

Закиров Александр Закиевич
инженер ПГС
START CONSTRUCTION INC, USA

МОНИТОРИНГ ДЕФОРМАЦИЙ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Аннотация: в этой научной статье рассмотрены вопросы комплексной оценки значений деформаций фундаментов, оснований высотных зданий в условиях плотной городской застройки, при этом учтены ключевые особенности инженерно-геологических, инженерно-геотехнических изысканий, расчетов, правил проектирования и мониторинга базовых видов фундаментов высоких построек (плитных, свайно-плитных, свайных), а также примеры строительства аналогичных жилых и нежилых объектов; выполнена оценка влияния коэффициента переуплотнения, механической анизотропии, консолидации на конечную осадку основания, предложения рекомендации по проектированию высотных зданий с пониманием важности сохранения современного облика городов и обеспечения достойных стандартов безопасности разных категорий строительных объектов.

Ключевые слова: мониторинг, оценка, деформации, фундаменты высотных зданий, плотная городская застройка, стесненные условия городской застройки, масштабность современных построек, принципы проектирования и строительства высотных зданий.

Цель: выделить ключевые направления повышения точности контроля за возведением высотных зданий в стесненных условиях городской застройки в Российской Федерации, а также определить методы снижения количества деформаций оснований и фундаментов высотных сооружений в отечественных мегаполисах.

Метод: обобщение, сравнение, сопоставление, теоретико-практическая оценка, комплексный подход, а также изучение выводов из научных трудов

экспертов по теме возведения высотных зданий в современных городах, рисков деформаций оснований и фундаментов таких строительных объектов.

Введение

В актуальных условиях развития строительной отрасли в Российской Федерации проведение геотехнического мониторинга (далее ГТМ), представляющего собой комплекс мер регулярного наблюдения за осадками, кренами, смещениями грунтов и конструкций, вибрациями и изменениями уровня подземных вод с целью обеспечения безопасности, является обязательным условием для ввода в эксплуатацию любого объекта. Ключевой задачей такой оценки принято считать сбор и анализ актуальных данных о возводимом сооружении, так как это напрямую влияет на своевременное предотвращение негативное воздействия на соседние здания и грунты. В случае с высотными постройками в городской среде это требование является основополагающим для защиты населения.

Отдельно стоит отметить, что сейчас центр любого современного города страны – это сложный конгломерат исторических застроек, коммерческих, офисных и жилых объектов, кварталов «хрущевок» и иных конструкций, объединенных в давно сформировавшуюся городскую среду. Плотность застройки при этом представляется одновременно и недостатком, и преимуществом для планирования будущих высотных зданий. Последние несколько лет есть стабильный спрос на многофункциональные комплексы в разных регионах страны. Такие высотные здания должны обладать конкретными характеристиками оснований и фундаментов, чтобы обеспечить надлежащий уровень безопасности объектов, их долговечность и надежность. Проектировщики должны ставить перед собой множество задач по улучшению городской инфраструктуры, транспортной ситуации в городах. Однако на первом месте стоит учет удобства и безопасности для разных категорий жителей, пониманием масштаба современных построек и

необходимости обеспечения функционального назначения всех допустимых категорий высотных строений и конструкций [1].

Оценка деформации фундаментов и оснований высотных зданий в городской среде

В первую очередь стоит отметить, что строительство высотных зданий в современных российских городах связано со сложными условиями проектирования и возведения жилых, коммерческих, офисных, производственных объектов. При этом плотность застройки является лишь одним из ограничений. Чтобы не допустить риска деформации фундаментов и оснований высотных зданий, необходимо следовать основным принципам с применением современных цифровых моделей и инновационного программного обеспечения. Важную роль в проектировании имеет подготовка документации, выполнение инженерно-геологических изысканий и проверка всех характеристик на достоверность. Так, например, после анализа площадки строительства должны быть оценены объем, состав предварительной проверки территории (изучение данных по количеству пробуриваемых скважин и их глубине, количеству точек зондирования, наличию штамповых испытаний). Большинство исследователей сходятся во мнении, что создание фундаментов высотных зданий обладает конкретными особенностями, которые обязательно нужно учитывать уже на начальном этапе планирования инвестиционно-строительного проекта. Это позволит повысить экономическую эффективность государственных или частных программ, исключить риски конфликтов между участниками, а главное ускорить процесс принятия верных организационно-управленческих решений. В результате сроки строительства будут сокращены, расходы снижены, а безопасность жилого, производственного, офисного или коммерческого объекта увеличена

в несколько раз [2]. К основным особенностям создания фундаментов и оснований высотных зданий относят:

1. Необходимость учета увеличенного давления по подошве фундамента объекта, что предполагает выполнение специальных лабораторных и полевых изысканий;

2. Строгое соблюдение нормативных требований, специфических особенностей инженерно-геологических испытаний территорий, выбранных под строительство высотных зданий в городской плотной застройке;

3. Проведение комплексного анализа действующих законодательных норм, распространяющихся на расчет несущей способности зданий, а также дополнительный акцент на больших нагрузках (в среднем 1-2 МПа), передаваемых на грунт основания, что предполагает учет в расчете прочностных, деформационных характеристик скальных, нескальных грунтов (и иных важных параметров, в том числе увеличенной зоны распределения напряжения в грунте в плане и по глубине);

4. Учет и отображение в исходной, финальной документации увеличения размеров (глубины и ширины) сжимаемой толщи в массиве грунта, а также оценка ситуаций, связанных с показателями грунта с разными коэффициентами консолидации (как первичной, так и вторичной), что может стать причиной неравномерного напряженно-деформационного состояния грунта, а значит и возникновения крена здания;

5. Обязательная теоретико-практическая оценка влияния увеличения размеров деформируемой области грунта при строительстве высотных зданий на окружающие жилые и нежилые объекты, сооружения, в том числе и на водонесущие конструкции (эта информация должна быть отображена в строительной документации) [3].

Все вышперечисленные особенности возведения оснований и фундаментов высотных зданий в плотной городской застройке напрямую влияют на риски возникновения разных видов деформаций. При этом важно

учитывать, что сложные условия возведения подобных объектов влияют на стоимость проектирования, ввода в эксплуатацию, расчет итоговых цен на жилые комплексы и арендуемые помещения. По этой причине специалисты рекомендуют выбирать территории под застройку, где ранее уже проводился геотехнический мониторинг и иные обязательные инженерные изыскания, в отдалении от исторических достопримечательностей, предприятий и жилых кварталов, построенных на базе устаревших стандартов. Чтобы увеличить точность оценки деформаций фундаментов высотных зданий, важно выполнять расчет по нескольким нелинейным моделям оснований. Для отечественных изыскателей ряд характеристик может быть непривычным, но их учет является обязательным в современных условиях [4] [5]. К таким «специфическим» параметрам часто относят секущий модуль жесткости при испытании грунта на трехосное сжатие, коэффициент фильтрации, касательный модуль жесткости. Особое значение также имеет проведение стабилметрических испытаний, определение фильтрационных характеристик для глинистых грунтов, преобладающих в городской среде в Российской Федерации [6].

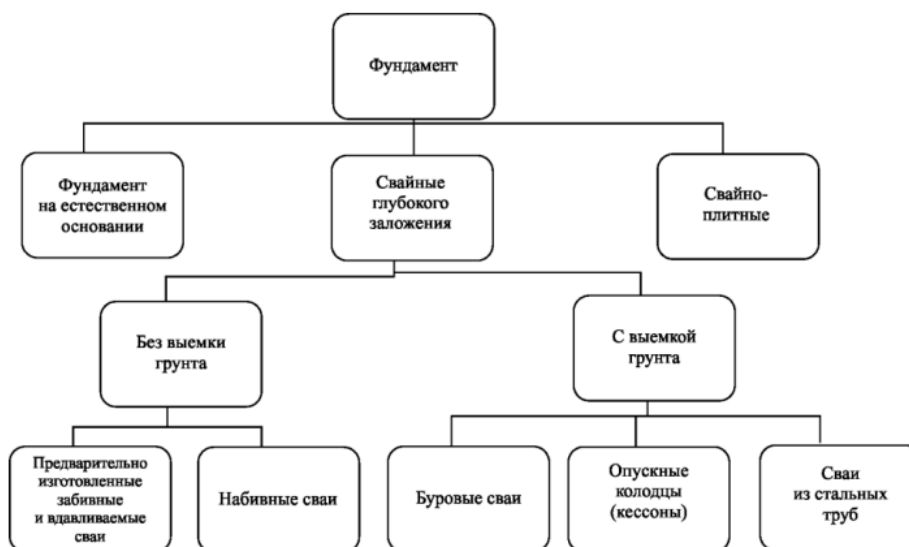


Рисунок №1. Классификационная блок-схема фундаментов высотных зданий

На рисунке №1 показаны базовые элементы оснований и фундаментов высотных зданий, конструкций, каждый из которых является обязательным к оценке, комплексному мониторингу с целью снижения рисков преждевременных деформаций. Помимо этого, следует учитывать и критерии ограничений, предельные величины негативных изменений в состоянии грунта, в целом фундамента здания (приведенных на рисунке №2). Специалисты считают, что наиболее перспективным является расчет несущего остова высотного здания с акцент на характеристики совместной работы с грунтовым основанием, что позволит повысить точность моделирования напряженно-деформационных показателей (поскольку жесткость здания влияет на НДС, на осадки, нелинейные свойства, перераспределение усилий в фундаментных конструкциях). Благодаря отечественному программному обеспечению, которое уже сейчас активно используется в строительной отрасли, составление цифровых моделей будущих высотных объектов является высокоточным и экономическим эффективным методов, способом мониторинга деформаций оснований и фундаментов любых конструкций и сооружений в условиях плотной городской застройки [7] [8].

Критерий	Тип деформации	Предельная величина	Источник
Требования лифтового оборудования	Отклонение шахты лифта от вертикали	15 см	TCH 50-302-96 [13]
Требования лифтового оборудования (крен определяется по деформациям основания, происходящим после монтажа лифтов)	Крен здания	1/1200-1/2000	Poulos [34]
Крен зданий, ощутимый зрительно	То же	1/300	
Крен высотных зданий, ощутимый зрительно	-«-	1/250	Bjerrum [21]
Повреждение несущих конструкций (отделка, перегородки и т. п.)	Относительная разность осадок	1/500	Bjerrum [21]
Повреждение несущих конструкций	То же	1/150	
Повреждение несущих конструкций (отделка, перегородки и т. п.)	Относительная разность осадок	1/500 ... 1/1000-1/1400 (в крайних пролетах)	Poulos [34]
Повреждение несущих конструкций	-«-	1/150 - 1/250	
Повреждение несущих конструкций (отделка, перегородки и т. п.)	Перекося ячейки	1/1000	Scholl [36]
Повреждение несущих конструкций	То же	1/142	

Рисунок №2. Критерии ограничения деформаций и их предельные величины

Заключение

Результаты теоретико-практических исследований по теме оценки деформаций оснований и фундаментов высотных зданий в городской среде доказали, что на работу плиты большое влияние оказывают надфундаментные конструкции. Было принято решение о необходимости внедрения предварительного геотехнического мониторинга, анализа жесткости надфундаментных конструкций с использованием современного программного обеспечения [9] [10]. При этом актуальным вопросом остается изучение каркасных высотных зданий, оптимальное проектирование структурных плит, а главное оптимизация геометрических параметров, например, толщины поясов, сечение колонн и балок, шаг колонн и балок, ориентация в плоскости движений главных моментов сооружения. Для высокоточной оценки этих характеристик важны инженерно-геологические условия строительной площадки, а также конкретной конструктивной схемы будущего объекта.

Список литературы:

1. Петрухин В.П., Шулятьев О.А., Мозгачева О.А. Научно-техническое сопровождение геотехнического проектирования и строительства высотных зданий. Мониторинг // Рос. архит.-строит. энцикл. Т. XIII. Строительство высотных сооружений. – М., 2010.;
2. Труфанов А.Н., Игнатова О.И. Особенности инженерно-геологических изысканий для высотных зданий // Рос. архит.-

строит. энцикл. Т. XIII. Строительство высотных сооружений. – М., 2010.;

3. Г. Тер-Мартirosян, В. И. Теличенко, М. В. Королев. - Проблемы механики грунтов, оснований и фундаментов при строительстве многофункциональных высотных зданий и комплексов. «Вестник МГСУ», Москва 2006.;
4. А. П. Малышкин. - Крупноразмерные, структурные фундаменты, как решение инженерных и градостроительных задач. Труды международного научно-практического семинара «Актуальные проблемы проектирования и строительства в условиях городской застройки», Пермь 2005.;
5. А. П. Малышкин, А. В. Есипов. - Практический подход к моделированию работы свай в условиях расчетных программ. Труды международной конференции «Геотехнические проблемы XXI века в строительстве зданий и сооружений, Пермь 2007.;
6. Натурные исследования влияния реологического фактора при высотном строительстве на твёрдых глинах / О.А. Шулятьев, С.Г. Безволев, И.А. Боков, С.О. Шулятьев // Достижения, проблемы и перспективные направления развития для теории и практики механики грунтов и фундаментостроения: материалы XIII Междунар. сим. по реологии грунтов и Междунар. совещания заведующих кафедрами механики грунтов, оснований и фундаментов, подземного строительства и гидротехнических работ, инженерной геологии и геоэкологии строительных вузов и факультетов. – Казань, 2012.;
7. Петрухин В.П., Колыбин И.В., Шулятьев О.А. Мировой опыт устройства небоскрёбов и высотных зданий // Рос. архит.-строит. энцикл. Т. XIII. Строительство высотных зданий и сооружений. – М., 2010.;

8. Балезин Р.Л., Шулятьев О.А., Шулятьев С.О., Буслов А.С. Выявление критериев, определяющих ограничение деформаций оснований фундаментов высотных зданий. Вестник НИЦ «Строительство». 2021;29(2):13-27.;
9. Шейнин В.И. [и др.] Вероятностный расчет основания под отдельным фундаментом по второй группе предельных состояний // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1991. № 2. С. 18-21.;
10. Шитова И.В. Об оценке надежности расчета деформаций оснований // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1980. № 2. С. 17-20.