

## Дефекты и повреждения столбчатых фундаментов производственных зданий

УДК 69.059

**Крахмальний Т.А.**

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Общеинженерные дисциплины» 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 РОМГиФ, профессор кафедры «Информационные системы, технология и автоматизация строительства» Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ) (г. Москва); e-mail: evtushenkosi@mgsu.ru

Статья получена: 02.12.2019. Рассмотрена: 05.12.2019. Одобрена: 30.12.2019. Опубликовано онлайн: 31.12.2019. ©РИОР

**Аннотация.** В статье приводится классификация типовых дефектов и повреждений столбчатых фундаментов производственных зданий, причины их образования, последствия к которым могут привести повреждения фундаментов и методы их устранения.

**Ключевые слова:** строительные конструкции, основания и фундаменты, крен фундамента, повреждения ступеней фундамента, повреждения гидроизоляции фундамента, сколы стакана фундамента.

В последние годы состояние промышленных зданий и сооружений характеризуются быстрым приближением сроков эксплуатации к предельным значениям и возрастанием количества дефектов. Продлить жизненный цикл здания можно путем проведения обследования и выполнения ремонта по устранению выявленных дефектов и повреждений. Особое внимание при этом уделяется осмотру фундаментов, так как дефекты и повреждения оснований и фунда-

ментов имеют наиболее значительные и опасные последствия для всего здания в целом.

Очень часто техническое состояние фундаментов здания можно оценить по косвенным признакам, а именно — проседание отмостки на локальных участках вдоль здания, искривление линии цоколя и карниза, трещины в кирпичных стенах здания и другие признаки проседания фундаментов. Рассмотрим наиболее распространенные (характерные) типы повреждений, выявленных в процессе обследования различных промышленных зданий, причины появления дефектов и методы их устранения.

**Крен фундамента.** Наиболее частой причиной развития крена после нескольких лет эксплуатации является неравномерное замачивание грунтов основания техногенными водами в результате прорыва водопровода или канализации, особенно если коммуникации проложены под уровнем пола и процесс замачивания может длиться годами до обнаружения протечек.

### DEFECTS AND DAMAGE TO THE BARBED FOUNDATIONS OF THE PRODUCTION BUILDINGS

**Krachmalniy T.A**

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 Engineering, 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: evtushenko\_s@novoch.ru

**Manuscript received:** 02.12.2019. **Revised:** 05.12.2019. **Accepted:** 30.12.2019. **Published online:** 31.12.2019. ©РИОР

**Abstract.** The article provides a classification of typical defects and damages to the pillared foundations of industrial buildings, the causes of their formation, the consequences of which can lead to damage to foundations and methods for their elimination.

**Keywords:** building structures, foundations and foundations, foundation roll, damage to the foundation steps, damage to the waterproofing of the foundation, chipped glass base.

Негативными последствиями крена фундамента является нарушение эксплуатации установленного в цехе оборудования. Также крен может привести к отрыву закладных деталей стеновых панелей, смещению подкрановых балок от проектного положения, нарушения работы тормозных конструкций и др. Одним из путей устранения крена фундамента является укрепления грунтового основания и закрепления строительных конструкций от дальнейших осадок. Также возможно выравнивание крена путем применения геополлимерных технологий. Для предотвращения дальнейшего крена колонн возможна установка дополнительных вертикальных связей жесткости.

**Разрушение защитного слоя бетона ступеней фундамента.** Наиболее распространенное повреждение железобетонных фундаментов — это не достаточный (слабый) защитный слой бетона. Определяется разрушение защитного слоя бетона фундамента визуально, на поверхности бетона полосы рыжего цвета показывают расположение арматурного каркаса фундамента. Слабый защитный слой бетона фундамента приводит к коррозии и обнажению (разрушению защитного слоя).

**Обнажение и коррозия арматуры.** Разрушение защитного слоя всегда сопровождается обнажением и коррозией рабочей арматуры каркаса фундамента. Определяется коррозия арматуры визуально. При значительной коррозии инструментально определяется диаметр сечения ослабленных арматурных стержней наиболее поврежденном сечении, а величину диаметра арматуры в неповрежденном сечении можно найти в проектной документации или косвенными инструментальными измерениями (при известной величине защитного слоя). По результатам измерений определяется степень потери площади поперечного сечения арматуры в процентном соотношении. Длительная коррозия арматуры может привести к ее разрыву и появлению трещин в бетоне. При незначительном повреждении коррозия устраняется путем очистки арматурных стержней от продуктов коррозии и последующего восстановления защитного слоя бетона. При значительных повреждениях необходимо усилить каркас фундамента новыми арматурными стержнями и выполнить обетонирование, связав существующий

каркас с усилением и бетон фундамента с обетонированием.

**Трещины в ступенях фундамента.** Самым опасным повреждением фундаментов являются трещины в ступенях фундамента. Опасность заключается в том, что при этом часть фундамента «выключается» из работы. Силовые трещины в ступенях могут приводить к образованию «пластических шарниров» в опорной части. Бетон в растянутой зоне уже не может передавать нагрузку от колонны на «отломанную» часть опорной плиты, а арматура еще работает и удерживает ступень в проектное положение, поэтому может происходить поворот отломанной части относительно оси шарнира. Определить наличие трещины можно только визуально или косвенным путем. Косвенно трещина определяется при наличии осадок одной из колонн по сравнению с положением других колонн.

Причинами появления трещины в ступенях фундамента являются: неверное проектное решение (если при проектировании не учтен изгибающий момент от действия крановой нагрузки); недостаточно точные инженерно-геологические изыскания (если не была обнаружена линза более прочного грунта); превышение максимально допустимой крановой нагрузки (что могло вызвать продавливание фундамента в грунт) и др.

Устранить трещину в плитной части столбчатого фундамента возможно только проведением усиления. При выполнении работ необходимо предусмотреть мероприятия по увеличению подошвы фундамента и соединению отколовшейся части фундамента. Это может быть выполнено устройством металлической обоймы из прокатных профилей (уголков или швеллеров) по периметру плитной части столбчатого фундамента и соединенная с бетоном стальными анкерами.

**Повреждения гидроизоляции.** Гидроизоляция защищает бетон фундамента от случайных протечек коммуникаций и случайного замачивания, а также агрессивного воздействия растворенных в воде солей. В случаях, когда фундамент необходимо возвести в насыщенных водой грунтах, выполняется гидроизоляция из наплавляемого рубероида или гидроизола в два слоя и покрывается еще дополнительным слоем бетона или еще одним рядом кирпичной кладки.

Причинами повреждения является механические воздействия при выполнении работ по обратной засыпке котлована. Локальные повреждения гидроизоляции фундамента в виде царапин или порезов не представляют опасности, значительные повреждения в виде отслоения гидроизоляции по всей грани фундамента или по грани ступени могут привести к разрушению защитного слоя бетона и в последующем к обнажению и коррозии арматуры. Опасны такие повреждения в насыщенных водой грунтах и в случае значительного колебания уровня грунтовых вод.

**Сколы бетона стакана фундамента.** Наиболее часто встречается повреждение стакана фундамента в виде сколов бетона. Согласно нормам проектирования верхняя кромка стакана должна быть на 50–150 мм ниже уровня пола производственного здания, но иногда на практике верхняя грань стакана оказывается выше уровня пола на 100–150 мм и подвержена воздействиям автомобильного транспорта и кранового оборудования. Технологический транспорт разбивает колесами верхние грани стакана, а иногда повреждения появляются при перемещении грузов мостовыми кранами. Сколы бетона верхней грани стакана незначительно влияют на несущую способность фундамента в целом или колонны. Восстановить фундамент можно обетонированием.

**Трещины в стакане.** Трещины в стакане могут появиться на стадии монтажа фундамента или на стадии обратной засыпки. Определяются трещины визуально и, как правило, опасности не представляют. Арматура, установленная в стенках стакана фундамента, позволяет удерживать колонну в проектном положении. Восстанавливаются трещины путем зачеканки полимерцементным раствором или специальными смесями для ремонта бетона.

При проведении обследований различных зданий также были отмечены уникальные повреждения фундаментов.

Отсутствие фундамента под колонной. Случай повреждения был отмечен на крупном заводе по производству сельскохозяйственной техники в г. Ростове-на-Дону. Один из производственных цехов предприятия имел ширину пролета 24 м и длину 96 м. Каркас здания был полностью железобетонный, крановой нагруз-

ки не предполагалось, т.е. колонны были сплошного поперечного сечения, консоли отсутствовали. На каком-то этапе эксплуатации здания потребовалось установить крановое оборудование. Для этого были выполнены стальные колонны, состоящие из спаренных швеллеров. Под колонны были выкопаны углубления в полах глубиной приблизительно 0,5 м, колонны установлены в углубления, соединены стальными хомутами с железобетонными колоннами каркаса, и углубления были заполнены бетоном (рис. 1). В середине пролета был установлен дополнительный ряд колонн, на колонны установлены подкрановые балки и два мостовых крана грузоподъемностью 5 и 10 т.



Рис. 1. Отсутствие фундамента под металлическими колоннами

Аварии в производственном цехе не произошло только потому, что часть металлической колонны опиралась на край стакана фундамента железобетонной колонны. Отсутствие фундамента было обнаружено при выполнении повторной реконструкции цеха, когда в связи с изменением производственной линии возникла необходимость демонтировать мостовые краны и установить кран-балки шириной 22,5 м. Центральный ряд колонн был демонтирован, краны были сняты, металлические колонны без фундаментов демонтированы.

Согласно разработанному проекту было выполнено усиление существующего железобетонного фундамента каркаса здания, под новые стойки были выполнены столбики, передающие нагрузку на ступени фундамента. На столбики с закладными деталями были установлены новые металлические колонны из прокатных двутавров, которые для жесткости еще соединили



металлическими хомутами с железобетонными колоннами каркаса.

#### Отсутствие бетона в конструкции усиления.

Еще одно уникальное повреждение — это незавершенное усиление конструкций фундаментов. При обследовании машинного зала крупного энергетического предприятия в подвальной его части был обнаружен монолитный железобетонный фундамент с незавершенным усилением. Возле фундамента был выполнен арматурный каркас усиления, но опалубка и бетон усиления отсутствовали (рис. 2). Поскольку подвалы машинного зала предназначались для сбора протечек технических вод и последующего отвода стоков, то каркас усиления значительно корродировал.



Рис. 2. Незавершенное усиление фундамента колонны, коррозия каркаса усиления железобетонного фундамента

Дальнейшее использование данного каркаса было нецелесообразно, поскольку в результате коррозии поперечное сечение стержней значительно уменьшилось. По результатам обследования было рекомендовано демонтировать каркас усиления фундамента колонны и повторное его выполнение с заполнением бетоном.

Повреждения фундаментных балок. В большинстве случаев фундаментные балки расположены ниже уровня земли и недоступны для визуального осмотра. Тогда осмотр фундаментных балок выполняется путем раскопки шурфов в местах появления трещин в кирпичной кладке. Иногда фундаментные балки расположены выше уровня земли и подвержены атмосферным

и механическим воздействиям. Наиболее часто встречается разрушение защитного слоя бетона фундаментных балок, обнажение и коррозия арматурного каркаса, разрушение полки балки (рис. 3).



Рис. 3. Разрушение бетона полки фундаментной балки, обнажение и коррозия арматурного каркаса

В приведенном примере также присутствует техногенное воздействие на фундаментную балку в виде замачивания стоками атмосферных осадков. Техническое состояние такой фундаментной балки является ограниченно работоспособным. Развитие данного повреждения может привести к появлению трещины в фундаментной балке и образованию в ней пластического шарнира и появлению недопустимых деформаций. Устранятся такие повреждения путем оштукатуривания и восстановления формы балки. Так же следует устранить причины замачивания.

Таким образом, все дефекты и повреждения столчатых и ленточных фундаментов производственных зданий можно разделить по следующим зонам их образования:

- зона 1 — подошва фундаментов;
- зона 2 — ступени фундаментов;
- зона 3 — стаканная часть фундамента;
- зона 4 — фундаментные балки.

Проведение обследования зданий и сооружений позволяет оценить их техническое состояние, выполнить анализ развития дефектов и повреждений, прогнозировать его техническое состояние и, соответственно, предупредить аварийных ситуаций.

## Литература

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 02.06.2016) «О промышленной безопасности опасных» [Текст].
2. СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. — Введ. 2003-08-21 [Текст]. — М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2004.
3. *Евтушенко С.И.* Оценка технического состояния строительных конструкций здания обжига извести в г. Красный Сулин [Текст] / С.И. Евтушенко, И.В. Якименко, В.Н. Пихур, И.Н. Ткаченко // Строительство-2007: материалы Междунар. науч.-практ. конф. — Ростов н/Д: Изд-во Ростов. гос. строит. ун-та, 2007. — С. 174–176.
4. *Волосухин В.А.* Дефекты и повреждения строительных конструкций мостов на мелиоративных каналах Ростовской области [Текст]: монография / В.А. Волосухин [и др.]. — Новочеркасск: Изд-во ЮРГПУ (НПИ), 2013. — 126 с.
5. *Евтушенко С.И.* Систематизация дефектов фасадов промышленных зданий [Текст] / С.И. Евтушенко [и др.] // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений: материалы XVI международной научно-практической конференции, г. Новочеркасск, 15 ноября 2016 г. — Новочеркасск: Изд-во ЮРГПУ (НПИ), 2016. — С. 132–136.
6. *Субботин А.И.* Ошибки, которых можно избежать при строительстве жилых домов [Текст] / А.И. Субботин, В.А. Субботин, И.А. Субботин // Строительство и архитектура. — 2017. — Т. 5. — Вып. 1. — С. 35–42. — DOI: 10.12737/25106.
7. *Евтушенко С.И.* Информационные технологии при обследовании промышленных зданий [Текст] / С.И. Евтушенко, Т.А. Крахмальный, М.П. Крахмальная, И.А. Чутченко // Строительство и архитектура. — 2017. — Т. 5. — Вып. 1. — С. 65–71. — DOI: 10.12737/25113
8. *Бабец Н.Н.* Обследование здания механической очистки комплекса очистных сооружений канализации в г. Новошахтинске [Текст] / Н.Н. Бабец, С.И. Евтушенко, М.Н. Полторак, О.Е. Мадаева, В.А. Марченко // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений: материалы XVI Международной научно-практической конференции, г. Новочеркасск, 15 ноября 2016 г. — Новочеркасск: Изд-во ЮРГПУ (НПИ), 2016. — С. 128–131.

## References

1. *Federal'nyj zakon ot 21.07.1997 N 116-FZ (red. ot 02.06.2016) «O promyshlennoj bezopasnosti opasnyh»* [Federal Law of July 21, 1997 № 116-FZ (as amended on June 2, 2016) "On the Industrial Safety of Dangerous"].
2. *SP 13-102-2003 Pravila obsledovaniya nesushchih stroitel'nyh konstrukcij zdaniy i sooruzhenij* [SP 13-102-2003 Rules for the inspection of load-bearing building structures of buildings and structures]. Moscow: Gosstroj Rossii Publ., GUP CPP Publ., 2004.
3. *Evtushenko S.I., Yakimenko I.V., Pihur V.N., Tkachenko I.N.* Ocenka tekhnicheskogo sostoyaniya stroitel'nyh konstrukcij zdaniya obzhiga izvesti v g. Krasnyj Sulin [assessment of the technical condition of the building structures of the lime kiln building in the town of Krasny Sulin]. *Stroitel'stvo-2007: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Rostovskij gosudarstvennyj stroitel'nyj universitet* [Building-2007: materials of the International scientific-practical conference. Rostov State University of Civil Engineering]. Rostov-on-Don, 2007, pp. 174–176.
4. *Volosuhin V.A.* Defekty i povrezhdeniya stroitel'nyh konstrukcij mostov na meliorativnyh kanalakh Rostovskoj oblasti [Defects and damage to building structures of bridges on reclamation canals of the Rostov region]. *Yuzhno-Rossijskij gosudarstvennyj politekhnicheskij universitet (NPI) im. M.I. Platova* [South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platova]. Novocherkassk: YuRGPU (NPI) Publ., 2013. 126 p.
5. *Evtushenko S.I., Krahmalyj T.A., Krahmalyj M.P., Shapka V.E., Aleksandrov A.B.* Sistematizaciya defektov fasadov promyshlennyh zdaniy [Systematization of defects of facades of industrial buildings]. *Informacionnye tekhnologii v obsledovanii ekspluatiruemyh zdaniy i sooruzhenij: materialy XVI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, g. Novocherkassk, 15 noyabrya 2016 g.* / *Yuzhno-Rossijskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet (NPI) imeni M.I. Platova* [Information technology in the survey of operated buildings and structures: materials of the XVI international scientific-practical conference, Novocherkassk, November 15, 2016 / South-Russian State Technical University (NPI) named after M.I. Platova]. Novocherkassk, YuRGPU (NPI) Publ., 2016, pp. 128–131.
6. *Subbotin A.I., Subbotin V.A., Subbotin I.A.* Oshibki, kotoryh mozno izbegat' pri stroitel'stve zhilyh domov [Errors that can be avoided during the construction of residential buildings]. *Stroitel'stvo i arhitektura* [Construction and Architecture]. 2017, V. 5, I. 1, pp. 35–42.
7. *Evtushenko S.I., Krahmalyj T.A., Krahmalyj M.P., Chutchenko I.A.* Informacionnye tekhnologii pri obsledovanii promyshlennyh zdaniy [Information technology in the inspection of industrial buildings]. *Stroitel'stvo i arhitektura* [Construction and Architecture]. 2017, V. 5, I. 1, pp. 65–71.
8. *Babec N.N., Evtushenko S.I., Poltorak M.N., Madaeva O.E., Marchenko V.A.* Obsledovanie zdaniya mekhanicheskoy ochestki kompleksa ochestnyh sooruzhenij kanalizacii v g. Novoshahtinske [Inspection of the building for mechanical cleaning of the sewage treatment plant complex in the city of Novoshahtinsk]. *Informacionnye tekhnologii v obsledovanii ekspluatiruemyh zdaniy i sooruzhenij: materialy XVI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, g. Novocherkassk, 15 noyabrya 2016 g.* / *Yuzhno-Rossijskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet (NPI) imeni M.I. Platova* [Information technology in the survey of operated buildings and structures: materials of the XVI international scientific-practical conference, Novocherkassk, November 15, 2016 / South-Russian State Technical University (NPI) named after M.I. Platova]. Novocherkassk, YuRGPU (NPI) Publ., 2016, pp. 128–131.