

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора геолого-минералогических наук  
Шашкина Алексея Георгиевича  
на диссертационную работу Мариничева Максима Борисовича  
**«Фундаменты многоэтажных и высотных зданий в особых условиях  
Юга России»**, представленную в диссертационный совет 24.2.380.04  
при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-  
строительный университет» к публичной защите на соискание ученой  
степени доктора технических наук по специальности  
2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения

Представленная на рассмотрение диссертационная работа автора Мариничева Максима Борисовича состоит из введения, шести разделов, заключения, списка литературы из 303 наименований, одного приложения. Объем работы составляет 355 страниц текста, включая 25 таблиц и 232 рисунка. Автореферат содержит 45 страниц.

### **Актуальность темы диссертационной работы**

Диссертация посвящена весьма сложной и недостаточно исследованной тематике – суперпозиции различных аспектов сложности строительства, когда возведение многоэтажных и высотных зданий осуществляется в условиях сейсмической активности при значительном перепаде отметок рельефа в пределах строительной площадки, при наличии риска проявления оползневых и гравитационных процессов, в условиях незакономерного чередования слоев со значительной степенью неоднородности по показателям свойств грунтов в плане или по глубине. Наличие каждого из перечисленных факторов достаточно для того, чтобы охарактеризовать строительный объект высоким уровнем сложности, а их совокупность представляет собой особенно сложный случай, который при этом является весьма распространенным для прибрежных территорий Черного и Азовского морей (районов городов Новороссийска, Геленджика, Туапсе, Большого Сочи, Краснодара и др.), предгорных районов Ставропольского края (районов городов Ставрополя, Кисловодска, Пятигорска и др.).

Инженерно-геологические условия территории строительства во многих случаях характеризуются наличием дисперсных сильно деформируемых грунтов с широким диапазоном прочностных и деформационных свойств, обводненных, имеющих слабую степень литификации, способных к изменению своих характеристик в течение срока строительства и эксплуатации здания. Совокупность опасных геологических и инженерно-геологических процессов и явлений предопределяет повышенное внимание, которое должно уделяться вопросам механики грунтов, инженерной

геологии, проектирования оснований и фундаментов, мониторинга зданий в процессе строительства и эксплуатации, а также совершенствованию существующих методов расчета и конструирования фундаментов многоэтажных и высотных зданий и сооружений. Изложенные обстоятельства подчеркивают высокую актуальность темы диссертации.

### **Объем и структура диссертационной работы**

**Во введении** раскрывается актуальность темы, сформулирована цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы, а также защищаемые положения.

**В первом разделе** отражен опыт проектирования и строительства многоэтажных и высотных зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях, рассмотрены эффективные типы фундаментов, наиболее часто применимые на площадках с существенной неравномерной сжимаемостью основания и одновременным действием нескольких неблагоприятных факторов, к которым могут относиться сейсмические воздействия, оползневые процессы, ветровые нагрузки. Проведен обзор отечественных и зарубежных исследований авторов, внесших значительный вклад в развитие фундаментостроения при многоэтажном и высотном строительстве в сложных инженерно-геологических условиях. В конце раздела соискатель формулирует цель работы и задачи исследований.

**Второй раздел** посвящен сбору, обработке и анализу результатов геологических, гидрогеологических съемок разных масштабов, инженерно-геологических сведений из отчетов и заключений многочисленных изыскательских организаций, что в дальнейшем использовано для развития категорий сложности инженерно-геологических условий строительства.

При обобщении инженерно-геологических и гидрогеологических особенностей строительных площадок Юга России, характеризующихся как сложные, проведен анализ более чем 100 площадок для строительства многоэтажных и высотных зданий. Следует особо подчеркнуть, что площадки были выбраны из числа объектов, в реализации которых соискатель принимал непосредственное участие либо в рамках научно-технического сопровождения при проектировании и строительстве, либо в качестве ведущего специалиста при разработке технических решений фундаментов. Проведенный анализ инженерно-геологических условий территории Юга России предопределяет необходимость развития методов расчета, конструирования и строительства фундаментов в описанных сложных грунтовых условиях во взаимосвязи с особенностями застройки конкретных территорий, предполагаемыми типами зданий и сооружений, а также с учетом действующих опасных геологических и инженерно-геологических процессов. По результатам проведенных исследований

соискателем предложена категория сложности инженерно-геологических условий строительства – *особая*. Подробная характеристика предложенной категории представлена в таблице 4.2.1 второго раздела.

**В третьем разделе** диссертации выполнено обобщение многолетних результатов полевых испытаний буровых натуральных свай в песчано-глинистых грунтах. Результаты классифицированы по выделенным параметрам испытанных свай: диаметру и отношению длины к диаметру. Полученные коэффициенты используются для уточнения расчетных данных по буровым сваям (расчетной несущей способности их параметров) при конструировании свайного фундамента. Для этих целей разработана программа для ЭВМ, которая при подборе свайного поля учитывает угловое, краевое и центральное расположение свай в пределах опорной площади фундамента. Для совершенствования методов определения несущей способности свай далее в диссертации разработан метод их испытаний постоянно возрастающей нагрузкой с синхронной регистрацией вдавливающей силы, осадки и времени. Испытания свай методом постоянно возрастающей нагрузки позволило выявить ступенчатое увеличение осадки, циклический характер скорости и ускорения осадки основания свай. Автором предложен способ измерения упругой и пластической составляющих осадки в каждом цикле деформации основания свай. Разделение осадки основания свай на упругую и пластическую составляющие позволило обосновать подобие деформаций оснований испытываемой и проектируемых свай в каждом цикле деформации. Соискателем выведены коэффициенты подобия для геометрически подобных свай в одинаковых инженерно-геологических условиях в заданные моменты нагружения. Предложен также способ оценки деформационной однородности площадки строительства по данным статического зондирования. Обоснован выбор положения свай для испытаний статической нагрузкой зондированием площадки по деформационной однородности по данным статического зондирования.

Разделение осадки основания свай на упругую и пластическую составляющие позволило определить упругую часть перемещения основания свай в каждый момент его нагружения; рассчитать упругие осадки свай в группе от действия соседних свай, не связанных между собой ростверком; рассчитать сопротивление основания свай, связанных между собой ростверком с учетом релаксации, установленной по данным испытаний постоянно возрастающей нагрузкой. В ходе численных исследований представлены в табличном виде значения коэффициентов, учитывающие групповой эффект в зависимости от межсвайного расстояния и жесткости фундаментной плиты. В итоге разработан метод расчета параметров свайного и свайно-плитного фундамента. Метод основан на использовании данных испытаний грунтов сваей и зондом при их статическом нагружении, а также

применении результатов разделения осадки основания на упругую и неупругую составляющие.

**В четвертом разделе** диссертации исследуется взаимодействие свайных фундаментов, выполняемых с промежуточным распределительным слоем (ПРС), отделяющим свайное поле от фундаментной плиты. Разработанный метод позволяет регулировать напряженно-деформированное состояние всей системы «свайное основание-фундамент-сооружение», в том числе при действии сейсмических нагрузок. Для оценки эффективности использования ПРС при сейсмических нагрузках проведены численные исследования в объемной постановке при сейсмической интенсивности в 7, 8 и 9 баллов, которые описаны акселерограммами реальных землетрясений. В рассматриваемом разделе разработан новый аналитический метод расчёта промежуточного распределительного слоя (ПРС). Метод базируется на рассмотрении системы уравнений, включающей условия равенства сил и равенства работ упругих деформаций фундаментной плиты, промежуточного распределительного слоя, свай и грунта основания (ГО) при их совместной работе под нагрузкой от здания. Разработаны рекомендации по конструированию фундаментов с применением промежуточного распределительного слоя при многоэтажном и высотном строительстве в особо сложных грунтовых условиях, в том числе с учетом сейсмических воздействий. Рекомендации основаны на исследованных закономерностях взаимодействия свайного поля и фундаментной плиты, разделенных промежуточным распределительным слоем, новом аналитическом методе его расчёта, а также предложениях по конструированию таких фундаментов при многоэтажном и высотном строительстве в особо сложных грунтовых условиях, в том числе с учетом сейсмических воздействий.

**В пятом разделе** диссертации приводятся разработанные новые способы проектирования и строительства свайных и свайно-плитных фундаментов в особых условиях. Способы разделены на три группы, каждая из которых имеет свои отличительные конструктивные и технологические особенности. В первой группе результат достигается за счет устройства свайно-плитных фундаментов с заданной начальной осадкой плитной части; ко второй группе относятся способы с использованием свай разной длины и их последовательным включением в совместную работу с плитной частью; в третьей группе описаны способы строительства свайных и свайно-плитных фундаментов с возможностью управления их осадками в процессе строительства. Новизна предложенных способов подтверждена полученными патентами РФ на изобретения. В разделе также разработаны рекомендации по проектированию и строительству фундаментов с учетом заданных этапов их выполнения.

**В шестом разделе** диссертации приведена классификация методов расчета и конструирования фундаментов многоэтажных и высотных зданий в особых условиях, включающая предложенные автором эффективные конструкции фундаментов для сейсмических районов Юга России. **В разделе** отражено практическое внедрение разработанных методов расчета и конструирования. Для каждого из методов приведены реализованные объекты с описанием этапов их строительства. Внедрение результатов проектирования фундаментов многоэтажных и высотных зданий в особо сложных грунтовых условиях Юга России выполнено на 50 объектах.

### **Научная новизна исследований и полученных результатов**

1. Предложена особая категория инженерно-геологических условий, которую рекомендуется использовать при проектировании и строительстве многоэтажных и высотных зданий, а также для совершенствования нормативных документов. Категория учитывает наличие нескольких одновременно действующих неблагоприятных факторов, к которым относятся высокая сейсмичность, оползневые процессы, существенная многослойность и неравномерная сжимаемость основания, большой перепад отметок естественного рельефа в пределах строительной площадки;

2. Разработана система поправочных коэффициентов для определения несущей способности натуральных буровых свай, полученная путем обработки многолетних результатов полевых испытаний, сгруппированных по определяющим параметрам, таким как диаметр и отношение длины к диаметру. Система поправочных коэффициентов используется при разработке алгоритма расчета свайных фундаментов, реализованного в программе для ЭВМ;

3. Предложен метод испытания натуральных свай постоянно возрастающей сжимающей нагрузкой с синхронной регистрацией вдавливающей силы, осадки и времени, что выявило скачкообразное увеличение осадки основания свай, а также позволило установить циклическое изменение ее скорости и ускорения. Разработанный метод использован для расчета несущей способности проектируемых свай;

4. Выявлены закономерности совместной работы свайного поля и фундаментной плиты, между которыми устроен промежуточный распределительный слой. Установлено влияние параметров свайного поля, жесткости надземного строения и стадийности приложения внешней нагрузки на параметры элементов рассматриваемой системы. Разработаны рекомендации по расчету и конструированию свайных фундаментов с промежуточным распределительным слоем;

5. Разработан новый метод расчета фундамента, базирующийся на равенстве сил и равенстве работ упругих деформаций фундаментной плиты,

промежуточного распределительного слоя, свай и грунта основания при их совместной работе под нагрузкой от здания;

6. Разработаны и запатентованы новые способы устройства свайных и свайно-плитных фундаментов зданий и сооружений, расположенных в сейсмических районах, а также на неравномерно сжимаемых основаниях. Способы разделяются на три группы в зависимости от конструктивных и технологических особенностей выполняемых фундаментов;

7. Предложена классификация методов расчета и конструирования фундаментов при многоэтажном и высотном строительстве в особых грунтовых условиях.

### **Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Обоснованность и достоверность научных результатов, выводов и рекомендаций базируется на теоретических исследованиях, апробированных на практике, основные положения которых опираются на классические законы механики грунтов, механики сплошной среды, теории упругости, пластичности и ползучести. Применимость расчетных моделей обоснована сопоставлением данных лабораторных и численных исследований, а также натуральных наблюдений осадок оснований зданий и сооружений с прогнозными расчетными значениями. Выводы, рекомендации и предлагаемые расчетные методики научно обоснованы и доведены до внедрения при возведении реальных объектов многоэтажных и высотных зданий.

### **Научная ценность работы**

Значимость результатов диссертационной работы для науки и практики заключается в том, что автором разработаны новые и усовершенствованы существующие методы расчета и конструирования фундаментов многоэтажных и высотных зданий для особо сложных грунтовых условий строительства. Сформулированы признаки их формирования, предложена классификация методов проектирования фундаментов и осуществлено их внедрение на строительных площадках Юга России. Конструктивные решения и способы устройства фундаментов обладают патентной новизной и защищены 22 патентами РФ на изобретения.

### **Теоретическая значимость**

- Предложен способ разделения осадки свай на упругую и пластическую составляющие в ходе испытаний вертикальной статической нагрузкой;

- Установлен скачкообразный характер изменения осадки буровой свай при действии постоянно возрастающей нагрузки, который объясняется чередованием упругих и неупругих деформаций основания свай;

- Разработан способ разделения осадки сваи на упругую и пластическую составляющие на ступенях ее осадки;

- Предложено использовать равенство сил и равенство работ упругих деформаций свай, фундаментной плиты, промежуточного распределительного слоя и грунта основания на этапе определения сопротивления каждого из этих элементов при передаче нагрузки от надземного сооружения;

- Обоснованы параметры взаимодействия свайного поля и фундаментной плиты, между которыми устраивается промежуточный распределительный слой заданной толщины, выполняемый из сыпучего материала.

### **Практическая значимость работы**

Разработанные автором методы расчета и конструирования фундаментов многоэтажных и высотных зданий нашли свое применение при возведении большого количества реальных строительных объектов в сложных инженерно-геологических условиях Юга России: на площадках с высокой расчетной сейсмичностью, риском развития оползневых процессов на склонах, строительных площадках со значительным перепадом отметок рельефа. Реализовано 50 проектов многоэтажных и высотных зданий, где соискатель выступал ведущим специалистом и автором технических решений фундаментов. Дальнейшее внедрение результатов исследований в практику строительства будет способствовать повышению эффективности надежности проектных решений фундаментов многоэтажных и высотных зданий. Подтверждением практической ценности являются справки о внедрении результатов исследований, приведенные в Приложении к диссертации. Полученные результаты исследований использованы также в учебном процессе Кубанского ГАУ. Материалы используются при чтении лекций на архитектурно-строительном факультете для студентов, обучающихся по специальности 08.05.01 – Строительство уникальных зданий и сооружений, а также направлениям подготовки 08.03.01 и 08.04.01 – Строительство в 2010-2023 гг.

### **Замечания по диссертации:**

1. Можно ли вместо введения новых поправочных коэффициентов, уточняющих несущую способность буровых свай, предложить корректировку существующих понижающих коэффициентов, сохранившихся в СП 24.13330 с ранних редакций этого нормативного документа?

2. Автор декларирует (с чем, безусловно, можно согласиться), что «испытываемая свая должна нагружаться так, как проектируемые сваи при строительстве сооружения» (с.110) и далее указывает, что «вдавливающая сила прикладывалась с постоянной скоростью 9 Н/мин.» (с.111). Действительно, такая скорость нагружения сваи похожа на увеличение нагрузки на сваю в процессе строительства здания (200 Тс будет приложено

на сваю примерно через 5 мес., в течение которых могут быть возведены несущие конструкции здания). Однако возможны ли столь длительные испытания свай – как в техническом, так и в практическом отношении? В тексте диссертации не обнаружены примеры применения предложенной автором методики испытания свай постоянно возрастающей нагрузкой для реальных условий их эксплуатации. Не ясно также, как в рамках предлагаемой методики учитывается процесс фильтрационной консолидации и ползучести в случае опирания острия сваи на водонасыщенные глинистые грунты?

3. В численных исследованиях (п 3.7.3.), включающих моделирование процесса испытаний свайного поля с ростверком различной жесткости и разным шагом свай, свайный фундамент не доведен до предельной нагрузки на сваи и поэтому график «нагрузка-осадка» не имеет характерного скачкообразного увеличения осадок. Все графики «нагрузка – осадка» представляют собой плавные кривые и могут отличаться от реальных графиков. Необходимо пояснить, не связано ли наличие плавных кривых на графиках с известной проблемой «запирания» решения задач предельного равновесия методом конечных элементов и как полученные данные могут повлиять на конечный результат?

4. Каким образом при определении влияния на осадку плиты таких параметров как: диаметр свай, шаг их расстановки, длина при едином объеме материала свай (с. 151), – учитывается изменение механических характеристик грунтов под пятой свай и в прорезаемом сваями напластовании грунтов? Возможно, для таких случаев следует ограничить область применения предлагаемого комбинированного фундамента для использования его только в случаях однородных по сжимаемости грунтов в пределах длины свай и под их нижними концами?

5. Каким образом учитывается и моделируется жесткость надземного сооружения при проведении численных исследований для оценки влияния пространственной жесткости и формы фундаментов на неравномерные осадки оснований зданий и сооружений? Характер взаимодействия сооружения и основания определяется не только и не столько взаимодействием его фундаментов с основанием, сколько жесткостью всей пространственной конструкции здания в целом, частью которой являются его фундаменты.

Указанные замечания не снижают ценности диссертации, которая выполнена на высоком научном уровне и имеет важное практическое значение.

