

# Дефекты и повреждения грунтовых оснований промышленных зданий

УДК 69.059

## Крахмальний Т.А.

Доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры «Общеинженерные дисциплины», Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова (г. Новочеркасск); e-mail: krachmalniy@icmynsl.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» ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (г. Москва); e-mail: evtushenkosi@mgsu.ru

Статья получена: 12.10.2019. Рассмотрена: 18.11.2019. Одобрена: 21.11.2019. Опубликована онлайн: 26.11.2019. ©РИОР

**Аннотация.** В статье приведен анализ типовых дефектов и повреждений грунтовых оснований производственных зданий, причины появления повреждений, возможные последствия при развитии выявленных повреждений и методы устранения.

**Ключевые слова:** строительные конструкции, основания и фундаменты, замачивание основания, осадка и просадка грунтов, выравнивание конструкций.

При новом строительстве зданий и сооружений, как в мире, так и в России, все шире используются трехмерные информационные модели объектов (стадия 3D), а также появляются пилотные проекты, в которых реализовано прогнозирование и планирование процесса строительства (стадия 4D), а также наполнение информационных моделей информацией по стоимости материалов и оборудования для определения стоимости здания на любой стадии его возведения (стадия 5D). Постепенное накопление информации о здании в сочетании с проектом выводит использование ЦИМ на определение потребности в техническом обслуживании (стадия 6D). На уровне 6D — в моделях

аккумулируются все изменения в соответствии с фактически принятыми на строительной площадке решениями, а также фиксируются отклонения от проекта. Эта модель, созданная на основании исполнительных схем, дает возможность накапливать данные с датчиков, размещенных на здании во время возведения и фиксировать их изменение и отклонения от допустимых значений для реализованных конструкций. ЦИМ стадии 6D используется в процессе эксплуатации производственного здания, и эксплуатирующая организация сможет своевременно принимать необходимые решения по ремонту и обслуживанию объекта. 6D-модель — это своеобразная система мониторинга и эксплуатации здания.

Следующая стадия 7D позволит осуществлять эксплуатационно-техническое обслуживание. Однако работ и принципов подхода к решению этого вопроса пока не выработано. Попробуем формализовать сбор данных и информации при проведении обследования строительных конструкций промышленных зданий.

Несомненно, что грунтовое основание и фундаменты выполняют главную функцию в обеспечении несущей способности всего про-

## DEFECTS AND DAMAGE TO GROUND BASES OF INDUSTRIAL BUILDINGS

### Timofey Krachmalniy

Docent, Ph.D., Docent, Department of General engineering disciplines, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk; e-mail: krachmalniy@icmynsl.ru

### Sergey Evtushenko

Doctor of Engineering, Professor, Honored Worker of Higher Education of Russia, Professor, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow; e-mail: evtushenkosi@mgsu.ru

**Manuscript received:** 12.10.2019. **Revised:** 18.11.2019. **Accepted:** 21.11.2019. **Published online:** 26.11.2019. ©РИОР

**Abstract.** The article provides an analysis of typical defects and damage to the soil foundations of industrial buildings, the causes of damage, the possible consequences of the development of the identified damage and methods of elimination.

**Keywords:** building structures, foundations and foundations, soaking of the foundation, settlement and subsidence of soils, leveling of structures.

изводственного здания, поэтому дефекты и повреждения оснований и фундаментов имеют наиболее значительные и опасные последствия для зданий и сооружений [1]. 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 [2].

Специалистами ЮРГПУ (НПИ) в течение последних нескольких лет проведено обследование ряда промышленных объектов различного назначения в Южном федеральном округе [3–7]. Дефекты оснований и фундаментов повторяются на различных объектах, имеющих общие причины возникновения, что позволяет провести анализ и систематизацию дефектов при проведении обследований на новых объектах, а также обращать внимание на наиболее опасные.

Наиболее распространенным повреждением фундаментов является осадка и просадка грунтов основания. Просадочными свойствами обладают глины, суглинки, лессы и лессовидные супеси, пески, пепловые и зольные отложения, широко распространенные в Южном федеральном округе. Также необходимо отметить, что просадочными свойствами обладают насыпные грунты, которые имеют неоднородный состав и могут неравномерно сжиматься под собственным весом или прилагаемой нагрузкой.

Проседание грунта происходит по следующим причинам:

- замачивание грунта, такая просадка характерна для лессов и лессовых грунтов, частицы которых представляют собой пористую массу, скрепленную мельчайшими кристаллами соли. Замачивание лессовых грунтов способствует растворению частиц соли и вымыванию ее через пористую структуру. Замачивание песчаных грунтов способствует уплотнению частиц песка, что приводит к уменьшению его объема и повышению плотности. Такие грунты встречаются в Волгодонском районе Ростовской области;
- вибрационные нагрузки от установленного в здании оборудования, они так же приводят к уплотнению частиц, повышению плотности грунта и уменьшению его объема. Такие

повреждения характерны для всех производственных зданий;

- повышение температуры и оттаивание вечномёрзлых грунтов, но в Южном федеральном округе такие грунты не встречаются. При повышении температуры кристаллы льда, скрепляющие частицы грунта, тают, и грунт теряет свои прочностные свойства.

Устранить просадочные свойства грунта можно путем его уплотнения или специального замачивания. Например, уплотнение грунта выполняют с помощью различных транспортных средств, электрических или механических трамбовок, тяжелых катков или посредством вибрирования. Для достижения нужной плотности грунта возможно уплотнение вместе с искусственным замачиванием.

Эффективный и часто используемый способ устранения просадочных свойств — это устройство насыпного основания. Для этого грунт с просадочными свойствами извлекают из котлована и засыпают на его место другой, не поддающийся просадке. Обычно для этого используют щебень, засыпаемый с послойным трамбованием.

Причинами просадки грунта после возведения здания могут быть:

- замачивание техническими водами в результате прорыва водопровода или канализации, особенно если коммуникации проложены под уровнем пола и процесс замачивания может длиться годами до обнаружения протечек;
- замачивание водой атмосферных осадков в результате неисправной системы ливневого водостока. Внутренний водосток в большинстве промышленных зданий выполнен в форме водосточных труб, идущих вдоль колонн от кровли и до пола здания, под полом трубы объединяются в трубу большего диаметра и ливневые воды выводятся за пределы здания. На кровле возможны скопления листвы, веток и мусора, что может привести к засорению и разрыву ливневого водостока под полом здания;
- подтопления в результате подъема уровня грунтовых вод. Уровень грунтовых вод на прилегающей к зданию территории регулярно меняется. Изменения уровня грунтовых

вод могут носить сезонный характер. Обычно при проведении инженерно-геологических испытаний сезонное изменение учитывается и фундамент закладывают выше отметки. Гораздо труднее предугадать, на сколько поднимется уровень грунтовых вод в результате увеличения плотности застройки прилегающей территории или покрытия территории асфальтом или плиткой;

- динамические нагрузки. При работе кранового оборудования, на грунтовое основание через колонны передаются знакопеременные динамические нагрузки, которые могут привести к его дополнительному уплотнению, если он недостаточно уплотнен;
- недоуплотнения на локальных участках. Например, после уплотнения грунтового основания возникла необходимость выполнить ввод коммуникаций, в основании выкапывается траншея, прокладываются трубы водопровода и канализации, после чего, траншея закапывается и в лучшем случае трамбуется ручными трамбовками, чаще всего трамбование никак не выполняется. Под ленточным фундаментом образуется локальный участок с меньшей плотностью, что вызывает в последствие просадку.

Таким образом, можно выделить следующие зоны возможного появления осадок фундаментов.

**Зона 1** — локальные осадки отдельных колонн в области прохода коммуникаций в результате замачивания грунтов основания техническими водами.

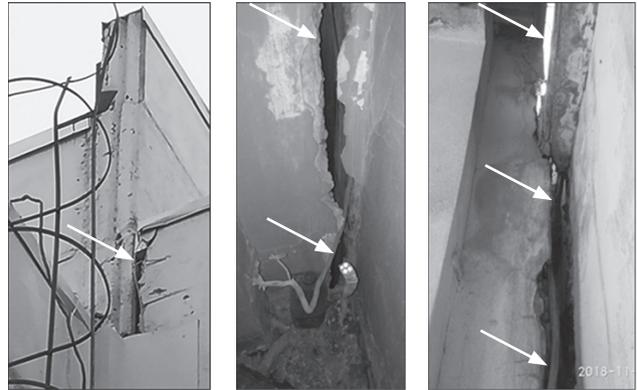
**Зона 2** — локальные осадки группы колонн в районе установки вибрационного оборудования.

**Зона 3** — локальные осадки группы колонн по углам здания, в местах линз слабого грунта в основаниях, в местах засыпки естественных впадин рельефа и оврагов.

**Зона 4** — проседание рядов колонн вдоль пролета, вызванные интенсивной работой большегрузного кранового оборудования.

**Зона 5** — неравномерная осадка всех колонн производственного здания в результате повышения уровня грунтовых вод.

Устранить осадку фундамента или просадку грунта невозможно, если это произошло, то можно только устранять последствия (рис. 1).



**Рис. 1.** Проседание грунтов основания под фундаментами лестничной клетки привело к образованию трещин между конструкциями до 150 мм

Неравномерная осадка грунтов основания фундаментов может привести к нарушению эксплуатации здания, а в некоторых случаях и к аварийным последствиям. В кирпичных стенах здания при значительной осадке появляется множество мелких трещин или несколько крупных, способных привести к обрушению стены. Смещения колонн приводит к смещению подкрановых балок и соответственно крановых путей, что вызовет сбой в работе кранового оборудования. Смещение колонн вызывает разрывы в сварных швах закладных деталей стеновых панелей, что может привести к их обрушению. Так же смещение колонн может привести к нарушению работы технологического оборудования, установленного в цехе. Очень часто осадка колонн сопровождается проседанием полов, что приводит к сбою в работе оборудования или дискомфорту работающих сотрудников.

В первую очередь необходимо установить наблюдение за состоянием конструкций, например, один год. Если трещины в течение времени наблюдения продолжают расти и расширяться, то необходимо принимать меры по укреплению грунтов основания. Если раскрытия трещин не происходит, длина трещин не увеличивается, то можно говорить о том, что основание фундаментов находится в стабилизированном состоянии, а осадка грунтов основания происходила на начальной стадии эксплуатации здания. Если же здание новое (не более 5 лет с момента ввода здания в эксплуатацию), то необходимо сразу принимать меры по усилению грунтов основания и укреплению стен здания.

Укрепление основания можно выполнять двумя способами — инъектированием в грунт химических составов и укрепление путем вдавливания или закручивания свай. В первом случае выполняется введение в грунт растворов жидкого стекла или цементного раствора. Во втором случае выполняется вдавливание или закручивание под здание стальных свай. Чаще всего, это бывают наклонные сваи, которые задавливаются под обрез фундамента. В некоторых случаях, оголовки свай и существующий монолитный фундамент колонны могут быть объединены в новый свайный ростверк, и тогда уже получается свайный фундамент, передающий нагрузку на нижние слои грунта.

Укрепление грунта — это сложный процесс, который необходимо выполнять по специально разработанному проекту. Проект должен учитывать движение грунтовых вод, наличие полостей и инородных включений в грунтовом основании. В настоящее время существует множество организаций, которые выполняют инъектирование в грунт под высоким давлением специализированного геополлимерного раствора. Это современные композиционные полимерные материалы, которые обладают высокой прочностью и способны расширяться в объеме. Основным сырьем для производства таких материалов являются минералы геологического происхождения, поэтому они и получили название геополлимеров. Они химически устойчи-

вы к многим агрессивным средам, растворителям, способны выдерживать высокие температуры. В результате проведения работ по данной технологии обеспечивается укрепление, уплотнение и стабилизация грунта, заполнение полостей, укрепление и гидроизоляция фундаментов, подъем просевших плит, устранение трещин в стенах зданий.

После мероприятий по укреплению грунта, необходимо провести мероприятия по укреплению стен и несущих конструкций здания.

Здания, основания которых были укреплены, необходимо наблюдать в течение всего срока их дальнейшей эксплуатации. Мониторинг технического состояния зданий проводят для контроля их технического состояния и своевременного принятия мер по устранению возникающих негативных факторов, ведущих к ухудшению этого состояния, а также для обеспечения безопасного функционирования оснований и фундаментов зданий. Установка на здание датчиков автоматизированной системы мониторинга состояния трещин и стыков зданий, позволит в реальном масштабе времени проводить измерения и автоматизировать процесс передачи данных посредством беспроводной связи. Информация, собранная и переданная системой мониторинга позволит сформировать *6D*-модель здания и своевременно осуществлять эксплуатационно-техническое обслуживание (стадия *7D*).

## Литература

1. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния [Текст]. Введен в действие 2014-01-01. Принят Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве (протокол № 39 от 8 декабря 2011).
2. Мониторинг технического состояния зданий и сооружений, как основа комплексной безопасности в строительстве [Текст] / С.И. Евтушенко, Т.А. Крахмальный, А.С. Евтушенко, М.П. Крахмальная / Строительство и архитектура. — 2014. — Т. 2. — № 4. — С. 182–185.
3. Систематизация дефектов фасадов промышленных зданий [Текст] / С.И. Евтушенко, Т.А. Крахмальный, М.П. Крахмальная, В.Е. Шапка, А.Б. Александров // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений: материалы XVI международной научно-практической конференции, г. Новочеркасск, 15 ноября 2016 г. / Южно-Российский государственный технический университет (НПИ) имени М.И. Платова. — Новочеркасск: Изд-во ЮРГПУ (НПИ), 2016. — С. 132–136.
4. Применение современных методов обследования кирпичных дымовых труб [Текст] / Т.А. Крахмальный, С.И. Евтушенко, М.П. Крахмальная, А.В. Панфилов // Дефекты зданий и сооружений, усиление строительных конструкций: сб. науч. ст. XX науч.-метод. конф. ВИТУ, 29 марта 2016 г. / Военный ин-т (инженер.-техн.). — СПб., 2016. — С. 180–185.
5. Использование информационных технологий при обследовании дефектов промышленных и гражданских зданий [Текст] / Т.А. Крахмальный, С.И. Евтушенко, М.П. Крахмальная, И.А. Чутченко и др. // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., 15 ноября 2016 г., г. Новочеркасск / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) им. М.И. Платова. — Новочеркасск: Изд-во ЮРГПУ (НПИ), 2016. — С. 142–145.
6. Особенности обследования технического состояния зданий котельных [Текст] / Т.А. Крахмальный, С.И. Евтушенко, М.П. Крахмальная, М.А. Кучумов и др. // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений: материалы XVI Междунар. науч.-

практ. конф., 15 нояб. 2016 г., г. Новочеркасск / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) им. М.И. Платова. — Новочеркасск: Изд-во ЮРГПУ (НПИ), 2016. — С. 146–148.

7. Результаты обследования производственного здания цеха сборки тракторов и проект реконструкции [Текст] / Т.А. Крахмальный, С.И. Евтушенко, М.П. Крахмальная,

Г.М. Скибин // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений: материалы XVII Междунар. науч.-практ. конф., 20 нояб. 2017 г., г. Новочеркасск / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) им. М.И. Платова. — Новочеркасск: Изд-во ЮРГПУ (НПИ), 2017. — С. 210–215.

## References

1. GOST 31937-2011 Zdaniya i sooruzheniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya. Vveden v dejstvie 2014-01-01. Prinyat Mezhgosudarstvennoj nauchno-tekhnicheskoy komissiej po standartizacii, tekhnicheskomu normirovaniyu i sertifikacii v stroitel'stve (protokol № 39 ot 8 dekabrya 2011) [GOST 31937-2011 Buildings and structures. Rules for inspection and monitoring of technical condition. Entered into force 2014-01-01. Adopted by the Interstate Scientific and Technical Commission for Standardization, Technical Regulation and Certification in Construction (Protocol № 39 of December 8, 2011)].
2. Monitoring tekhnicheskogo sostoyaniya zdaniy i sooruzhenij, kak osnova kompleksnoj bezopasnosti v stroitel'stve [Monitoring the technical condition of buildings and structures, as the basis of integrated security in construction]. *Stroitel'stvo i arhitektura* [Construction and architecture]. 2014, V. 2, I. 4, pp. 182–185.
3. 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]. Novocherkassk, YuRGPU (NPI) Publ., 2016, pp. 132–136.
4. Krahmalyj T.A., Evtushenko S.I., Krahmalyaya M.P., Panfilov A.V. Primenenie sovremennyh metodov obsledovaniya kirpichnyh dymovyh trub [Application of modern methods of inspection of brick chimneys]. *Defekty zdaniy i sooruzhenij, usilenie stroitel'nyh konstrukcij: sb. nauch. st. XX nauch.-metod. konf. VITU, 29 marta 2016 g. / Voennyj in-t (inzhen.-tekhn.)* [Defects of buildings and structures, strengthening of building structures: collection. scientific Art. XX scientific method. conf. VITU, March 29, 2016 / Military Institute (engineer.-tech.)]. St. Petersburg, 2016, pp. 180–185.
5. Krahmalyj T.A., Evtushenko S.I., Krahmalyaya M.P., Chutchenko I.A. Ispol'zovanie informacionnyh tekhnologij pri obsledovanii defektov promyshlennyh i grazhdanskih zdaniy [The use of information technology in the inspection of defects in industrial and civil buildings]. *Informacionnye tekhnologii v obsledovanii ekspluatiruemyh zdaniy i sooruzhenij: materialy XVI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, 15 noyabrya 2016 g., g. Novocherkassk / Yuzhno-Rossijskij gosudarstvennyj politekhnicheskij universitet (NPI) im. M.I. Platova* [Information technology in the survey of operated buildings and structures: materials of the XVI International Scientific and Practical Conference, November 15, 2016, Novocherkassk / South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platova]. Novocherkassk: YuRGPU (NPI) Publ., 2016, pp. 142–145.
6. Krahmalyj T.A., Evtushenko S.I., Krahmalyaya M.P., Kuchumov M.A. Osobennosti obsledovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya zdaniy kotel'nyh [Features of the inspection of the technical condition of boiler houses]. *Informacionnye tekhnologii v obsledovanii ekspluatiruemyh zdaniy i sooruzhenij: materialy XVI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, 15 noyabrya 2016 g., g. Novocherkassk / Yuzhno-Rossijskij gosudarstvennyj politekhnicheskij universitet (NPI) im. M.I. Platova* [Information technology in the survey of operated buildings and structures: materials of the XVI International Scientific and Practical Conference, November 15, 2016, Novocherkassk / South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platova]. Novocherkassk: YuRGPU (NPI) Publ., 2016, pp. 146–148.
7. Krahmalyj T.A., Evtushenko S.I., Krahmalyaya M.P., Skibin G.M. Rezul'taty obsledovaniya proizvodstvennogo zdaniya cekha sborki traktorov i proekt rekonstrukcii [Results of the survey of the production building of the tractor assembly workshop and reconstruction project]. *Informacionnye tekhnologii v obsledovanii ekspluatiruemyh zdaniy i sooruzhenij: materialy XVII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, 20 noyabrya 2017 g., g. Novocherkassk / Yuzhno-Rossijskij gosudarstvennyj politekhnicheskij universitet (NPI) im. M.I. Platova* [Information technologies in the survey of operating buildings and structures: materials of the XVII International scientific-practical conference, November 20, 2017, Novocherkassk / South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platova]. Novocherkassk: YuRGPU (NPI) Publ., 2017, pp. 210–215.