 10.12737/251113.
5. Volosuhin V.A. Defekty i povrezhdeniya stroitel'nyh konstrukcij mостov na meliorativnyh kanalakh Rostovskoy oblasti [Defects and damages of building structures of bridges on reclamation canals of the Rostov region]. *Yuzh.-Ros. gos. politekhn. un-t (NPI) im. M.I. Platova* [Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platova]. Novocherkassk: YuRGPU (NPI) Publ., 2013. 126 p.
6. Evtushenko S.I. The information technologies use at difficult technical objects condition control / S.I. Evtushenko, T.A. Krahmalny, V.A. Lepikhova, M.A. Kuchumov // 2019 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 698(6), 066017. DOI: 10.1088/1757-899X/698/6/066017.
7. Evtushenko S.I. Typical defects and damage to the industrial buildings' facades / S.I. Evtushenko, T.A. Krahmalny // (2020) IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 775 (1), 012135. DOI: 10.1088/1757-899X/775/1/012135.
8. Evtushenko S.I. Sovershenstvovanie metodov obsledovaniya fasadov promyshlennyh zdaniy [Improvement of methods of inspection of facades of industrial buildings]. *Stroitel'stvo i arhitektura* [Construction and architecture]. 2017, V. 5, I. 2, pp. 140–144. DOI: 10.12737/article\_5950d228c2ae96.86803061.