

Исключение неравномерных осадок при возведении зданий в сложных гидрогеологических условиях

Анатолий Артемьевич ГОНЧАРОВ, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник, e-mail: ttg38@mail.ru

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), 129337 Москва, Ярославское ш., 26

Аннотация. Приведены основные факторы, влияющие на возникновение неравномерных осадок зданий и сооружений. Поскольку существующие методы расчета оснований и фундаментов недостаточны для обеспечения гарантированной устойчивости зданий, строящихся на слабых глинистых водонасыщенных грунтах, при проектировании следует оценивать возможность возникновения неравномерных осадок и предусматривать способы их устранения при минимальных затратах. На основании анализа ранее выполненных работ по данному вопросу и проведенных исследований предложены конструкции фундаментной плиты и плитного свайного ростверка, позволяющие при возникновении крена производить доавливание или вдавливание составных свай через отверстия в плите. Изложена методика вдавливания составных свай с использованием опорной рамы и сформулированы основные мероприятия, которые необходимо осуществлять при производстве работ. Использование предложенной методики позволит на порядок сократить расходы на выправление кренов и практически исключить выполнение данных работ на стадии эксплуатации здания.

Ключевые слова: неравномерные осадки, крен здания, статическое и динамическое зондирование, замачивание лёссовых грунтов, понижение уровня грунтовых вод, депрессионная кривая, недопогружение свай, обрабатываемые территории, вибрационные транспортные нагрузки, тахеометрическая съемка, плоский домкрат.

ELIMINATION OF UNEVEN SETTLEMENTS DURING THE CONSTRUCTION OF BUILDINGS IN COMPLEX HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS

Anatoliy A. GONCHAROV, e-mail: ttg38@mail.ru

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Yaroslavl'skoe shosse, 26, Moscow 129337, Russian Federation

Abstract. The main factors influencing the occurrence of uneven settlement of buildings and structures are given. Since the existing methods of calculation of bases and foundations are not sufficient to ensure the guaranteed stability of buildings built on weak clay water-saturated soils, when designing it is necessary to assess the possibility of uneven settlements and provide ways to eliminate them at minimal cost. Based on the analysis of previously performed work on this issue and the conducted research, the designs of the foundation plate and the plate pile grillage are proposed, which make it possible to produce additional pressing or indentation of composite piles through holes in the plate when occurring a roll. The method of pressing composite piles using a support frame is described and the main measures that need to be carried out during the production of works are formulated. The use of the proposed method will reduce the cost of straightening the rolls by an order of magnitude and virtually eliminate the performance of these works at the stage of operation of the building.

Key words: uneven settlements, building roll, static and dynamic probing, soaking loess soils, lowering of ground water level, depression curve, under-loading of piles, working areas, vibration transport loads, tacheometric survey, flat jack.

Введение

Фактические осадки зданий и сооружений составляют обычно 25–30 % от расчетных значений. При этом стабилизация осадок в глинистых грунтах твердой консистенции заканчивается, как правило, до ввода здания в эксплуатацию. При глинистых грунтах с показателем текучести $IL \geq 0$ процесс стабилизации осадок происходит медленно и при этом зави-

сит от скорости роста давления на грунт основания [1]. В работах [2–4] доказано, что существующие методы расчета оснований и фундаментов не обеспечивают гарантированной устойчивости зданий, строящихся на слабых глинистых водонасыщенных грунтах. Прочностные характеристики грунтов, определяемые различными способами (в лабораторных условиях, по дан-

ным статического и динамического зондирования, с использованием крыльчатки) часто значительно отличаются от истинных значений и позволяют получить лишь приблизительные результаты при расчете устойчивости оснований и фундаментов. В слабых глинистых водонасыщенных грунтах, и особенно при нестабильном уровне грунтовых вод и переменной толщине грунтовых

пластов, неравномерность осадок может в несколько раз превышать допустимый предел и вызывать крен здания, превышающий допустимое значение. В строительной практике имеются случаи отклонения от вертикали на 1,2 м при высоте здания 15 м.

Результатом проявления сверхнормативных неравномерных деформаций является невозможность безопасной эксплуатации лифтов, нарушение уклонов водонесущих коммуникаций, разрушения и дефекты несущих конструкций, увеличение нагрузки на основание со стороны крена.

Недопустимые крены зданий и высотных сооружений с аварийными повреждениями конструкций имели место в Москве, Санкт-Петербурге, Ростове, Тюмени и других городах России.

Анализ причин появления недопустимых неравномерных осадок, выполняемый по результатам обследования поврежденных зданий, показывает большое разнообразие сочетаний различных факторов, вызывающих появление кренов. Например, замачивание (водонасыщение) грунтов при утечках воды из коммуникаций, как правило, происходит под частью фундаментов, вызывая дополнительные неравномерные осадки. Так, замачивание лёссовых грунтов в г. Тольятти привело к возникновению недопустимых кренов жилых и промышленных зданий на свайных фундаментах. Понижение уровня грунтовых вод при работе водопонижающих установок на близком расположенном строительном объекте также приводит к возникновению дополнительной осадки со стороны работающей установки при значительном уклоне депрессионной кривой. Крены возникают также из-за некачественного уплотнения грунтов основания, особенно в зимний период при промораживании грунтов основания под частью фун-

даментов. Часто причиной крена становится недопогружение части свай до проектной глубины или опирание свай на разные грунты при незафиксированном уклоне пластов грунта. Недопустимые крены фиксировались также на подрабатываемых территориях [5], а также при воздействии вибрационных транспортных нагрузок вблизи железных дорог и автомагистралей.

Ликвидация крена зданий включает несколько технологических циклов: инструментальную оценку деформаций фундаментов и причин их возникновения; инженерно-геологические исследования состояния грунтов основания; поверочные расчеты несущей способности фундаментов; разработку методов и технологий усиления оснований и фундаментов; разработку проектов производства работ по ликвидации кренов зданий; выполнение подготовительного и основного циклов. Предложено и используется значительное число способов выправления кренов [6–11].

Основные способы выправления заключаются либо в подъеме части здания с использованием различных типов домкратов, либо в опускании части здания путем выбурирования грунта из основания под опускаемой частью. Возможны и комбинированные методы с одновременным поднятием и опусканием разных частей здания. Практика выправления кренов показывает, что во всех случаях требуется значительное усиление конструкций с устройством монолитных железобетонных поясов и других конструктивных элементов с последующим использованием гидравлических, винтовых и плоских домкратов. В начальный период и на заключительном этапе требуется выполнение большого объема земляных работ, особенно при применении методов го-

ризонтального бурения из траншей или котлованов, открытых рядом с выправляемым зданием. Материальные затраты на выправление кренов столь велики, что в ряде случаев более выгодным оказывается снос здания.

Цель этой работы – оценка преимуществ и недостатков наиболее часто используемых методов выправления кренов зданий.

Выравнивание зданий вымыванием грунта

Данный метод применяют при плитных фундаментах. Бурение скважин осуществляют вертикально в фундаментной плите выравниваемого сооружения. В скважины погружают коаксиальные инъекторы, по внутренней полости которых подают воду под напором, а грунт в виде пульпы удаляют по внешней полости инъекторов, при этом задают последовательность разработки грунта под подошвой плиты с учетом условий работы сооружения, обеспечивая тенденцию прогиба в обоих направлениях – в продольном и поперечном. На начальном этапе удаляют примерно половину объема грунта, необходимого для выравнивания сооружения. Затем последовательно при непрерывном контроле деформаций вымывают грунт до полной ликвидации крена с последующей подачей через скважины под подошву фундамента твердеющего раствора под давлением.

Данный способ не используется в водонасыщенных грунтах, при этом он является одним из самых дорогостоящих при значительной длительности процесса выравнивания.

Для выравнивания зданий с плитными фундаментами применяли также способ удаления грунта путем отрывки траншей под плитой со стороны крена, с последующим заполнением грунтом с закрепляющим раствором.

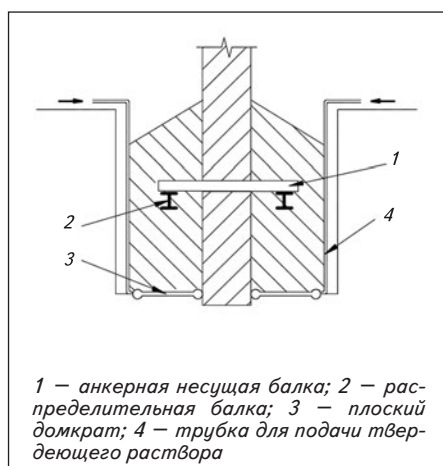


Рис. 1. Устройство уширения с использованием плоских домкратов

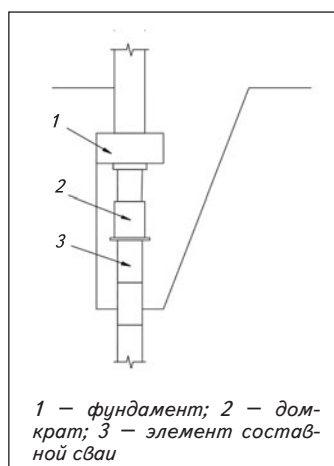


Рис. 2. Схема вдавливания составных свай

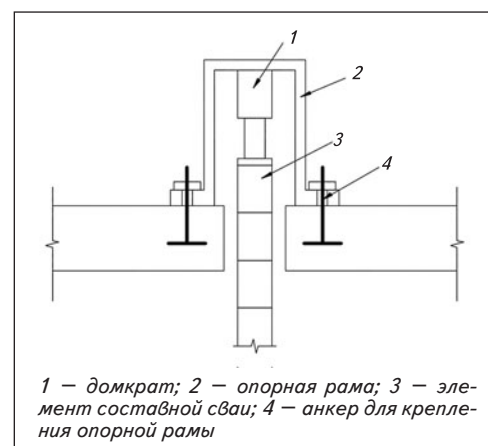


Рис. 3. Схема задавливания составных свай через отверстия в фундаментной плите с помощью опорной рамы

Выравнивание кренов при плитных фундаментах мелкого заложения и высоком уровне грунтовых вод

При данном методе со стороны крена устраивают шпунтовую стенку по наружному краю фундамента на глубину не менее зоны сжатия грунтового основания. Со стороны, противоположной крену здания, осуществляют бурение скважин по наружному краю фундамента и выполняют ступенчатую откачку воды из скважин до достижения выравнивания крена здания. Далее осуществляют уплотнение грунта под фундаментом путем введения в грунт закрепляющего раствора.

Этот метод является одним из наиболее дешевых. Его применение возможно и при ленточных фундаментах мелкого заложения, но при этом увеличивается риск появления дополнительных повреждений из-за возникающих неравномерных осадок.

Выравнивание зданий системой плоских домкратов

Используя данный метод нужно последовательно выполнять следующие строительные процессы [10]:

- выемку грунта по периметру здания для ликвидации бокового трения при подъеме и удобства монтажа системы плоских дом-

кратов; устройство проемов для размещения домкратов и распределительных опорных поясов с усилением наиболее нагруженных участков;

- монтаж домкратных узлов, гидравлических и электрических коммуникаций, датчиков и устройств управления;
- поэтапные подъем и выравнивание в соответствии с выбранной методикой (один цикл соответствует рабочему ходу домкрата) с технологическими перемонтажами для приведения домкратов в исходное состояние и временным расклиниванием поднимаемой и опорной частей здания в процессе перемонтажа;
- наружную тахеометрическую съемку в процессе подъема, с помощью которой корректируются данные с датчиков перемещений при изменении абсолютных высотных отметок фундамента здания;
- восстановление связей между зданием и фундаментом после окончания подъема с замоноличиванием образовавшегося зазора, демонтаж домкратной системы и обратную засыпку пазух в цокольной части с последующим восстановлением отмостки и инженерных коммуникаций.

Основное преимущество рассматриваемого метода — малая

высота плоского домкрата, позволяющая выполнять домкратные проемы от 150 мм, что значительно снижает объем подготовительных работ.

Однако плоский домкрат имеет ограниченный ресурс службы из-за ограниченности циклов раздутия-сжатия металлической оболочки, доходящий до 20 циклов при полном рабочем ходе плоского домкрата.

При реконструкции зданий с увеличением опорной площади фундаментов для обжатия грунта основания используют одноразовые плоские домкраты, устанавливаемые на грунт основания до устройства монолитной банкетки (рис. 1).

После бетонирования банкетки и набора прочности бетоном в домкрат нагнетают твердеющий раствор. При предварительном интенсивном уплотнении грунта по всей площади уширения возможно не только обжатие грунта под банкетой, но и устранение имеющегося незначительного крена.

Выправление кренов зданий на свайных фундаментах

Поставленная задача решается как с помощью опускания части здания со стороны, противоположной крену, так и закреплением или подъемом части здания со

стороны крена. Используют также одновременно оба действия. Выбор варианта осуществляют на основе выполненного обследования и анализа причин неравномерных деформаций свай.

При опускании части здания выполняют срубку голов части свай с последующей установкой упоров и обетонированием после выправления крена. При закреплении или подъеме части здания со стороны крена под ростверком производят вдавливание новых (дополнительных) составных свай (рис. 2) или додавливают существующие сваи путем последовательной срубки голов с устройством металлического наголовника и вставкой металлических звеньев с додавливанием домкратом, опирающимся в ростверк.

При подъеме со стороны крена требуется значительное продольное усиление ростверка и использование одновременной работы нескольких домкратов с установкой тонких дополнительных подкладок и перестановкой домкратов по всему ряду свай.

Обсуждение результатов

При использовании изложенных методов чрезвычайно сложно обеспечить безаварийную работу здания. Требуется учет совместной работы отдельных конструктивных узлов здания на всех этапах выправления крена. В работе [2] приведены наиболее известные примеры выправления кренов зданий и сооружений и отмечены многочисленные неудачи в выполнении таких работ. Работы упрощаются и удешевляются при выполнении гео-

технического мониторинга на стадии возведения здания [11].

Для принципиального решения вопроса по данной проблеме необходимо внести в нормативы область (перечень) гидрогеологических условий, при которых возможно появление значительных неравномерных осадок и требуется специальное проектирование фундаментов с возможностью регулирования осадок в период строительства и эксплуатации с наименьшими затратами.

В условиях риска появления неравномерных деформаций фундаменты мелкого заложения необходимо проектировать только в виде фундаментной плиты со сквозными отверстиями квадратного сечения, с металлическими закладными деталями и анкерами по бокам отверстий для крепления опорной рамы, необходимой для вдавливания (при возникновении крена) составных свай (рис. 3).

Методика вдавливания составных свай через отверстия в фундаментной плите хорошо отработана [12] и не требует проведения дополнительных исследований.

При необходимости использования свайного фундамента сваи погружают до устройства свайного ростверка. Но при этом плитный свайный ростверк устраивают с отверстиями, через которые проходят все ранее погруженные сваи. Голова сваи находится на уровне верхней плоскости ростверка и имеет временное (сварное) сопряжение с ростверком. При бетонировании ростверка рядом с отверстием также устанавливают анкера для крепления опорной домкратной ра-

мы. При возникновении неравномерных осадок временное сопряжение срезают со всех или с части свай с последующим додавливанием свай со стороны крена. С противоположной стороны сваи оставляют без сопряжения с плитой до ликвидации крена.

При использовании любого из вариантов на стадии возведения здания в обязательном порядке ведется геотехнический мониторинг. При возникновении неравномерных осадок выполняются работы по задавливанию (додавливанию) свай, устройству или срезке креплений свай с ростверком.

После полной стабилизации осадок производят окончательное закрепление и омоноличивание сопряжений свай с ростверком.

При значительной степени риска появления неравномерных осадок в период эксплуатации здания сварные сопряжения свай с плитным ростверком покрывают антикоррозионным составом. Омоноличивание выполняют после окончания периода риска.

Выводы

1. Предложенные конструкции фундаментной плиты и плитного свайного ростверка позволяют при возникновении крена проводить додавливание или вдавливание составных свай через отверстия в плите.

2. Вдавливание составных свай по предложенной методике с использованием опорной рамы позволит на порядок сократить расходы на выправление кренов и практически исключит выполнение данных работ на стадии эксплуатации здания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коновалов П. А., Коновалов В. П. Основания и фундаменты реконструируемых зданий. М. : АСВ, 2011. 384 с.
2. Абелев М. Ю., Чунюк Д. Ю., Бровко Е. И. Выправление кренов высотных промышленных и гражданских зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 11. С. 54–59.
3. Основания, фундаменты и подземные сооружения: справочник / под ред. В. А. Ильичева, Р. А. Мангушева. М. : АСВ, 2016. 1031 с.
4. Крутов В. И., Ковалев А. С., Ковалев В. А. Проектирование фундаментов зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 11. С. 54–59.

- тирование и устройство оснований и фундаментов на просадочных грунтах. М. : АСВ, 2013. 183 с.
5. Полищук А. И. Основы проектирования и устройства фундаментов реконструируемых зданий. Нортхэмптон : STT; Томск : STT, 2007. 476 с.
 6. Ткаченко И. Н. Использование свай разной длины для компенсации кренов фундаментов зданий на неравномерно сжимаемых грунтах // Сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. (г. Уфа, апрель 2017). Уфа : ОМЕГА САИНС. С. 121–123.
 7. Крутикова М. В., Коровинский К. О. К вопросу выравнивания кренов зданий // Сб. ст. Всерос. ежегодная науч.-практ. конф. (г. Киров, май 2017 г.). Киров : Вятский государственный университет, 2017. С. 1305–1316.
 8. Прокопов А. Ю., Витютнев Н. А., Моков И. Э. Анализ методов выравнивания кренов зданий в условиях водонасыщенных грунтов // Сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. М. : ИП Коротких А. А., 2018. С. 315–318.
 9. Прокопов А. Ю., Виницкий А. Н. Анализ способов устранения деформаций зданий и сооружений в форме крена // Строительство и архитектура-2017: Материалы науч.-практ. конф. (г. Ростов-на-Дону, 28–30 ноября 2017 г.). Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2017. С. 208–212.
 10. Зотов В. Д., Панасюк Л. Н., Болотов Ю. К., Зотов М. В., Сорочан Е. А. Опыт выравнивания зданий с помощью домкратов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2002. № 5. С. 22–25.
 11. Степанов М. А., Рыбак Г. И., Пронозин Я. А. Гео-технический мониторинг строительства жилого дома // Материалы междунар. науч.-тех. конф. Новочеркасск : ООО «Лик», 2018. С. 762–769.
 12. Власов А. Н., Королев М. В., Знаменский В. В., Королев П. М. Применение задавливаемых свай при устройстве фундаментов зданий и сооружений, возводимых вблизи потенциально опасных оползневых склонов // Наука и бизнес: пути развития, 2018. № 6. С. 52–59.

R E F E R E N C E S

1. Konovalov P. A., Konovalov V. P. *Osnovaniya i fundamenty rekonstruirovemykh zdaniy* [Bases and foundations of reconstructed buildings]. Moscow, ASV Publ., 2011. 384 p. (In Russian).
2. Abelev M. Yu., Chyunuk D. Yu., Brovko E. I. Straightening of the tilt of high-rise industrial and civil buildings. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2016, no. 11, pp. 54–59. (In Russian).
3. *Osnovaniya, fundamenty i podzemnye sooruzheniya: spravochnik* [Foundations, foundations and underground structures: references]. Moscow, ASV Publ., 2016. 1031 p. (In Russian).
4. Krutov V. I., Kovalev A. S., Kovalev V. A. *Proektirovanie i ustrojstvo osnovanij i fundamentov na prosadochnykh gruntah* [Design and construction of bases and foundations on subsidence soils]. Moscow, ASV Publ., 2013. 183 p. (In Russian).
5. Polishchuk A. I. *Osnovy proektirovaniya i ustrojstva fundamentov rekonstruirovemykh zdaniy* [Fundamentals of design and construction of foundations of reconstructed buildings]. Northampton, STT Publ.; Tomsk, STT Publ., 2007. 476 p. (In Russian).
6. Tkachenko I. N. The use of piles of different lengths to compensate for the rolls of the foundations of buildings on uneven compressible soils. *Sbornik statej Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Collection of articles of the International scientific and practical conference]. (Ufa, April 2017). Ufa, OMEGA SAJNS Publ., pp. 121–123. (In Russian).
7. Krutikova M. V., Korovinskij K. O. To the question of alignment of rolls of buildings. *Sbornik statej Vseros. ezhegodnaya nauch.-prakt. konf.* [Collection of articles of the all-Russian annual scientific and practical conference]. (Kirov, May 2017). Kirov, Vyatskij gosudarstvennyj universitet, 2017, pp. 1305–1316. (In Russian).
8. Prokopov A. Yu., Vityutnev N. A., Mokov I. E. Analysis of methods for leveling building rolls in conditions of water-saturated soils. *Sbornik materialov mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Collection of materials of the international scientific and practical conference]. Moscow, IP Korotkih A. A. Publ., 2018, pp. 315–318. (In Russian).
9. Prokopov A. Yu., Vinickij A. N. Analysis of ways to eliminate deformations of buildings and structures in the form of a roll. *Stroitel'stvo i arhitektura-2017: Materialy nauch.-prakt. konf.* [Construction and architecture-2017: Materials of the scientific and practical conference]. (Rostov-na-Donu, November 28–30, 2017). Rostov-na-Donu, DGTU Publ., 2017, pp. 208–212. (In Russian).
10. Zotov V. D., Panasyuk L. N., Bolotov YU. K., Zotov M. V., Sorochan E. A. The experience of leveling buildings with the jack. *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov*, 2002, no. 5, pp. 22–25. (In Russian).
11. Stepanov M. A., Rybak G. I., Pronozin Ya. A. Geo-technical monitoring of residential building construction. *Materialy mezhdunar. nauch.-tekh. konf.* [Materials of the international scientific and technical conference]. Novocheerkassk, ООО «Лик» Publ., 2018, pp. 762–769. (In Russian).
12. Vlasov A. N., Korolev M. V., Znamenskij V. V., Korolev P. M. Application of crushed piles in the construction of foundations of buildings and structures erected near potentially dangerous landslide slopes. *Nauka i biznes: puti razvitiya*, 2018, no. 6, pp. 52–59. (In Russian).

Для цитирования: Гончаров А. А. Исключение неравномерных осадок при возведении зданий в сложных гидрогеологических условиях // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 1. С. 48–52. DOI: 10.33622/0869-7019.2020.01.48-52.

For citation: Goncharov A. A. Elimination of Uneven Settlements During the Construction of Buildings in Complex Hydrogeological Conditions. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2020, no. 1, pp. 48–52. (In Russian). DOI: 10.33622/0869-7019.2020.01.48-52. ■