

На правах рукописи

ЛУЧКИН Максим Александрович

**УЧЕТ РАЗВИТИЯ ДЕФОРМАЦИИ ОСНОВАНИЯ ВО ВРЕМЕНИ ПРИ
СОВМЕСТНОМ РАСЧЕТЕ СИСТЕМЫ «ОСНОВАНИЕ-ФУНДАМЕНТ-
ЗДАНИЕ»**

Специальность

05.23.02.- Основания и фундаменты, подземные сооружения

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2007

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования “Петербургский государственный университет путей сообщения” (ГОУ ВПО ПГУПС).

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор
Улицкий Владимир Михайлович

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор
Сахаров Игорь Игоревич

кандидат технических наук, доцент
Синяков Леонид Николаевич

Ведущая организация: ЗАО “Геострой”

Защита состоится « 13 » марта 2007 г. в «16» часов на заседании диссертационного Совета Д 212.229.15 при ГОУ ВПО “Санкт-Петербургский Государственный политехнический университет” по адресу: 195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29, гидрокорпус-II, ауд. 411.

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной библиотеке Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования, Санкт-Петербургском политехническом университете (ГОУ ВПО СПбГПУ).

Автореферат разослан «11» февраля 2007 г.

Ученый секретарь диссертационного Совета

Бухарцев В.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы заключается в необходимости разработки методики учета развития деформаций основания во времени при совместном расчете системы основание-фундамент-здание. В соответствии с требованиями действующих норм, учет совместной работы основания, фундамента и надземных конструкций здания является одним из основных принципов проектирования зданий и сооружений. При этом рекомендуется «учитывать геометрическую и физическую нелинейность, анизотропность, пластические и реологические свойства материалов и грунтов».

Достоинством предлагаемой методики расчета является возможность определения усилий в фундаментах и надземных конструкциях здания, связанных с развитием неравномерных деформаций основания во времени.

Согласно данным натурных наблюдений осадки зданий на пылевато-глинистых грунтах могут развиваться в течение достаточно длительного периода времени (нескольких десятилетий). В таких условиях, при совместных расчетах основанных на рассмотрении стадии стабилизации деформаций, не оценивается промежуточный и достаточно длительный период развития этих деформаций. Типичным примером является оценка взаимного влияния зданий при поэтапном возведении. В этом случае для расчета взаимного влияния двух соседних зданий необходимо оценивать доли деформации основания первого здания до начала строительства второго. Такая оценка подразумевает необходимость расчета деформаций основания во времени, от точности которой будут принципиальным образом зависеть величины напряжений в конструкциях зданий связанные с взаимным влиянием. Таким образом, разработка методики расчета деформации основания во времени является актуальной, прежде всего для корректной оценки усилий в конструкциях с учетом реальных сроков и последовательности возведения сооружений. Прогноз величины осадки сооружения и характера развития деформаций основания во времени важен и для безопасной эксплуатации в послестроительный период.

Вторым существенным фактором актуальности расчета деформаций основания во времени является появление дополнительных возможностей при анализе данных натурных наблюдений. В большинстве случаев наблюдения за

деформациями зданий и сооружений производятся в течение относительно короткого периода времени, в течение которого не всегда наблюдается стабилизация осадок. Для оценки конечной осадки по данным таких незавершенных наблюдений необходима экстраполяция, которая является недостаточно точной. В результате, статистический материал для сравнения наблюдаемых конечных осадок здания с расчетными величинами осадок является недостаточным. Анализ деформаций во времени позволяет оценивать тенденции развития осадок, проявляющиеся на начальном этапе строительства и эксплуатации здания и сравнивать расчетные и измеренные величины осадок на различные периоды времени. Таким образом, разработка методики расчета деформаций основания во времени является актуальной и для выполнения статистической оценки достоверности геотехнических расчетов по сравнению с данными натурных наблюдений.

Третьим фактором актуальности совместных расчетов деформаций здания и основания во времени является возможность использования таких расчетов при интерактивном мониторинге, который получил широкое развитие в мире, как научное сопровождение сложных объектов. Корректность выполненного прогноза может быть оценена уже на начальной стадии существования сооружения путем сопоставления наблюдаемых деформаций и усилий в конструкциях с расчетными. Такое сопоставление является актуальным для принятия проектных решений с учетом степени опасности тех или иных наблюдаемых на строительной площадке тенденций.

Целью данной работы является получение в лабораторных и полевых условиях исходных данных для численного моделирования строительных ситуаций и на этой основе создания методики расчета деформаций основания во времени с учетом его совместной работы с надземными конструкциями здания.

Для реализации этой цели были поставлены и решены следующие **задачи**:

- Произведен анализ существующих методов расчета и принципов учета развития осадок основания во времени, выявлены их достоинства и недостатки.

- Выявлены основные методологические особенности, связанные с лабораторными испытаниями грунтов и в большей степени, влияющие на получаемые результаты.
- По результатам полевых и лабораторных испытаний получены необходимые для численного моделирования корреляционные зависимости прочностных и реологических характеристик грунта от его физических свойств и данных статического зондирования, выявлены общие закономерности.
- Решена серия тестовых примеров развития осадки во времени с использованием стендовых и стабилметрических испытаний, выполненных по специальной и стандартной методикам.
- Проанализирована достоверность разработанной методики расчета деформации основания во времени на основе сопоставления результатов этих расчетов с данными имеющихся наблюдений за осадками 15 зданий на характерных грунтах Санкт-Петербурга.

Для решения данных задач были применены современные аналитические и численные методы исследования. Достоверность результатов расчетов подтверждается сопоставлением их с данными натурных наблюдений.

Научная новизна работы состоит в следующем:

1. Разработана методика получения исходных параметров для принятой упруго-вязко-пластической реологической модели грунта на основе специально разработанного комплекса лабораторных и полевых испытаний.
2. Выявлены закономерности, позволяющие с достаточной точностью оценить необходимые для расчета параметры рассматриваемой упруго-вязко-пластической реологической модели на основе физических характеристик грунтов и данных статического зондирования, получаемых в процессе изысканий.
3. Разработана методика расчета деформаций оснований и сооружений во времени численным методом с использованием полученных в результате исследований параметров.
4. Результаты расчетов по выбранной реологической модели сопоставлены с данными специальных лабораторных и стендовых экспериментов.

5. Результаты расчетов по предлагаемой методике сопоставлены с данными натурных наблюдений за осадками 15 зданий на характерных грунтах Санкт-Петербурга.
6. На основе статистической оценки показано, что предлагаемая методика позволяет повысить точность расчета деформаций оснований по сравнению с методами, регламентируемыми нормативными документами.

На защиту выносятся:

1. Методика расчета деформации основания во времени, заключающаяся в использовании специально получаемых параметров прочностных и реологических свойств пылевато-глинистых водонасыщенных грунтов в рамках принятой упруго-вязко-пластической модели, при построении расчетных схем метода конечных элементов.
2. Полученные в результате лабораторных исследований глинистых грунтов корреляционные зависимости, позволяющие с достаточной точностью определять исходные параметры рассматриваемой упруго-вязко-пластической модели по физическим характеристикам грунта и данным статического зондирования.
3. Анализ корректности описания работы пылевато-глинистого грунта в рамках рассматриваемой упруго-вязко-пластической модели на основе сопоставления с данными лабораторных и стендовых испытаний.
4. Предлагаемая методология сопоставления результатов численных расчетов с данными наблюдений за осадками 15 зданий на территории Санкт-Петербурга.
5. Анализ изменения напряженно-деформируемого состояния надземных конструкций при совместных расчетах с учетом временных факторов.

Практическая ценность работы и реализация результатов исследований состоит в разработке методики расчета деформации основания во времени с использованием упруго-вязко-пластической реологической модели, а также полученных в результате лабораторных и полевых испытаний корреляционных зависимостей, позволяющих подобрать исходные данные для численного моделирования.

Реализация предлагаемой методики осуществлена в рамках программного расчетного комплекса FEM models 2.0, позволяющего производить пространственное численное моделирование совместной работы основания и надземных конструкций здания с использованием полученных автором зависимостей.

Апробация работы заключается в выполнении совместных численных расчетов развития деформации основания во времени по предлагаемой методике, а также получения закономерностей изменения напряженно-деформированного состояния надземных конструкций при неравномерных осадках для ряда проектируемых объектов в Санкт-Петербурге: Мариинский театр-2,3, пр.Художников 11-А, жилое здание на пересечении Богатырского пр. и Туристской ул., (квартал 56А района Северо Приморской части, на пятне корп. 27, участок 1), СПЧ квартал 66.

Публикации. Основные положения диссертации и материалы исследований изложены в 5 печатных работах.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав и выводов. Список литературы состоит из 148 наименований работ отечественных и зарубежных авторов. Общий объем работы составляет 162 страницы, 86 рисунков и 32 таблицы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследований, перечислены выносимые на защиту вопросы, а также отражена новизна работы.

В первой главе выполнен анализ существующих стандартных лабораторных методов исследования напряженно-деформируемого состояния грунтов, выявлены достоинства и недостатки применяемых для таких исследований стандартных приборов, сделан вывод о необходимости использования прибора трехосного сжатия, как наиболее корректно моделирующего работу грунта для проведения долговременных испытаний. Выполнен детальный исторический обзор развития методов стабилметрических испытаний.

Проанализированы основные принципы моделирования грунтовой среды и современные методы прогноза осадок (Д. Друккер В. Прагер, М.И.Горбунов-Посадов, А.К. Бугров), рассмотрены принципы расчета осадок, основанные на данных специальных наблюдений за осадками (С.Н.Сотников, Р.Катценбах), показаны основные аналитические методы расчета осадок (СНиП 2.01.02-83, Б.И.Далматов, Н.А.Цытович, В.Н.Бронин, К.Е.Егоров и др.) и кратко рассмотрены аспекты численного моделирования и теории фильтрационной консолидации, изложенные в работах К.Терцаги, В.А.Флорина, М.Био, Н.М.Герсеванова, Д.Е.Польшина, Ю.К.Зарецкого, З.Г.Тер-Мартirosян, Л.Шукле, А.Б.Фадеева, В.Г.Федоровского, а также наследственной ползучести (В.А.Флорин, С.Р.Месчан, Ю.К.Зарецкий и др.). Следует отметить, что в инженерной практике рассмотренные методы расчета осадок во времени применяются достаточно редко из-за трудностей определения большого количества исходных реологических параметров.

Представленный анализ позволил предложить для разработки методики расчета деформаций основания во времени численные методы. При этом представляется целесообразным использовать наиболее простую модель, имеющую минимальное количество исходных параметров и, в то же время, достаточно адекватно отражающую работу глинистых грунтов с учетом фактора времени.

Во второй главе выполнено краткое описание выбранной упруго-вязко-пластической модели. Данная модель обоснована в работах А.Г.Шашкина и реализована К.Г.Шашкиным в программном комплексе FEM models 2.0. По принципу построения модель достаточно близка к известной модели Hardening Soil Model (реализованная в программе Plaxis), однако в отличие от нее учитывает развитие во времени деформаций формоизменения. Основной идеей построения выбранной эмпирической модели поведения грунта является независимое описание упрочнения при деформациях уплотнения и формоизменения. В этом случае модель формулируется исключительно просто. По результатам ряда опытов определяются зависимости сдвиговых и объемных деформаций от действующих напряжений $\gamma_p(p, q)$, $\varepsilon_{vp}(p, q)$, изображенные на рис.1, где p - гидростатическое давление, q - касательные напряжения.

Очевидно, что при приближении к предельному напряжению деформации будут увеличиваться, таким образом, изолинии сдвиговых деформаций $\gamma_p(p, q)$ будут концентрироваться вдоль прямой закона Кулона.

Зависимость $\varepsilon_{vp}(p, q)$ при $q = 0$ определяется из опыта на гидростатическое сжатие. Отклонение изолиний $\varepsilon_{vp}(p, q)$ на плоскости $p-q$ от вертикали будет описывать явление дилатансии. Набор зависимостей $\gamma_p(p, q)$ и $\varepsilon_{vp}(p, q)$ полностью определяет вектор пластической деформации при заданном приращении напряжений.

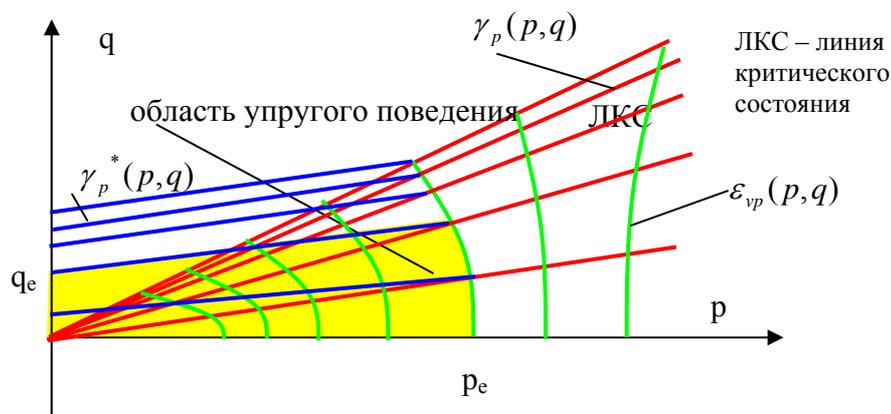


Рис. 1. Схема построения эмпирической упругопластической модели.

Построение модели при таком подходе свободно от каких-либо теоретических представлений о форме «шатра» и т.п. и позволяет максимально приблизить работу модели к результатам эксперимента. Фактически отличия от эксперимента будут определяться только неточностью аппроксимации функций $\gamma_p(p, q)$ и $\varepsilon_{vp}(p, q)$.

Для учета развития осадок во времени упруго-пластическая задача решается совместно с задачей фильтрационной консолидации. Кроме этого учитывается задержка деформаций формоизменения во времени. Самым простым способом описания эффекта замедления деформации сдвига, является введение зависимости скорости пластических деформаций от величины девиатора напряжений. Как показывают многочисленные опыты разных авторов, эта зависимость имеет нелинейный характер: скорость деформирования резко возрастает при приближении к некоторому пределу прочности.

В первом приближении зависимость вязкости от величины напряжения можно записать линейной функцией:

$$\eta(\tau) = \eta_0 \frac{\tau_{\text{lim}} - \tau}{\tau_{\text{lim}}}. \quad (1)$$

При приближении к величине предельного сопротивления при сдвиге вязкость стремится к нулю, что означает разрушение элемента грунта. При напряжениях, достаточно далеких от предела прочности (такая ситуация, в большинстве случаев наблюдается в основании сооружений) деформации будут происходить достаточно медленно, в течение десятилетий.

Выбранная реологическая модель позволяет учитывать все компоненты деформации грунта с учетом переменного коэффициента вязкости, зависящего от девиатора напряжений, что позволяет наиболее корректно описать процессы деформирования основания, однако точность расчетов с использованием этой модели будет зависеть от исходных прочностных и реологических параметров грунта.

В третьей главе описана методология подбора прочностных и реологических параметров глинистого грунта для численного моделирования на основе стандартных трехосных испытаний и статического зондирования. Дается оценка корректности принятого подхода на основе сопоставления результатов стендовых и трехосных испытаний с результатами численного моделирования.

Основным критерием корректности описания работы глинистого грунта по выбранной упруго-вязко-пластической модели при сложном напряженном состоянии были специальные стендовые испытания по вдавливанию штампа в глинистый грунт с влажностью $W = 34\%$. Для этого автором был разработан испытательный стенд КОФ-4 (рис.2.) для такого моделирования. Испытания проводились по трем схемам, различающимся только временем выдержки ступени нагрузки (1 минуты, 30 минут, 24 часа) и общей длительностью проведения опыта (16 минут, 70 и 1400 часов) соответственно.



Рис.2. Общий вид испытательного стенда

По результатам стендовых испытаний выполнено численное моделирование вдавливания штампа в глинистый грунт и установлено, что выбранная реологическая модель позволяет достаточно корректно описывать работу грунта в сложном напряженном состоянии (рис.3).

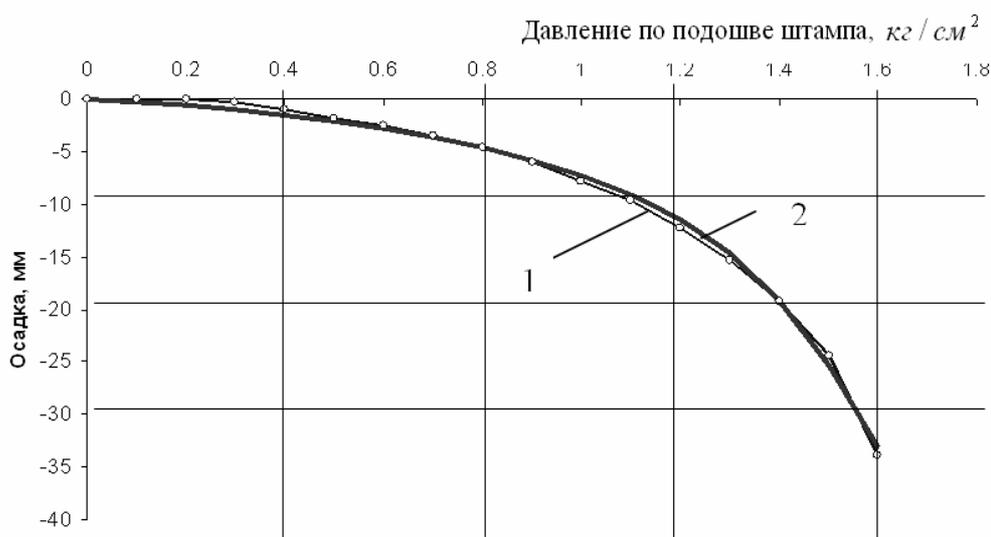


Рис. 3. Сопоставление результатов расчетов со стендовыми испытаниями: 1 – экспериментальные данные; 2 – моделирование эксперимента с помощью рассмотренной модели;

Для оценки корректности работы рассматриваемой модели проведено сравнение с данными натурных наблюдений. К сожалению, в большинстве случаев для объектов, по которым имеются данные наблюдений, отсутствует достаточный объем инженерно-геологических изысканий, в частности, как правило, отсутствуют данные по трехосным испытаниям. Поэтому для применения рассмотренной модели в этих случаях необходима разработка методик определения параметров при недостаточных данных изысканий. Основной проблемой является определение параметров работы грунта при деформациях формоизменения.

Для выполнения этой задачи были собраны данные большого числа (около 300) трехосных испытаний различных водонасыщенных пылевато-глинистых грунтов на территории Санкт-Петербурга и выявлена зависимость (рис.4, а) прочности при неконсолидированно-недренированных трехосных испытаниях от влажности грунта:

$$c_u = 1.6373e^{0.122w\%} \text{ [кПа]} \quad (2)$$

Вид этой зависимости совпадает с графиками, приведенными в работах Н.Н.Маслова. Для собранных испытаний получен относительно хороший коэффициент корреляции (0.91), позволяющий с достаточной точностью использовать зависимость (2) для определения свойств широкого спектра глинистых грунтов.

Для площадок, на которых имелись одновременно данные статического зондирования и трехосных испытаний, была выявлена зависимость (рис.4, б) прочности при неконсолидированно-недренированных трехосных испытаниях от сопротивления погружения конуса:

$$c_u = \frac{q_c}{19} \quad (3)$$

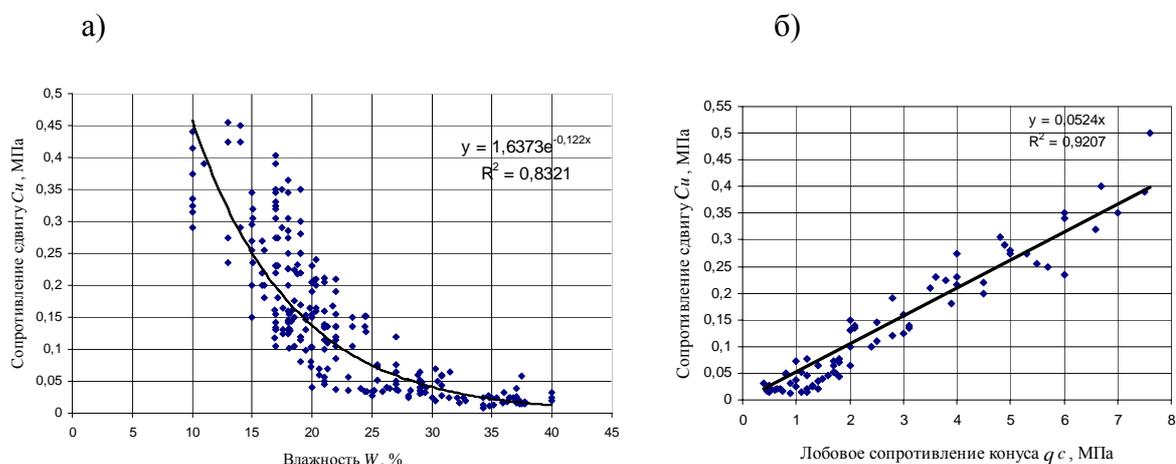


Рис.4. Результаты аппроксимации: а) экспотенциальная зависимость сопротивления сдвига C_u от влажности W ; б) линейная зависимость сопротивления сдвигу от лобового сопротивления конуса зонда при статическом зондировании

Коэффициент корреляции (0.96) для данной зависимости выше (рис.4, б), чем для предыдущей (рис.4,а), поэтому при наличии статического зондирования параметры грунта при деформациях формоизменения предпочтительно принимать по формуле (3).

Сложность определения реологических свойств связана не только с необходимостью проведения длительных экспериментов, но и с неизбежным нарушением структуры лабораторных образцов по сравнению с природным состоянием. Поэтому наиболее достоверным представляется определение реологических параметров по данным обратного анализа наблюдающихся деформаций зданий и сооружений. В настоящее время имеющиеся данные наблюдений позволяют оценить только порядок величин реологических параметров. Анализ имеющихся данных лабораторных испытаний и данных наблюдений за осадками нескольких десятков зданий и сооружений позволил получить эмпирическую зависимость для определения начальной вязкости глинистых грунтов, характерных для Санкт-Петербурга:

$$\eta_0 \approx 100c_u \text{ [кПа}\cdot\text{год]}, \quad (4)$$

где c_u - прочность при неконсолидированно-недренированных трехосных испытаниях.

Достоверность полученных зависимостей, а также методологию расчета деформаций основания во времени на основе выбранной реологической модели можно оценить сопоставлением результатов численного моделирования с данными наблюдений за осадками зданий. Это наиболее объективный критерий позволяющий использовать предлагаемую методику для расчета осадок в пространственной постановке совместно с надземными конструкциями.

В четвертой главе выполнено сравнение результатов расчета деформаций основания с данными многолетних натуральных наблюдений за осадками зданий.

Для оценки достоверности различных методов расчета деформаций основания, были собраны материалы наблюдений за 15 характерными объектами на территории Санкт-Петербурга. Среди этих объектов здания на Васильевском острове, деформации которых подробно рассмотрены в работах С.Н.Сотникова, а также здания, данные наблюдений за осадками которых предоставлены Г.В.Левинтовым (ПКТИ, С.-Петербург).

Для всех рассмотренных объектов выполнены расчеты по методу послойного суммирования СНиП 2.02.01-83, по методу линейно деформируемого слоя (методу Егорова), а также по методу, изложенному в СП 50-101-2004. Кроме

того, выполнены расчеты осадок во времени по предлагаемой модели и по классической модели фильтрационной консолидации.

Для всех расчетов по предлагаемой модели использовались идентичные правила построения расчетных схем и определения параметров модели:

1. Размеры расчетной схемы подбирались таким образом, чтобы их увеличение не влияло на результат расчета. Для этого нижняя грань расчетной схемы задавалась ниже кровли малосжимаемых твердых глин.
2. При отсутствии данных стабилметрических испытаний параметры поведения глинистого грунта при деформациях формоизменения принимались по данным статического зондирования (3) или при отсутствии таких данных - по физическим характеристикам грунта (2).
3. Пространственная расчетная схема включает в себя напластование грунтов, определяемое по инженерно-геологическому разрезу, а также надземные конструкции здания с заданной жесткостью.
4. Для определения характера развития и величины осадки во времени, численный расчет производился в пошаговой постановке, с учетом времени возведения здания и в соответствии с графиком геодезических наблюдений за осадками.

В качестве примера приведены результаты расчета осадок здания по адресу: СПб, ул. Бухаресткая 23/4. Окончание строительства - 2000 г.

Конструктивное решение: 17-ти этажное здание высотой 50,5 м и 27,5x31,2 м в плане, с внутренними стенами и перекрытиями из монолитного железобетона толщиной 160 мм и наружными самонесущими кирпичными стенами толщиной от 640 до 510 мм. Фундамент здания – свайное поле (312 шт.), сваи длиной 10 метров и сечением 350x350 мм. Расчетная нагрузка на сваю по результатам статических испытаний была принята 80 т. Свайное поле объединено плитой ростверка толщиной 550 мм.

На рис.5 представлен геологический разрез площадки строительства, расчетная схема и сопоставление результатов численного моделирования с данными натурных наблюдений за осадками здания. Инженерно-геологические элементы №3...№6 обладают модулем деформации от 7 до 14 МПа, показателем текучести от 0.13 до 0.73. Слои №7, 8 имеют модуль деформации 30 и 44 МПа.

Параметры модели, отражающие поведение грунта при деформациях формоизменения принимались по зависимостям (2) и (4). На рис.5 представлено сопоставление результатов численного моделирования с данными натурных наблюдений за осадками рассматриваемого здания.

Последовательное применение правил построения расчетных схем позволило выполнить объективный анализ точности расчетов по предлагаемой модели и сравнить ее с результатами расчетов по другим методам и результатами наблюдений за осадками здания.

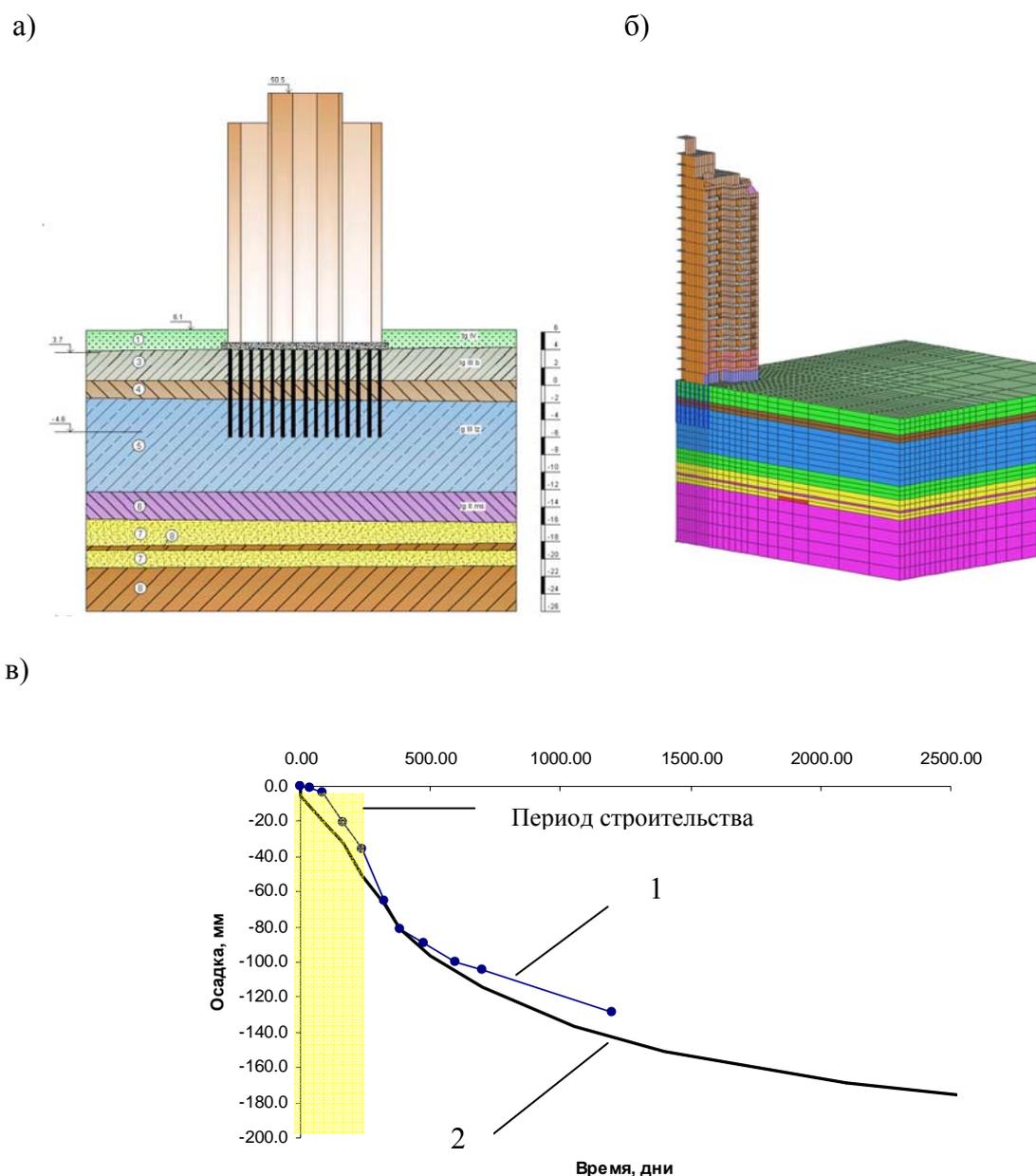


Рис.5. Пример сопоставления результатов расчетов и данных натурных наблюдений: а) геологический разрез площадки строительства; б) расчетная схема; в) сравнение результатов: 1-натурные наблюдения; 2-численное моделирование

Статистический анализ сопоставления расчетов по существующим инженерным методам и данных наблюдений за осадками 15 зданий позволил оценить точность этих методов (рис.6.). Наибольшую точность по результатам этого сопоставления позволяет получить метод послойного суммирования в редакции СНиП 2.02.01-83. Среднеквадратическое отклонение результатов наблюдений от результатов расчетов для данного метода составляет 120 мм и осадка недооценивается в среднем на 30%. Среднеквадратическое отклонение для метода Егорова составляет 180 мм, а для метода СП 50-101-2004 – 280 мм, осадка в среднем недооценивается соответственно на 80% и 180%.

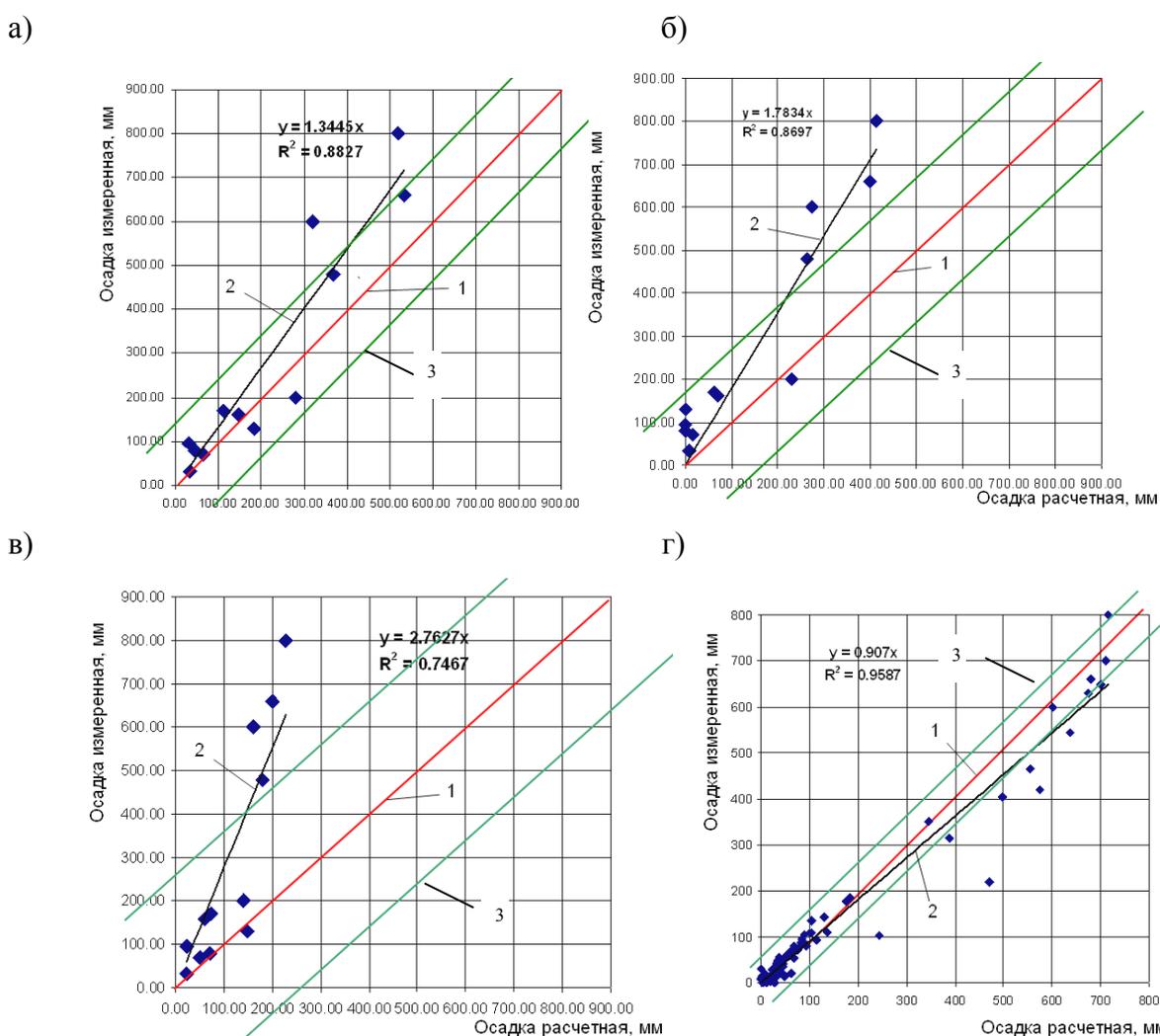


Рис.6. Сопоставление результатов расчетов с данными натурных наблюдений за осадками. а) по СНиП 2.02.01-83, б) СП 50-101-2004, в) по методу Егорова, г) расчет по предлагаемой методике. 1- прямая идеального совпадения расчетных и наблюдаемых осадок; 2- их линейная аппроксимация; 3-среднеквадратическое отклонение.

Статистический анализ результатов расчета осадок зданий во времени по предлагаемой методике по сравнению данными наблюдений позволяет установить,

что среднеквадратическое отклонение для рассмотренных объектов составляет 46 мм (рис.6.г.). Таким образом, по сравнению с инженерными методами расчета точность расчета деформаций увеличивается. Для осадок, не превышающих 200 мм, среднеквадратическое отклонение составляет 13 мм. Таким образом, точность расчета осадок по предлагаемой методике составляет около 10%, что приемлемо для инженерных расчетов.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Выполненные стендовые испытания показали, что выбранная упруго-вязко-пластическая модель глинистого грунта позволяет с достаточной точностью описать работу грунта в условиях сложного напряженного состояния.
2. Прочностные и деформационные параметры выбранной упруго-вязко-пластической модели грунта могут быть определены по компрессионным испытаниям и по опытам на трехосное сжатие по стандартным методикам.
3. Статистическая обработка многочисленных материалов испытаний позволила выявить достаточно репрезентабельные корреляционные зависимости основных прочностных и реологических параметров выбранной модели от физических свойств широкого спектра пылевато-глинистых грунтов и от результатов испытаний грунтов статическим зондированием. Относительно высокие коэффициенты корреляции этих зависимостей позволяют использовать их для получения необходимых параметров выбранной модели в случае отсутствия достаточных данных инженерно-геологических изысканий.
4. Разработанная методика расчета деформаций основания зданий и сооружений, позволила оценивать не только конечные величины осадок зданий, но и прогнозировать развитие деформаций основания и напряжений в конструкциях зданий во времени с учетом очередности и реальной скорости строительства.
5. Статистический анализ сопоставления расчетов осадок здания во времени по разработанной методике и результатов наблюдения за 15 зданиями на территории Санкт-Петербурга показал, что предлагаемая методика расчета позволяет прогнозировать развитие осадок во времени с достаточной

точностью, при этом среднеквадратическое отклонение результатов расчетов и наблюдений существенно ниже, чем при использовании традиционных методов расчета конечной осадки.

6. Реализация разработанной методики в рамках программного комплекса FEM models 2.0 позволяет выполнять всесторонний анализ поведения грунта в пространственной постановке совместно с надземными конструкциями здания. Такие расчеты дают возможность оценить изменение усилий во всех элементах конструкций во времени с учетом скорости и последовательности строительства, что предоставляет возможность избежать недопустимых напряжений в конструкциях в течение всего периода существования здания. Кроме того, такие расчеты могут использоваться при расширенном мониторинге для сопоставления прогнозируемых и наблюдаемых перемещений и напряжений в конструкциях, как в период строительства, так и последующей эксплуатации. В этом случае уже на начальном этапе существования сооружения может быть оценена корректность прогноза и выявлена степень опасности наблюдаемых на конкретной строительной площадке опасных тенденций.

Публикации:

1. Лучкин М.А., Золочевская А.С., Бабенко Ю.А. Стабилметрические испытания грунтов. // Сборник трудов межвузовской научно-технической конференции Петербургского государственного университета путей сообщения. –СПб., -2006. – С.62-64.
2. Лучкин М.А., Конюшков В.В., Интерактивный мониторинг на объектах реконструкции. // Сборник трудов международной конференции ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева “Город и геологические опасности”. –СПб., -2006. –том 1. –С.105-111.
3. Лучкин М.А. Оценка деформативных свойств глинистых грунтов в лабораторных условиях. // Известия Петербургского государственного университета путей сообщения. –СПб., -2006. –том 1. –С.84-88.
4. Лучкин М.А. Оценка развития деформации основания во времени при совместном расчете системы основание-фундамент-здание. // Известия Петербургского государственного университета путей сообщения. –СПб., -2006. –том 2. –С.41-49.
5. Лучкин М.А., Улицкий В.М. Исследование свойств глинистых грунтов для геотехнического моделирования оснований // Основания, фундаменты и механика грунтов. -М., -2006. -№6. –С.7-9.