

N2, 2000

Оценка инвестиционной привлекательности проекта: взгляд геотехника.

А.Г.Шашкин

В последнее время в строительном бизнесе Санкт-Петербурга сложилась уникальная ситуация. Инвестор, желающий финансировать реконструкцию здания или строительство нового здания на месте пустыря в историческом центре города, как правило, не располагает какой-либо исходной информацией, позволяющей ему оценить инвестиционную привлекательность объекта. В лучшем случае Инвестор может рассчитывать на получение устаревших материалов обследования, что позволяет ориентировочно оценить вероятную стоимость надземных конструкций. Что же касается необходимых затрат на усиление существующих или устройство новых фундаментов, то этот вопрос в большинстве случаев вовсе ускользает из поля зрения инвесторов.

Отсутствие исходной информации у инвестора о реальном состоянии объекта реконструкции и окружающих площадку строений, о геотехнической ситуации порождает цель неблагоприятных событий.

Инвестор изначально неверно оценивает затраты на возведение объекта, не принимая во внимание сложность инженерно-геологических условий города и необходимость применения таких конструктивных решений и технологий их реализации, которые могли бы обеспечить сохранность окружающей застройки.

Архитектору и конструктору, которым поручается разработка проекта, приходится решать множество проблем: как втиснуть новое здание в узкие рамки существующего пространства, как сохранить по требованию КГИОП исторические фасады, как при этом устроить под зданием заглубленную автостоянку и т.п.

При этом они, как правило, упускают из виду сложность геотехнической ситуации при строительстве в центре города и не ориентирует соответствующим образом инвестора. Это, впрочем, легко объяснимо: до последнего времени строительство в центре города практически отсутствовало, а реконструкция ограничивалась простейшим капитальным ремонтом и не затрагивала подземного пространства. Можно констатировать, что в большинстве своем проектировщики не имеют достаточного опыта для ведения работ по сложной реконструкции городской застройки. Многие из них не в состоянии оценить последствий принятых ими проектных решений в части воздействия на соседние здания. В лучшем случае оценивается статическая составляющая - последствия экскавации грунта и дополнительного нагружения основания весом новых конструкций (в чем следует признать бесспорную заслугу авторов недавно изданных Петербургских геотехнических норм - ТСН 50-302-96). Воздействие же технологических факторов вообще не подвергается расчетному анализу, поскольку до последнего времени не существовало даже методики оценки различных технологий устройства фундаментов на грунты основания и соседние сооружения. В итоге рождается проект, несовершенный в геотехническом отношении, реализация которого приносит значительный ущерб соседним зданиям. В результате инвестор оказывается перед реальной угрозой существенных затрат на ремонт окружающих зданий, подчас многократно превышающих стоимость реализации грамотного проектного решения.

Надо признать, что до недавнего времени эта угроза была эфемерной, поскольку и виновник, и потерпевший представляли собой государственные организации. Некоторые застройщики даже накопили своего рода опыт безнаказанности за разрушение окружающих зданий, который создает весьма негативное давление на рынке строительных услуг, вытесняя с него

высококвалифицированных (а потому и более "дорогих") проектировщиков и подрядчиков. Однако со временем горожане все более осознают себя собственниками, и недалек тот день, когда разрушение соседних зданий будет равносильно банкротству разрушителя.

Солидные инвестиционные фирмы, понимая это, стремятся оценить свой финансовый риск на самой ранней стадии - на этапе самого первого знакомства с объектом возможных инвестиционных вложений. На этой стадии, когда не существует ни окончательного проекта, ни информации о состоянии существующей застройки, окружающей объект, оценка инвестиционного риска в части стоимости фундаментов является чрезвычайно сложной задачей со множеством неизвестных, решить которую не под силу ни инвестору, ни привлеченному им архитектору. Более того, до последнего времени не существовало даже методологии подобной оценки. Условие этой задачи весьма напоминает пословицу: "поди туда - не знаю куда, найди то - не знаю что" (и, добавим, скажи: почему!).

Несмотря на все сложности, задача может быть успешно решена даже на стадии начала эскизного проектирования. Для этого от инвестора и архитектора необходимо получить лишь следующую исходную информацию:

- назначение объекта нового строительства или реконструкции;
- генплан объекта;
- идея конструктивно-планировочного решения (включая подземное пространство).

Эта информация позволяет оценить уровень нагрузок на основание и размеры подземного пространства.

Оценка уровня нагрузок на основание на стадии, когда имеются лишь первые наброски архитектурно-планировочного решения, отнюдь не является неразрешимой проблемой. Зная требования КГИОП к застройке в центре города, нетрудно оценить этажность сооружения. Опыт проектирования зданий различного назначения из традиционных и современных эффективных конструктивных материалов позволяет достоверно оценить диапазон нагрузок.

Для решения задачи потребуются также сведения об инженерно-геологических условиях площадки и состоянии окружающих зданий. Они могут быть почерпнуты из *геотехнических карт*. Методику создания таких карт для больших городов разрабатывали многие отечественные и зарубежные исследователи.

Геотехническое картирование городской территории - наиболее удобный и эффективный способ хранения информации, необходимой для оценки условий сложной реконструкции. Геотехническая карта является многоуровневым построением, каждый уровень которого содержит определенный объем информации.

В общем случае карта должна содержать:

- 1) топографическую карту урбанизированной территории (с изолиниями высот, контурами строений и т.п.);
- 2) инженерно-геологическую карту с изображением основных геологических комплексов с обобщенной информацией об их физико-механических свойствах;
- 3) гидрогеологическую карту;
- 4) схему расположения инженерных коммуникаций и подземных сооружений;

5) план застройки территории, содержащий следующие сведения о зданиях:

- категория по архитектурно-историческому значению;
- назначение (жилое, нежилое, учебное, банковское, производственное, складское и т.д.);
- этажность, наличие подвалов, мансард, чердаков;
- время постройки, даты капитальных ремонтов, надстроек, перестроек;
- краткая характеристика конструктивного решения здания;
- конструкция фундаментов, наличие деревянных лежней и свай, средние нагрузки на основание;
- категория здания по техническому состоянию, необходимость проведения работ по усилению надземных конструкций, основания и фундаментов.

Геотехническая карта должна быть открытой системой, постоянно пополняющейся новой информацией, получаемой при изысканиях и обследовании. В идеале на карте может храниться вся имеющаяся информация об инженерно-геологических условиях и застройке города.

Нами предпринята попытка создания такой карты для Санкт-Петербурга, в основу которой положено инженерно-геологическое районирование территории города, выполненное Л.Г.Заварзиным [1], а также результаты обследования нескольких сотен зданий в пределах исторического центра. Информация, имеющаяся на геотехнической карте, как показывает накопленный нами опыт, оказывается во многих случаях вполне достаточной для проведения предварительной оценки геотехнической ситуации.

Последняя требует решения (в первом приближении) трех задач:

- определения возможного типа фундаментов строящегося или реконструируемого здания, которые обладали бы необходимой надежностью и обеспечивали безопасность окружающей застройки;
- выбора щадящей технологии работ нулевого цикла (под *щадящей* подразумевается технология, не оказывающая негативного воздействия на грунты основания и соседние строения в конкретной геотехнической ситуации).;
- оценки необходимости усиления основания и фундаментов соседних зданий.

Эти задачи могут быть успешно решены с помощью специально разработанного расчетного аппарата, реализованного в программе "FEM models" [2].

Для оценки геотехнической ситуации необходимо, прежде всего, рассмотреть основные факторы, которые могут вызвать неравномерные осадки массива грунта и привести к развитию дефектов в соседних зданиях. При строительстве и реконструкции в историческом центре города к таким факторам следует отнести:

- *Наличие в основании толщи слабых глинистых отложений.*

Эти грунты обладают существенной сжимаемостью и малой водопроницаемостью, большие неравномерные осадки их толщи основания за счет дополнительного нагружения основания

могут продолжаться десятилетиями и даже столетиями. Слабые глинистые грунты обладают повышенной чувствительностью к нарушению природной структуры, приводящему к увеличению деформируемости грунтов и снижению их прочностных характеристик.

- *Наличие в основании вблизи поверхности толщи пылеватых водонасыщенных песков.*

Пески обладают способностью перехода в плавунное состояние при техногенных воздействиях, уплотняются при динамических нагрузках. Пылеватые пески характеризуются суффозионной неустойчивостью даже при низких градиентах напора воды.

- *Откопка котлована ниже глубины заложения фундаментов соседних зданий.*

При проектировании заглубленных объемов возникает необходимость разработки специальных мероприятий по ограждению котлована, исключая подвижки массива грунта за его пределами и движение грунтовых вод через ограждение.

- *Технологии фундирования.*

Практика строительства в грунтовых условиях центральной части Петербурга показывает, что до настоящего времени российские и зарубежные строительные компании не предложили технологий фундирования, которые можно было бы а priori считать безосадочными.

Эти технологии для конкретной геотехнической ситуации можно разделить на два класса и отнести к первому те способы устройства фундаментов, которые практически не позволяют избежать негативного воздействия на массив грунта и окружающие здания, а ко второму - технологии, позволяющие выбрать безопасный режим. Последние считаются щадящими технологиями (в рассматриваемых условиях строительной площадки).

- *Дополнительное нагружение основания весом вновь возводимых конструкций.*

Выбор конструктивного решения фундаментов и технологии его реализации определяется, прежде всего, дополнительными осадками примыкающей застройки:

$$S_{ад} \leq S_{адд}, \quad (1)$$

где $S_{адд}$ - допустимая осадка согласно ТСН 50-302-96. Эти осадки представляют собой сумму следующих слагаемых компонентов:

$$S_{ад} = S_{ад}^{load} + S_{ад}^w + S_{ад}^{slope} + S_{ад}^{tech},$$

где $S_{ад}^{load}$ - обусловлено нагружением основания весом нового здания; $S_{ад}^w$ - связано с уплотнением и механической суффозией (выносом мелких фракций) пылеватых песков при водопонижении; $S_{ад}^{slope}$ - вызвано подвижками ограждения котлована и, соответственно, грунта за его пределами; $S_{ад}^{tech}$ - связано с влиянием производства работ по выбранной технологии.

Слагаемые $S_{ад}^{load}$ и $S_{ад}^{tech}$ не могут быть полностью сведены к нулю, а $S_{ад}^w$ и $S_{ад}^{slope}$ удается исключить выбором соответствующих конструктивных решений и технологий.

Определение каждого из этих слагаемых является достаточно сложной задачей и совершенно недостижимо посредством простейших инженерных методов СНИП. Численная оценка этих

величин возможна лишь при использовании современных физически и геометрически нелинейных моделей механики грунтов. Для определения слагаемых $S_{ад}^{load}$ и $S_{ад}^{slope}$ требуется решение упруго-пластических или вязко-упруго-пластических задач и задачи фильтрационной консолидации (две последние используются в случае, если необходим прогноз развития деформаций во времени). При рассмотрении работы слабого глинистого грунта может быть использована модель структурно-неустойчивой среды [3]. Оценка величины $S_{ад}^w$ возможна путем решения фильтрационных задач.

Наиболее сложной проблемой является оценка слагаемого $S_{ад}^{tech}$, связанного с технологией ведения работ. До недавнего времени вклад этой составляющей вообще не учитывался, поскольку отсутствовала методика расчетного прогноза влияния технологии ведения работ на массив грунта. Этот пробел отчасти восполнен решением геометрически нелинейных задач механики грунтов [4], а также построением модели слабого глинистого грунта как структурно-неустойчивой среды.

Весь приведенный выше перечень моделей внесен в *банк моделей* программы "FEM models" [2], что позволяет проводить моделирование всевозможных геотехнических ситуаций. Из решения множества задач, в которых варьируются параметры различных конструктивных решений, выбираются варианты фундаментов, оказывающие наименьшее *статическое* воздействие на окружающую застройку и, разумеется, обладающие необходимой надежностью для проектируемого объекта.

При решении следующей серии задач определяются параметры временных конструкций - ограждения котлована, анкеров, связей и т.п., исходя из требования исключения осадок территории вокруг котлована, связанных с подвижками ограждения и водопонижением.

После того, как выбрана конструкция фундаментов здания и определены параметры временных конструкций, последняя серия задач посвящается поиску *щадящей (для данных условий)* технологии фундирования и изготовления временных конструкций.

Естественно, что описанная последовательность расчетного анализа является упрощенной и в реальности оценка геотехнической ситуации осуществляется путем последовательных приближений. В итоге расчетного анализа выявляются варианты, удовлетворяющие условию (1).

Заключительным этапом оценки инвестиционной привлекательности объекта является определение стоимости выбранных вариантов фундирования. Последнее может быть легко выполнено с использованием постоянно обновляемой нами сметной базы данных "Геотехника".

Как показывает опыт, изложенная выше методика предварительной геотехнической оценки позволяет определить стоимость нулевого цикла объекта с точностью до $\pm 20\%$. что совсем не плохо для стадии, когда только формируется архитектурная концепция здания.

Заметим, что именно на этой стадии реальная оценка стоимости объекта особенно актуальна, поскольку может способствовать выбору рационального планировочного решения и, в итоге, снижению стоимости строительства.

Использование методики, как нам представляется, позволяет правильно сориентировать застройщика в уровне затрат на устройство фундаментов, *безопасных для окружающей застройки*, и тем самым избежать в дальнейшем непредвиденных затрат и убытков. Результаты расчетного анализа позволяют архитектору корректировать планировочные решения, особенно при разноэтажном строительстве с использованием подземного

пространства под всем пятном застройки.

Список литературы

1. Заварзин Л.Г. Слабые грунты на территории Санкт-Петербурга. Стр. настоящего журнала.
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г., Парамонов В.Н. Программная система для создания моделей и решения задач строительства и реконструкции с помощью МКЭ "FEM models". Стр. настоящего журнала.
3. Шашкин А.Г. Учет закономерностей деформирования слабого глинистого грунта при геотехническом обосновании реконструкции кварталов городской застройки /Основания, фундаменты и механика грунтов. М., № 4,5. 1998. С.-23-27.
4. Парамонов В.Н. Математическое моделирование устройства свайных фундаментов в условиях плотной городской застройки /Основания, фундаменты и механика грунтов. М., № 4,5. 1998. С.-13-18.