

## Повреждения строительных конструкций производственных зданий с железобетонным каркасом

*Л.Р. Маилян<sup>1</sup>, Т.А. Крахмальний<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону*

<sup>2</sup>*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, г. Новочеркасск*

**Аннотация:** В статье представлены дефекты и повреждения строительных конструкций, которые встречаются при проведении обследований производственных зданий с железобетонным каркасом. Причиной выявленных повреждений являются длительный период эксплуатации, механические повреждения персоналом, износ и истирание защитных покрытий. Примерами повреждений являются: трещины в железобетонных колоннах, сколы бетона по углам колонн и подкрановых балок, обнажение и коррозия арматурных стержней, разрушение оголовка колонны, разрушение полков подкрановых балок, разрушение тормозных конструкций. В статье приводится анализ причин образования, прогноз по развитию выявленных повреждений, рекомендации по оценке технического состояния конструкции на основании размеров повреждения и рекомендации по приведению конструкции в рабочее состояние.

**Ключевые слова:** повреждения железобетонных колонн, повреждения подкрановых балок, разрушение тормозных конструкций, усиление колонн, замачивание ферм, коррозия арматуры, сколы бетона по граням, зоны возможного образования повреждений.

Многие производственные объекты в нашей стране строились в 60-е и 70-е годы XX века. Тогда для строительства производственных зданий массово использовались сборные модульные элементы. Учитывая, что нормативный срок эксплуатации железобетонных конструкций 60 лет, к настоящему времени многие промышленные здания достигли своего предела эксплуатации. В процессе эксплуатации производственного здания в несущих конструкциях образуются повреждения, причинами появления которых являются условия эксплуатации и технологические процессы [1]. Обследование объекта и оценка выявленных повреждений несущих конструкций помогут разработать рекомендации по устранению выявленных дефектов и повреждений и приведению здания в работоспособное состояние для его дальнейшей безопасной эксплуатации [2].

**Трещины.** Чаще всего появляются в нижней части колонны вдоль рабочей арматуры, глубина трещин не более толщины защитного слоя, ширина

1-2 мм. Причиной являются повышенная влажность и процесс коррозии арматуры. Проникая в бетон, влага приводит к коррозии арматуры, а продукты коррозии создают напряжения, способные разорвать бетон (рис. 1, слева). Развитие трещин приведёт к сколам бетона по углам и граням колонны или полному отслоению защитного слоя бетона, значительной коррозии арматурного каркаса колонны. Техническое состояние колонны с трещинами в защитном слое является ограниченно работоспособным [3].



Рис. 1. – Трещины вдоль арматуры (слева) и сколы бетона в защитном слое бетона вдоль рабочей арматуры (центр и справа)

**Сколы бетона.** Образуются по углам колонн вдоль арматурных стержней, причинами появления сколов являются механические воздействия (рис. 1, центр) и отслоение бетона при раскрытии трещин вдоль продольной арматуры (рис. 1, справа). Опасны сколы от механических (ударных) нагрузок. При незначительных воздействиях сколы образуются на глубину защитного слоя бетона, при значительных воздействиях может быть перебита арматура и повреждено тело колонны внутри арматурного каркаса. Последствиями развития сколов является снижение несущей способности колонны [4]. Техническое состояние поврежденной колонны со сколами является ограниченно работоспособным.

**Отслоение защитного слоя бетона.** Часто встречаемое и опасное повреждение в нижней части колонны. Повреждение приводит к обнажению и коррозии арматурного каркаса колонны. Причиной отслоения является процесс коррозии арматуры при контакте с водой, механические повреждения, наличие агрессивной среды или нарушение технологии изготовления конструкции [5]. Техническое состояние колонны оценивается как ограниченно работоспособное или неработоспособное.

Для ремонта указанных повреждений рекомендуется арматурный каркас очистить от продуктов коррозии, сбить отслоившийся бетон, промыть и просушить поврежденный участок, восстановить грани конструкции специальной ремонтной смесью, трещины расшить и зачеканить. При значительной коррозии арматуры, рекомендуется усиление колонны обетонированием с использованием съемной опалубки и дополнительного арматурного каркаса на высоту повреждения.

**Выбоины в колонне.** Причиной появления являются механические повреждения. Частой причиной выбоин являются удары транспортом при маневрах, реже причиной является намеренное повреждение защитного слоя бетона персоналом с целью закрепления технологического оборудования. Техническое состояние колонн с выбоинами оценивается как ограниченно работоспособное или недопустимое в зависимости от глубины повреждения. При развитии данного повреждения произойдет обрушение колонны и верхних конструкций. При ремонте рекомендуется очистить участок от пыли и грязи и обетонировать с использованием съемной опалубки [6].

**Трещины в теле колонны** - самое опасное повреждение (рис. 2, слева). Причиной образования трещин являются силовые воздействия или процессы регулярного замачивания и размораживания бетона. При размораживании бетона за несколько лет трещины образуются на всю высоту колонны с шириной раскрытия 5-10 мм. Состояние колонн при наличии таких трещин оце-

---

нивают как недопустимое или аварийное. Развитие повреждения приведет к аварийным деформациям колонны. Ремонт выявленных трещин рекомендуется выполнять путем усиления колонн согласно специально разработанного проекта, учитывающего ее оставшуюся несущую способность [7].



Рис. 2. – Трещины в теле бетона, некачественное усиление, незавершенное усиление

**Сколы по консолям** - чаще всего такие сколы образуются при механических воздействиях, одной из причин является нарушение работы мостового крана и его удары по консоли. Сколы бетона по консолям встречаются без обнажения арматуры или с обнажением. Техническое состояние поврежденных колонн с обнажением арматурных стержней является ограниченно работоспособным, без обнажения арматуры – работоспособным. Если удары краном по колонне являются регулярным явлением, то следует выполнить нивелировку, а затем выравнивание кранового пути. Ремонтируют сколы штукатуркой консоли, при значительном повреждении выполняют усиление консоли металлической рубашкой.

**Отсутствие анкерных болтов** – самое опасное повреждение, так как без анкерных болтов подкрановые балки остаются без закрепления. Отсутствие закрепления должно выявляться на этапе приемочного контроля подкрановых балок и устраняться при строительстве. Техническое состояние ко-

лонн без анкерных болтов является недопустимым, эксплуатация подкрановых балок без крепления к колоннам запрещается. Для устранения замечания рекомендуется высверлить отверстие и установить в него анкерный болт на химическом заполнителе.

**Замачивание бетона.** Самым распространенным дефектом оголовков колонн является замачивание. Замачивание происходит от нарушения работы конструкций кровли и нарушения работы системы водостока. Замачивание оголовка приводит к коррозии закладной детали под фермой покрытия, появлению трещин вдоль рабочей арматуры, коррозии рабочей арматуры оголовка колонны, сколам бетона и разрушению защитного слоя бетона. Колонны с замачиванием в зависимости от степени повреждения являются ограниченно работоспособными или недопустимыми. Ремонт выполняется оштукатуриванием, обетонированием или усилением оголовка колонны металлической рубашкой, металлические конструкции при выполнении усиления необходимо окрасить. При ремонте необходимо устранить причины замачивания [6].

**Разрушение оголовка** колонны - очень опасное повреждение и является развитием предыдущего дефекта. Признаками является множеством трещин, отслоение бетона, выпучивание арматуры, выпадение бетона, в результате уменьшается опорная площадка фермы (рис. 2, справа). Техническое состояние колонны с разрушенным оголовком является аварийным. Необходимо выполнение страховочных мероприятий, разгрузка конструкции и ее восстановление согласно специальному проекту.

Большинство дефектов железобетонных подкрановых балок являются общими с колоннами и являются характерными для железобетонных конструкций [8].

**Продольные трещины** вдоль подкрановой балки очень редкое явление, причиной трещин является раскалывание бетона при отпуске напрягаемой арматуры. Такие трещины опасны при их появлении в концевых участ-

---

ках балок, в последствии снижается несущая способность балки на опорных участках. Другой причиной появления трещин является коррозия арматуры. Увеличиваясь в объеме продукты коррозии приводят к разрыву бетона, в таком случае трещина имеет следы ржавчины по краям. Так же причиной появления трещин является превышение допустимой нагрузки на подкрановую балку. Техническое состояние в данном случае является ограниченно работоспособным, рекомендуется затереть трещины специальным ремонтным раствором для бетона [9].

**Недостаточная площадь опирания балки.** Редкое повреждение, причиной является смещение колонны от оси или нарушение опалубочных размеров подкрановой балки. Еще одной причиной уменьшения опорной площади может быть скол бетона на этапе транспортировки. Развитие повреждения может привести к аварийным последствиям, так как может произойти обрушение балки. Техническое состояние оценивается как аварийное или недопустимое. Рекомендуется выполнить усиление балки, один из вариантов усиления – это установка дополнительной стойки, другой вариант усиления – это соединение подкрановых балок на опоре, исключающее падение одной из них. Еще один вариант с установкой дополнительного опорного столика под подкрановую балку, закрепленного на колонне.

**Повреждение полка.** Существенным повреждением сборных железобетонных подкрановых балок является разрушение бетона полки и обнажение арматурного каркаса подкрановой балки. Причиной такого разрушения полка является механическое повреждение в результате работы мостового крана. Состояние балок с такими повреждениями ограниченно работоспособное или недопустимое. При развитии повреждения произойдет ослабление балки на местном участке, появятся трещины, возможно появление «пластического шарнира» и прогиба балки. Рекомендуемый ремонт – восстановить балку проектных размерах: очистить поверхности от пыли и грязи, очи-

---

стить арматуру, установить на поврежденный участок опалубку и залить мелкозернистым бетоном.

***Наклонные трещины в опорной зоне*** – редкое и опасное повреждение балок. Причиной появления трещин является недостаточное армирование опорных участков. Развитие трещин приведет к аварийным последствиям. Техническое состояние является недопустимым или аварийным. Устраняется повреждение только путем усиления подкрановой балки металлическим каркасом или заменой поврежденной конструкции [9].

***Разрушение тормозных конструкций*** - для предотвращения опрокидывания подкрановой балки от действия тормозной нагрузки крановой тележки, подкрановые балки закрепляются к закладным деталям колонн через тормозные конструкции. При длительной эксплуатации тормозные конструкции могут быть подвержены коррозии и разрушению вследствие старения металла. Развитие повреждений тормозных конструкций может привести к значительным колебаниям балки при работе крана и опрокидыванию подкрановой балки. Техническое состояние балок с повреждением тормозных конструкций является ограниченно работоспособным, с разрушенными тормозными конструкциями полностью - аварийным. Рекомендуется восстановление или замена металлических тормозных конструкций.

Многие дефекты и повреждения железобетонных ферм и балок покрытия являются общими для всех железобетонных конструкций – это сколы бетона по углам и граням, обнажение и коррозия арматуры, отслоение защитного слоя бетона.

***Трещины в опорной зоне и элементах ферм*** – это опасные повреждения железобетонных ферм, так как приводят к значительному снижению несущей способности элемента. Причиной появления таких трещин являются силовое воздействие – перегруз фермы, установка дополнительного непроектного оборудования и т.д. Развитие повреждения приведет к обрушению

---

всей фермы. Техническое состояние является ограниченно работоспособным или недопустимым. Рекомендуется усиление фермы металлической рубашкой, после усиления – металлические конструкции окрасить [10].

**Непроектная нагрузка** - часто встречаемое повреждение. Если персоналу производственного здания необходимо установить какое-нибудь крановое оборудование – его подвешивают на фермы покрытия. Дополнительная непроектная нагрузка на фермы покрытия может привести к появлению трещин в узлах приложения дополнительных усилий. Техническое состояние таких ферм оценивается как ограниченно работоспособное. Устраняется дефект путем разгрузки конструкции и затиркой появившихся трещин. Еще одним уникальным повреждением железобетонной фермы покрытия является перегруз кирпичной кладкой. На одном из производственных заводов г. Новочеркаска в производственном здании торцевая фонарная ферма была заполнена кирпичной кладкой [10]. При проведении обследования было рекомендовано демонтировать кладку и закрыть торцевую ферму профилированным листом или асбестоцементным листом с утеплением.

**Замачивание ферм** и балок покрытия является самым распространенным повреждением железобетонных конструкций покрытия. Причинами замачивания является нарушение целостности или разрушение рулонного гидроизоляционного ковра кровли. Чаще всего замачивание железобетонных конструкций происходит в ендовах и возле воронок ливневого водостока. Развитие регулярного замачивания конструкций кровли может привести к шелушению и размораживанию бетона ферм и балок покрытия. При длительном замачивании может произойти разрушение и отслоение защитного слоя бетона на локальных участках замачивания конструкций. Техническое состояние фермы является работоспособным, если развитие привело к коррозии арматуры и отслоению защитного слоя бетона – то техническое состояние является ограниченно работоспособным. Устраняются следы замачива-

---

ния ремонтом кровли на участке повреждения, очисткой конструкции от следов замачивания и побелкой. При разрушении защитного слоя бетона проводится очистка арматуры от продуктов коррозии, оштукатуривание и побелка конструкции на поврежденном участке.

***Сверхнормативные прогибы ферм и балок.*** Редко встречаемым повреждением железобетонных ферм и балок покрытия являются прогибы, значение которых превышает нормативное. Определяются прогибы с помощью геодезических приборов (нивелир, тахеометр). Причин появления таких прогибов может быть две - дефекты изготовления конструкций до стадии монтажа и силовое воздействие в процессе эксплуатации. Если железобетонная ферма работает в комплексе конструкций здания долгий период времени (20-30 или 40 лет), при отсутствии внешних воздействий на ферму за небольшой период времени, предшествующий обследованию, и ранее прогибы конструкции не определялись, то возможно, что это дефект изготовления. В таком случае необходимо установить мониторинг за прогибами фермы в течение года или трех лет, если по результатам мониторинга развития прогибов не наблюдается, то рекомендуется проводить обследование с интервалом раз в пять лет с геодезическим мониторингом конструкции. Если значительные прогибы железобетонной фермы или балки покрытия были выявлены после обильного снегопада, аварийного замачивания грунтов основания, подвешивания дополнительного кранового пути, то рекомендуется усиление конструкции по специально разработанному проекту. Техническое состояние является аварийным или недопустимым, необходимо немедленно установить поддерживающие подпорки, разгрузка конструкций кровли, выполнение усиления.

***Недостаточная площадь опирания*** - редко встречаемое повреждение, причинами появления такого дефекта могут быть отклонения колонн от вертикали, разрушение оголовков колонн (уменьшение их горизонтальной по-

---

верхности), смещение конструкции фермы или балки покрытия от проектного положения (на стадии монтажа). Развитие повреждения приведет к дополнительным напряжениям в оголовке колонны, сколам бетона по углам и граням оголовка, аварийному разрушению. Техническое состояние конструкции ограничено работоспособное или недопустимое, в зависимости от величины опорной площадки. Устранить повреждение можно только совместным усилением оголовка колонны и фермы или балки покрытия. Самый вероятный способ усиления – это выполнить металлическую обойму оголовка колонны и на обойме выполнить дополнительный столик для опирания фермы покрытия.

Анализ работ в области обследования и оценки технического состояния строительных конструкций [11, 12] показал, что в настоящее время отсутствуют нормы и критерии оценки технического состояния строительных конструкций производственных зданий. Очевидна необходимость в разработке единых критериев для оценки технического состояния строительных конструкций производственных зданий в зависимости от параметров выявленных повреждений (длины скола, ширины трещины, площади отслоения защитного слоя бетона, поврежденности арматуры и т.д.).

### Литература

1. Добромислов А.Н. Диагностика повреждений зданий и инженерных сооружений. М: АСВ, 2006. 256 с.
2. Улыбин А.В., Ватин Н.И. Качество визуального обследования зданий и сооружений и методика его выполнения // Строительство уникальных зданий и сооружений. ISSN 2304-6295. 10 (25). 2014. С. 134-146
3. Крахмальный Т.А., Евтушенко С.И. Дефекты и повреждения железобетонных колонн производственных зданий // Строительство и архитектура (2020). Том 8. Выпуск 2 (27) 2020. С.5-9.

4. Перунов А.С. Егоров Д.А. Обзор распространенных дефектов монолитных железобетонных конструкций при строительстве многоэтажных зданий // Инженерный вестник Дона, 2025, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2025/9927](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2025/9927)
5. Смоляго Г.А., Дронов В.И., Дронов А.В., Меркулов С.И. Изучение влияния дефектов железобетонных конструкций на развитие коррозионных процессов арматуры // Промышленное и гражданское строительство. 2014. №12. С. 25-27.
6. Krahmalny T.A., Evtushenko S.I. Damage to the Vertical Braces of Industrial Buildings // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1079 (2021) 052086. doi:10.1088/1757-899X/1079/5/052086.
7. Frolov N.V., Smolyago G.A. Reinforced concrete beams strength under power and environmental influences // Magazine of Civil Engineering. 2021. №3 (103). URL: [cyberleninka.ru/article/n/reinforced-concrete-beams-strength-underpower-and-environmental-influences](http://cyberleninka.ru/article/n/reinforced-concrete-beams-strength-underpower-and-environmental-influences) (дата обращения: 02.03.2025).
8. Шарафутдинов Л.А., Маннапов Р.М. К оценке прочности изгибаемых железобетонных элементов с дефектами и повреждениями // Инженерный вестник Дона, 2025, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2025/9995](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2025/9995).
9. Ким И.В., Еремин К.И., Ницета С.А. Оценка долговечности поврежденных подкрановых балок в условиях неполноты, неопределенности, неточности и нечеткости данных // Математическое моделирование и краевые задачи: Труды Всероссийской научной конференции, 2004. - Т. 1. С.- 116-118.
10. Крахмальний Т.А., Евтушенко С.И. Дефекты и повреждения конструкций покрытия производственных зданий // Строительство и архитектура. 2021. Том 9. Выпуск 4 (33). С. 6-10. DOI: 10.29039/2308-0191-2021-9-4-6-10.

11. Улыбин А.В., Ватин Н.И. Качество визуального обследования зданий и сооружений и методика его выполнения // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. 10 (25). С. 134-146.

12. Добромыслов А.Н. Оценка надежности зданий и сооружений по внешним признакам. Справочное пособие. -М.: Издательство АСВ, 2004, - 72 с. ISBN 5-93093-2.

### References

1. Dobromyslov A.N. Diagnostika povrezhdenij zdaniy i inzhenernyh sooruzhenij [Diagnostics of damage to buildings and engineering structures]. М: ASV, 2006. 256 p.

2. Ulybin A.V., Vatin N.I. Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij. ISSN 2304-6295. 10 (25). 2014. pp.134-146.

3. Krahmaly T.A., Evtushenko S.I. Stroitel'stvo i arhitektura, 2020, V. 8. I. 2 (27) 2020. pp. 5-9.

4. Perunov A.S. Yegorov D.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2025, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2025/9927](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2025/9927).

5. Smoljago G.A., Dronov V.I., Dronov A.B., Merkulov S.I. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2014. №12. pp. 25-27.

6. Krahmaly T.A., Evtushenko S.I. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1079 (2021). 052086. doi:10.1088/1757-899X/1079/5/052086.

7. Frolov N.V., Smolyago G.A. Magazine of Civil Engineering. 2021. №3 (103). URL: [cyberleninka.ru/article/n/reinforced-concrete-beams-strength-underpower-and-environmental-influences](http://cyberleninka.ru/article/n/reinforced-concrete-beams-strength-underpower-and-environmental-influences).

8. Sharafutdinov L.A., Mannapov R.M. Inzhenernyj vestnik Dona, 2025, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2025/9995](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2025/9995).

9. Kim I.V., Yeremin K.I., Nishcheta S.A. Matematicheskoye modelirovaniye i krayevyye zadachi: Trudy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii. 2004. V. 1. pp. 116-118.



10. Krahmal'nyj T.A., Evtushenko S.I. Stroitel'stvo i arhitektura. 2021. V. 9. I. 4 (33). pp. 6-10. DOI: 10.29039/2308-0191-2021-9-4-6-10.

11. Ulybin A.V., Vatin N.I. Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy. 2014. 10 (25). pp. 134-146.

12. Dobromyslov A.N. Otsenka nadezhnosti zdaniy i sooruzheniy po vneshnim priznakam. Spravochnoye posobiye. [Assessment of reliability of buildings and structures by external signs. Reference manual]. M.: Izdatel'stvo ASV, 2004. 72 p. ISBN 5-93093-2.

**Дата поступления: 25.05.2025**

**Дата публикации: 10.07.2025**