

ОТЗЫВ

официального оппонента

Травуша Владимира Ильича на диссертационную работу Купчиковой Натальи Викторовны на тему:

«Свайные фундаменты с уширениями и методология их расчёта», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения

1. Актуальность избранной темы.

Увеличивающиеся нагрузки на основания зданий и сооружений приводят к поиску новых конструкций свайных оснований в виде фундаментов из свай с различными уширениями. Однако анализ практики применения таких фундаментных конструкций показывает, что в существующих конструктивных решениях не в полной мере учитывается взаимосвязь конструкций таких свай, технологий их изготовления и фактических грунтовых условий. В существующих нормативных документах отражены лишь некоторые формы свай с уширениями. Поэтому рассматриваемая диссертационная работа, посвященная разработке научных основ формообразования свай с различными концевыми и поверхностными уширениями, их расчету с учетом технологии устройства является актуальной, практически значимой и имеет все признаки научной новизны.

2. Оценка содержания диссертации, её завершенность

Введение диссертации посвящено постановке проблемы и обоснованию ее актуальности. Подчеркивается, что работа направлена на устранение пробелов в проектировании свай с уширениями, особенно в условиях динамических воздействий. Указаны положения, выносимые на защиту, методы исследования, сформулирована научная новизна работы и степень ее достоверности, а также апробация и внедрение результатов работы.

Раздел 1 посвящен анализу состояния проблемы проектирования свайных фундаментов с уширениями.

Представлен глубокий анализ существующих типов свай с уширениями, расположенных на поверхности, на нижнем конце, на стволе, с несколькими уширениями и технологий их устройства: готовые, набивные, комбинированные. Показаны проблемы существующих классификаций и конструктивных решений свайных фундаментов, которые не учитывают: геометрические параметры уширений; способы формирования уширенной части; особенности работы уширений в различных грунтовых условиях; отсутствием единой терминологии; четкого деления между различными типами уширений и методами их формирования.

Проанализирована специфика работы свай в сложных грунтовых условиях.

Обзор литературы включает анализ отечественных и зарубежных исследований, а также критику существующих нормативных документов.

Раздел 2 посвящён формообразованию, новым конструктивно-технологическим решениям и опытным образцам свай с различными типами уширений.

Формообразование свай с уширениями по результатам раскопок и мониторинга показали, что реальные формы уширений часто не соответствуют расчётным моделям, а сами формы напрямую зависят от технологии устройства.

Разработаны и запатентованы новые решения для свай с уширениями:

1. Свая с поверхностными уширениями в виде сборных клиньев - увеличивает боковое давление и несущую способность.
2. Бурунабивная микросвая с концевым уширением из щебня повышает несущую способность в 4 - 6 раз, снижает осадку на 60%.
3. Термический обжиг грунта - создание стекловидного уширения за счёт высокотемпературного воздействия.
4. Уширение на конце винтовой сваи - инъекция расширяющегося цемента без нарушения структуры грунта.
5. Общее уширение для группы свай - формирование звездообразной полости под группой свай с последующим цементированием.
6. Свая-шпора с уширением - адаптивная конструкция для защиты береговых линий с изменяемой геометрией в зависимости от гидрологического режима.

Предложена расширенная классификация, учитывающая: тип уширения (готовое, набивное, комбинированное); расположение (концевое, поверхностное, на стволе, многоместное); технологию устройства; материал уширения (бетон, щебень, инъекционные растворы и др.). Для лабораторных и натуральных испытаний отобраны различные типы свай: одиночные призматические с концевыми и поверхностными уширениями; группы свай с ростверками и плитами; бурунабивные и трубобетонные сваи с уширениями из щебня и бетона.

Раздел 3 посвящён экспериментальному изучению напряжённо-деформированного состояния (НДС) свайных фундаментов с уширениями в лабораторных и натуральных условиях. Проведены комплексные исследования с применением современных методов диагностики, включая спектрально-временной анализ и статическую пенетрацию.

Исследованы различные технологические решения формирования уширений : разбуривание, вдавливание, термический обжиг и др.

Исследованы методы цементации, силикатизации и битумизации с различными добавками в твердеющие растворы для формирования концевых уширений. Установлено, что наивысшая прочность уширения (400 Н/см^2) достигается при цементации с добавками с $\text{В/Ц} = 1$. Использование пластификатора повышает прочность уширений на 20–25%. Область уплотнения грунта под сваей ограничена 2–3 диаметрами сваи.

Натурные испытания термического обжига показали, что с применением железо-алюминиевого термита для спекания глинистых

грунтов прочность образцов уширения достигла 640 - 750 Н/см². Осадка сваи с термическим уширением снижена в 7 раз по сравнению с обычной сваей.

Штамповые испытания уширений из щебня показали, что уплотнение щебнем мелкой фракции (5–20 мм) снижает осадку штампа в 8 - 10 раз, а зависимость осадки от площади и массы щебня носит линейный характер.

Работа свай с поверхностными уширениями показала следующую эффективность: устройство клиньев длиной 1/4 - 1/3 от длины сваи снижает осадку в 2 - 6 раз; наибольший эффект достигается при вдавливании клиньев; снижение осадки в 3 - 5 раз по сравнению с установкой в выемку; оптимальный угол наклона клиньев: 11 - 15°.

Подтверждена эффективность клиньев - осадка снижена в 6 раз, длина сваи уменьшена в 2 - 3 раза без потери несущей способности. Ступенчатые сваи демонстрируют увеличение несущей способности на 15 - 25% по сравнению с призматическими. Осадка в песке снижена в 2,5 - 3,5 раза, в суглинке - в 1,3 - 1,5 раза. Уплотнение грунта вокруг ступенчатых свай повышает модуль деформации с 10 - 15 до 35 - 40 МПа.

В работе свай с совместными уширениями комбинированное применение концевых и поверхностных уширений показало снижение осадки в 3 - 4 раза. Проведены испытания на одновременное вертикальное и горизонтальное нагружение.

Динамические испытания свай с уширениями в виде поверхностных оголовков в эксплуатируемом здании позволили исследовать влияния транспортной вибрации на свайные фундаменты и установлено, что вибрация приводит к трещинообразованию и снижению долговечности конструкций, при этом наибольшее влияние оказывают частоты 16–63 Гц.

Раздел 4 посвящён разработке и обоснованию методик расчёта напряжённо-деформированного состояния рассмотренных в разделе 3 одиночных свай с уширениями при статических нагрузках. Для расчётов используются программные комплексы MIDAS GTS NX, ABAQUS, FEMAP/NASTRAN и др.

Выявлены особенности уплотнения грунта в отдельных зонах по площадям свай, зоны предельного состояния грунта и определены несущие способности различных свай.

Расчетным путем определены осадки свай со сферическим и цилиндрическим концевыми уширениями и даны их сравнения с осадкой обычной сваи. Изучено влияние уплотнения грунта вокруг уширений из щебня. Сравнение с результатами раздела 3 показало хорошее совпадение и подтвердило, что сваи с уширениями обладают повышенной несущей способностью и меньшей осадкой по сравнению с обычными, а зоны уплотнения грунта вокруг уширений имеют сферическую или коническую форму. Предложены расчётные схемы и формулы для определения несущей способности и осадки свай с концевыми и поверхностными уширениями.

Горизонтальное нагружение свай с уширениями исследовано с использованием разработанных расчётных схем для коротких и длинных свай с учётом жёсткости основания и деформаций сдвига. Представлены

методы расчёта на основе: линейно-деформируемого основания с учётом сдвига; нелинейно-деформируемого основания и преобразований Фурье для финитных функций. Проведён сравнительный анализ перемещений для различных типов уширений.

Выполнено исследование при совместном действии вертикальных и горизонтальных нагрузок для четырёх типов свай с уширениями, проанализированы НДС, осадки и горизонтальные перемещения. Доказано, что сваи с уширениями, особенно варианты 3 и 4, демонстрируют значительно более высокую несущую способность и устойчивость к деформациям.

Раздел 5 диссертации затрагивает значимую и своевременную задачу - создание способа вычисления нагрузок одиночных свай с уширениями, при воздействии динамических сил, особенно землетрясений. Установлен перечень основных характеристик грунта, требуемых для динамического анализа, и представлены аргументы в пользу методов их определения, включая использование данных, полученных в полевых условиях. Сформулированы условия к исходным данным о сейсмике и параметрам, необходимым для моделирования комплексного взаимодействия «основание - фундамент на сваях с расширениями - здание».

Предложена и обоснована математически методика оценки поведения при сейсмическом влиянии, базирующаяся на свойствах Фурье финитных функций, специально разработанная для фундаментов из свай с увеличением поперечного сечения. Разработанный подход был использован для практической реализации - оценки смещений ростверка длинных свай под мостовыми опорами, что подтверждает его полезность в реальных ситуациях.

Представлены конкретные результаты расчетов в виде диаграмм деформаций, изгибающих моментов и усилий, рассчитанных с помощью современного программного обеспечения. Особого внимания заслуживает раздел, где представлено аналитическое решение задачи работы свай с поверхностными уширениями при воздействии излома вследствие разжижения – одного из наиболее опасных явлений во время землетрясений. Автор не только предлагает формулы для расчета, но и демонстрирует последствия разрушений на основе реальных примеров.

В заключительном подразделе применение теоремы взаимности для анализа колебаний, вызванных созданием уширений, свидетельствует о глубоком понимании автором физических принципов распространения волн в грунте. Ценность раздела заключается в создании уникальной методики построения конечно-элементных моделей, позволяющей проводить анализ несущей способности свай со сложным изменением параметров и расширениями различной формы. Все теоретические выкладки дополнены понятными примерами расчетов, графиками и иллюстрациями.

Раздел 6 посвящён разработке методики расчёта групп свай с уширениями на статические и динамические воздействия. На основе инженерной схематизации предложены расчётные модели для свай с поверхностными и концевыми уширениями, включая случаи их взаимного

пересечения и расположения на расстоянии. Показано, что с уменьшением шага свай возрастает доля нагрузки, воспринимаемая плитой ростверка. Развита методика Бартоломея для учёта уширений при расчёте осадки кустов свай. Выделены шесть активных зон уплотнения грунта вокруг свай с уширениями (против четырёх у обычных свай), что значительно улучшает прочностные характеристики основания. Численное моделирование подтвердило рост несущей способности и снижение осадки при использовании уширений, особенно в слабых грунтах. Для динамических воздействий разработаны модели поведения свайных групп при разжижении грунта, предложены методы оценки их устойчивости и деформаций с учётом сейсмических рисков.

Раздел 7 посвящён разработке и обоснованию методологии проектирования свайных фундаментов с уширениями. Проведено технико-экономическое сравнение вариантов, показавшее экономическую эффективность применения свай с уширениями (экономия до 51% для готовых свай и 11% для буронабивных). Предложены конкретные инженерные решения для различных типов уширений (поверхностных, концевых, многоместных) в зависимости от грунтовых условий и технологий устройства. Разработана шестиступенчатая методология проектирования, включающая сбор данных, выбор схем нагрузок, определение расположения и количества уширений, подбор материалов и технологий, формирование расчётных схем и оценку эффективности. Приведены примеры успешного внедрения результатов в практику проектирования, строительства и экспертизы.

В заключении приведены основные выводы по диссертационной работе и перспективы дальнейшей работы по развитию темы исследования. Заключение обобщает достижения диссертации. Экспериментально и численно доказана эффективность свай с уширениями: значительный рост несущей способности и снижение осадки. Разработаны новые физические и расчётные модели, методики анализа НДС, учтены особенности групповой работы свай. Создана классификация конструкций, получены патенты. Научная новизна работы заключается в разработке полной методологии проектирования таких фундаментов для слабых и структурно-неустойчивых грунтов. Перспективы работ связаны с адаптацией методик для арктической зоны и новых типов нагрузок.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационного исследования Н. В. Купчиковой обеспечивается комплексным подходом, сочетающим глубокий теоретический анализ, всестороннюю экспериментальную проверку и практическое внедрение.

Теоретическая обоснованность обеспечивается опорой на фундаментальные теории механики грунтов, упругости и пластичности, а

также на методы математического моделирования, включая свойства преобразований Фурье финитных функций.

Экспериментальная достоверность подтверждается:

- проведением цикла лабораторных испытаний моделей свай с уширениями с изучением НДС основания и эффективности физико-химических методов закрепления грунтов;
- выполнением натуральных экспериментов и инструментальных исследований с применением современного оборудования (статическая и динамическая пенетрация, сейсморазведка);
- верификацией численных моделей в программных комплексах (MIDAS GTS NX), показавших удовлетворительную сходимость с данными физических экспериментов.

Практическая обоснованность выводов и рекомендаций доказывается сравнением полученных результатов с апробированными методиками признанных специалистов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций диссертации является высокой и подтверждается взаимодополняющими результатами теоретических, лабораторных, натуральных и численных исследований, а также актами их успешного практического применения.

3. Достоверность и новизна, полученных результатов

Степень достоверности результатов исследования, основывается на:

- использовании фундаментальных положений теории фундаментостроения, теории упругости и строительной механики;
- выверенных конечно-элементных моделей и верифицированных расчётных программных комплексов;
- на последовательном логическом сравнительном анализе полученных результатов экспериментальных и аналитических исследований с результатами, апробированных методик Е. Н. Курбацкого, Н. З. Готман, А. Л. Готмана, А. И. Сапожникова и др., с использованием гипотез Винклера и Жемочкина;
- удовлетворительной сходимостью результатов аналитических решений с данными лабораторных и натуральных экспериментальных исследований.

Научная новизна заключается в построении научных основ теории конструирования и расчёта фундаментов из свай с концевыми и поверхностными уширениями, а именно:

- разработаны принципы конструирования и создания высокоэффективных технологий устройства фундаментов из свай с поверхностными и концевыми уширениями;
- развитие инженерных методов преобразования (уплотнением и закреплением) грунтов оснований для повышения несущей способности оснований зданий и сооружений и снижения их деформаций;

- выявлены особенности взаимодействия свай с концевыми и поверхностными уширениями с окологрунтовым основанием;
- построены физическая и расчетная модели силового сопротивления системы «грунт-свайный фундамент с уширениями» для проектирования при статических и динамических воздействиях;
- разработаны инженерные методы расчёта деформаций фундаментов из свай с поверхностными и концевыми уширениями на вертикальные и горизонтальные статические воздействия;
- уточнены методы оценки напряжённо-деформированного состояния свайных фундаментов с концевыми уширениями в упругопластической стадии при представлении условий контакта при статическом воздействии;
- разработаны методики расчёта свай с уширениями на статические и динамические, в том числе сейсмические воздействия, основанные на свойствах изображений Фурье финитных функций с кусочно-постоянными и переменными параметрами сложносочленённых конструкций;
- даны рекомендации по подбору расчётных схем концевых уширений в зависимости от конструктивного решения сваи, технологии её погружения и устройства уширения, а также грунтовых условий.

4. Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов состоит в:

- основных принципах конструирования свай с концевыми и поверхностными уширениями, позволяющими снизить расход материала, трудоёмкость, отказаться от использования тяжёлой техники, вызывающей сотрясаемость земной поверхности, повысить несущую способность и снизить осадку фундамента;
- экспериментально-теоретическом обосновании механизма взаимодействия фундаментов из свай с поверхностными и концевыми уширениями с грунтовым основанием;
- разработке методики расчёта осадки сваи с концевыми и поверхностными уширениями, определения характеристик основания при вертикальном и горизонтальном статическом воздействии;
- разработке методики расчёта свай с уширениями на статические и динамические, в том числе сейсмические воздействия, основанные на свойствах изображений Фурье финитных функций с кусочно-постоянными и переменными параметрами сложносочленённых конструкций и др.

5. Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, влияние отмеченных недостатков на качество исследования

Достоинства в содержании и оформлении диссертации:

Разработанные методики подкреплены численными примерами, графиками, таблицами и иллюстрациями, что облегчает их применение в

инженерной практике. Приведены сравнения с нормативными методами и зарубежными аналогами.

Стоит отметить качественное оформление диссертации: разделы содержат чёткие формулы, графики, схемы, таблицы и рисунки, которые улучшают восприятие материала и делают его наглядным. По итогам разделов сформулированы конкретные выводы и практические рекомендации, которые могут быть использованы при проектировании реальных объектов.

Диссертационное исследование отличает междисциплинарный характер. Работа сочетает методы механики грунтов, теории колебаний, сейсмологии, вычислительную инженерию, экономическую эффективность от внедрения конструкций свай с уширениями, что демонстрирует глубокую проработку темы.

Недостатки в содержании и оформлении диссертации, влияние отмеченных недостатков на качество исследования

1. В диссертации предложены новые виды свай с уширениями. Часть из них можно применять с существующими технологиями, а для других эту технологию необходимо совершенствовать.
2. На стр.194. приведены формулы для определения несущей способности свай с уширениями на вертикальную нагрузку, но нет сравнения с экспериментами.
3. На стр. 196 следовало разграничить два обозначения $C_{гр}$ и $C_{сдв}$.
4. На стр. 199 описаны результаты натурных экспериментов свай длиной 18м, а на компьютере для сравнения рассчитаны свай длиной 15м.
5. На стр. 210 Несущая способность свай F приведена в МПа.
6. На рис. 4.27 следовало показать нагрузку и опорные реакции.
7. В диссертации рассмотрено несколько задач по определению несущей способности свай с уширениями на действие только горизонтальной нагрузки, Следовало бы больше рассмотреть задач на совместное действие вертикальной и горизонтальной нагрузок. Например, рассмотренную опору моста.
8. На стр. 367 в выводе 2 предлагается исключить фундаментную плиту. Это во многих случаях нецелесообразно, т.к. не позволит сделать качественную гидроизоляцию, либо колонны здания из-за архитектурного решения не всегда попадут на сваи. Возможно уменьшить толщину фундаментной плиты.

Отмеченные замечания не снижают научный вклад в развитие теории конструирования и расчета фундаментов из свай с уширениями и практической значимости результатов представленной работы.

Автореферат полностью соответствует структуре и содержанию диссертации.

Диссертационное исследование Н. В. Купчиковой полностью отвечает требованиям пунктов 10, 11 и 14 Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции) «О порядке присуждения ученых степеней» (совместно с «Положением о присуждении ученых степеней») (с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 1 января 2025 года).

1. Заключение

Диссертационная работа Купчиковой Н. В. на тему «Свайные фундаменты с уширениями и методика их расчёта» является научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная проблема развития научных основ фундаментостроения из свай с концевыми и поверхностными уширениями, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие строительной отрасли страны. Диссертация написана автором самостоятельно и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку.

Содержание диссертации отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013г.) для диссертации, представленных на соискание ученой степени доктора технических наук, а её автор Купчикова Н. В. заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения.

Официальный оппонент:

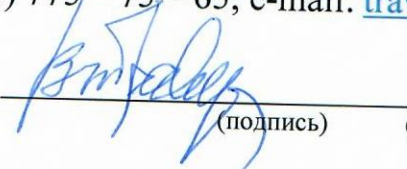
д-р, проф. Травуш Владимир Ильич, научная специальность 01.02.03 «Строительная механика»,

главный конструктор, зам. генерального директора АО «ГОРПРОЕКТ».

Адрес: 105064, Москва, Нижний Сусальный переулок, д.5, стр. 5А

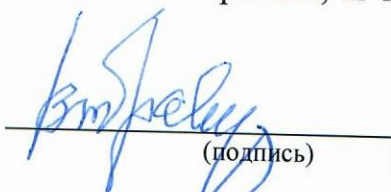
Телефон: +7 (495) 909 -39-39, +7 (495) 775 – 75 – 65, e-mail: travush@mail.ru

22 сентября 2025 г.


 (подпись) В. И. Травуш
 (инициалы, фамилия)

Я, Травуш Владимир Ильич, даю согласие на включение своих персональных данных, содержащихся в настоящем отзыве, в документы, связанные с защитой диссертации Купчиковой Натальи Викторовны, и их дальнейшую обработку.

22 сентября 2025 г.


 (подпись) В. И. Травуш
 (инициалы, фамилия)


 Подпись Травуш Владимира Ильича заверено:

Начальник отдела кадров и общественных
 Павлоградская О.В.



ОТЗЫВ

официального оппонента члена корреспондента РААСН, доктора технических наук, профессора **Мангушева Рашида Абдулловича** на диссертацию **Купчиковой Натальи Викторовны** на тему «Свайные фундаменты с уширениями и методология их расчёта», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения

Актуальность темы:

Свайные фундаменты являются одним из распространенных типов фундаментов при строительстве. В отечественной и зарубежной практике строительства широко применялись сваи предварительно изготовленного, набивного и комбинированного типа, в том числе с уширениями. При этом для последних отсутствуют научно обоснованные методики расчёта, что делает представленную Купчиковой Н.В. диссертационную работу особенно значимой. Автор убедительно обосновывает необходимость исследования свайных фундаментов с уширениями, подчеркивая их важность для строительства на слабых и структурно-неустойчивых грунтах, особенно просадочных, водонасыщенных и сейсмически активных.

Практика их применения, показала, что отсутствуют единые обоснованные положения конструирования и расчета, увязанные с технологией устройства и грунтовым основанием, не отработаны составы для цементации и инъецирования, что не позволяло получать проектную форму уширения, оптимальную для взаимодействия с грунтом. Это приводило к завышению несущей способности, перерасходу материалов и снижению надёжности фундаментов и сдерживало широкое внедрение свайных фундаментов с уширениями.

Таким образом, актуальность темы несомненна и определяется необходимостью разработки научных основ и принципов проектирования эффективных конструкций свай с концевыми и поверхностными уширениями при статических и динамических воздействиях.

Структура и содержание работы. Диссертация состоит из введения, 7 разделов, заключения, списка литературы, а также двух приложений. Работа изложена на 443 страницах компьютерного набора, включая 51 таблицу, 303 рисунка, 289 формул. Список литературы состоит из 368 наименований.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы диссертации, дан подробный критический анализ степени разработанности темы исследования, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, представлены основные положения, выносимые на защиту, сформулирована научная новизна результатов исследования, их теоретическая и практическая значимость.

Первая глава диссертации представляет собой глубокий и систематизированный анализ, посвящённый проблемам проектирования свайных фундаментов с уширениями.

Проведён всесторонний обзор отечественного и зарубежного опыта, включая исторические и современные технологии. Подробно рассмотрены различные типы свай с уширениями (концевые, поверхностные, на стволе), их конструктивные особенности и области применения.

Анализ научных отечественных и зарубежных публикаций показал, что на данный момент слабо изучена работа как одиночных, так и групп свай с уширениями разного расположения на стволе (вверху, под нижним концом сваи, по высоте ствола), практически отсутствуют исследования напряжённо-деформированного состояния работы системы «основание-свайный фундамент с уширениями» в результате динамических воздействий, так же не рассматривались при сейсмическом разжижении грунтов и изломах длинных свай в местах сейсморазломов.

Следовательно, исследование работы одиночных и групп свай с уширениями с целью определения рационального формообразования уширения, разработка методов расчета их несущей способности при статических и динамических воздействиях, особенно при строительстве на макропористых суглинках и глинах является *актуальной* проблемой.

На основании представленного анализа сформулированы цель и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе диссертации на основе анализа проведенных натурных обследований конструкций свай с уширениями и с использованием фундаментальных положений теории строительных конструкций, представленных в работах отечественных ученых, разработаны пять принципов формообразования свайных фундаментов с уширениями, учитывающие технологию их устройства в конкретных грунтовых условиях. Приведены новые разработанные конструктивно-технологические решения фундаментов с уширениями, которые были запатентованы автором, многие из которых, позволяют существенно повысить несущую способность оснований, снизить материалоемкость и решить проблемы нового строительства в стесненных условиях.

Практическую ценность имеет предложенная автором детальная классификация свай с уширениями, которая систематизирует разрозненные знания в данной области. Автор продемонстрировал умение не только проводить системный анализ, но и разрабатывать новые инновационные технологические решения одиночных и групп свай с уширениями.

В третьей главе диссертации дается подробная методика проведения многолетних экспериментальных исследований свайных фундаментов с

уширениями, их обобщение и анализ результатов. Представленные экспериментальные данные исследований свай с различными типами концевых, поверхностных и комбинированных уширений, их влияния на несущую способность и деформационные характеристики отличаются научной ценностью и практической значимостью. Представляет ценность совместный анализ результатов лабораторных и натурных испытаний, что подтверждает достоверность выводов.

В главе подробно описаны примененные в экспериментах новые методы формирования уширений, такие как: физико-химическое инъецирование с добавками; термический обжиг с использованием железоалюминиевого термита; механическое втрамбовывание щебня, применение сборных клиньев и ступенчатых сборных уширений. Каждый из них сопровождается расчётами, графиками и таблицами, что делает материал наглядным и убедительным. Результаты исследований имеют высокую научную и практическую ценность.

Автор предлагает и обосновывает возможность использования методик спектрально-временного анализа и статической пенетрации для оценки параметров взаимодействия свай с грунтовым основанием при динамических и статических нагрузках, в частности, характеристик зон уплотнения грунта вокруг свай.

Выявлены зависимости осадки и несущей способности свай с уширениями от технологии их устройства, а так же преимущества свай с уширениями, выполненных под давлением по сравнению с уширениями, устроенными в заранее подготовленные выемки. Обоснованы рекомендации по геометрическим параметрам устройства уширений.

В четвёртой главе дается развитие методики расчёта свай с поверхностными и (или) концевыми уширениями с учетом технологии их устройства на статические вертикальные, горизонтальные нагрузки и усилий в теле конструкции.

На основании экспериментальных данных для построения расчётных схем усилий при статических и динамических воздействиях обоснованы и применены известные классические гипотезы геотехники и сформулированы специфические предпосылки.

Разработана аналитическая методика определения осадки и вертикальной жёсткости сваи с концевым уширением в упругой и упругопластической стадиях работы грунта.

Разработан метод деформационного расчета коротких и длинных свай с концевыми и (или) поверхностными уширениями в линейно-деформируемом основании с учетом сдвига на горизонтальное воздействие, в которой сваи с уширениями моделируются как многопролетные стержни, опирающиеся на упругие опоры, в конечном числе точек.

Разработана методика расчёта внутренних силовых факторов, углов поворота и смещения свай с уширениями на горизонтальную статическую нагрузку, основанная на свойствах изображения Фурье финитных функций для получения зависимостей между силовыми и кинематическими параметрами конечных элементов свай с уширениями, позволяющая рассматривать напряжённо-деформированное состояние свай в упругой среде с кусочно-постоянными параметрами.

В пятой главе диссертации разработана методика расчета одиночных свай с поверхностными и концевыми уширениями при сейсмических воздействиях.

Предложена и математически обоснована методика оценки сейсмического воздействия, основанная на свойствах теории Фурье применительно для фундаментов из свай с уширениями. Данный подход позволяет эффективно перейти от решения динамической задачи к решению аналогичной статической, что существенно упрощает вычислительный процесс.

Для верификации аналитических моделей автор применяет современные программные комплексы (ABAQUS, MIDAS GTS NX),. Особого внимания заслуживает комплексный подход к оценке влияния геометрии уширений и свойств грунта на несущую способность и деформативность конструкций. Такой подход отличается высокой практической значимостью, а полученные зависимости и методики могут быть использованы в проектной практике.

В шестой главе рассматривается работа групп свай с уширениями на статические и динамические воздействия и демонстрируется системный подход, сочетающий аналитические методы, численное моделирование и инженерные рекомендации. Автором последовательно и обоснованно решён ряд крупных научных задач:

- разработаны и систематизированы инженерные расчётные схемы для четырёх принципиальных групп свай с поверхностными и концевыми уширениями;

- предложена методика расчёта осадок групп свай с уширениями, являющаяся развитием подхода Бартоломея А. А., учитывающая передачу нагрузки через боковую поверхность и через плоскости уширений, геометрию и параметры уширений, что повышает точность прогнозирования деформаций;

- проведён всесторонний численный анализ НДС с использованием современных программных комплексов (Midas GTS NX, PLAXIS, STARK ES). Исследовано влияние шага свай, наличия слабого подстилающего слоя, размеров уширений на несущую способность и осадку, а также выявлены закономерности перераспределения нагрузок между сваями в кусте;

- впервые, подробно исследовано поведение групп свай с уширениями при динамических воздействиях. Автором выявлены критические механизмы разрушения (изгиб, потеря устойчивости), предложены аналитические модели

для их описания (идеализация пружинами, модель Такеда) и доказана значительно БОльшая эффективность свай с уширениями по сравнению с обычными в сейсмических условиях.

Выводы главы аргументированы и подкреплены результатами сравнительного анализа данных, полученных аналитическими, численными методами и, что особенно ценно, данными натурных и модельных экспериментов, изложенных в предыдущих главах.

В седьмой главе представлена методология проектирования свайных фундаментов с поверхностными и концевыми уширениями.

Достоинством этой части диссертации является разработка принципов и конкретных предложений для реального проектирования и строительства. Разработанная автором шестиэтапная методология, от сбора данных до выбора метода расчета, является конкретным предложением для действий проектировщиков.

Экономическая обоснованность в приведенном ТЭО наглядно демонстрирует существенную экономическую эффективность (до 51%) применения свай с уширениями по сравнению с традиционными решениями и является серьезным аргументом для их более широкого внедрения. Доказанная эффективность многочисленных примеров успешного внедрения методик в реальные проекты, что подтверждают их надежность и практическую ценность.

Глава 7 обобщает полученные теоретические и практические разработки автора и создает универсальный, систематизированный подход к проектированию. Разработанная методология позволяет оптимизировать конструкции свайных фундаментов с уширениями, значительно снизить их материалоемкость, стоимость и повышая надежность сооружений.

Степень достоверности и обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Разработанные теоретические положения диссертации обоснованы результатами выполненных автором экспериментальных лабораторных и натурных исследований одиночных и групп свай с различными типами поверхностных, концевых и комбинированных уширений.

Развитие теории расчёта фундаментов из свай с уширениями базируется на фундаментальных положениях механики грунтов, теории упругости и пластичности, методах математического моделирования, включая преобразования Фурье для анализа динамических систем.

Проведена верификация теоретических положений, представленных в работе, с использованием численного моделирования в среде современных программных комплексов (MIDAS GTS NX, MATLAB), что позволило провести анализ НДС системы «грунт–свая–ростверк», оценку сейсмической устойчивости и работы фундаментов в условиях разжижения грунтов. Расхождение между

расчётными и экспериментальными данными не превышает 2–10%, что свидетельствует о высокой точности моделей.

Все положения диссертации являются научно обоснованными, подтверждёнными экспериментально, численно и практически, что позволяет рекомендовать их к использованию в проектной и строительной практике.

Степень достоверности результатов исследования, основывается на:

- использовании обоснованных фундаментальных положений теории фундаментастроения и теории формообразования строительных конструкций;
- выверенных конечно-элементных моделей и верифицированных расчётных программных комплексов;
- на сравнительном анализе полученных результатов экспериментальных и аналитических исследований с результатами, предыдущих исследователей с использованием гипотез Винклера и Жемочкина;
- удовлетворительной сходимости результатов аналитических решений с данными лабораторных и натурных экспериментальных исследований.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Научная новизна заключается в построении научных основ теории конструирования и расчёта фундаментов из свай с концевыми и поверхностными уширениями, в частности:

- разработанных принципов конструирования и создания высокоэффективных технологий устройства фундаментов из свай с поверхностными и концевыми уширениями;
- инженерных методов преобразования (уплотнением и закреплением) грунтов оснований для повышения несущей способности оснований зданий и сооружений и снижения их деформаций;
- особенностей взаимодействия свай с концевыми и поверхностными уширениями с окологрунтовым основанием;
- построенных физических и расчетных моделей силового сопротивления системы «грунт-свайный фундамент с уширениями» для проектирования при статических и динамических воздействиях;
- разработанных инженерных методах расчёта деформаций фундаментов из свай с поверхностными и концевыми уширениями на вертикальные и горизонтальные статические воздействия;
- усовершенствованных методах оценки напряжённо-деформированного состояния свайных фундаментов с концевыми уширениями в упругопластической стадии при статическом воздействии;
- разработанных методиках расчёта свай с уширениями на статические и динамические, в том числе сейсмические воздействия, основанные на свойствах

изображений Фурье с кусочно-постоянными и переменными параметрами сложно сочленённых конструкций;

- предложенных рекомендациях по подбору расчётных схем концевых уширений в зависимости от конструктивного решения сваи, технологии её погружения и устройства уширения, а также грунтовых условий.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов состоит в том, что разработаны:

- основные принципы конструирования свай с концевыми и поверхностными уширениями с учётом технологии их устройства и характеристик грунтового основания, позволяющими снизить расход материала, трудоёмкость, повысить несущую способность и снизить осадку фундамента;

- экспериментально-теоретическое обоснование механизма взаимодействия фундаментов из свай с поверхностными и концевыми уширениями с грунтовым основанием;

- методики расчёта осадки сваи с концевыми и поверхностными уширениями при вертикальном и горизонтальном статическом воздействии;

- методики расчёта свай с уширениями на статические и динамические, в том числе сейсмические воздействия, основанные на свойствах изображений Фурье с кусочно-постоянными и переменными параметрами сложно сочленённых конструкций.

Оценка содержания диссертации, её завершенность

Изучение диссертации и опубликованных работ по теме диссертации дает основания считать, что она написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством и завершенностью. Содержащиеся в диссертации научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, являются новыми и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку. Предложенные автором диссертации решения аргументированы и критически оценены по сравнению с другими известными решениями. Полученные автором диссертации научные результаты были реализованы в практическом проектировании и подтверждены патентами на новые конструкции и технологии устройства свай с уширениями.

Несомненным достоинством диссертации является комплексный подход к решению задач конструирования и проектирования свайных фундаментов с концевыми и (или) поверхностными уширениями в увязке с технологией строительных процессов по погружению конструкций фундаментов, их изготовлению на стройплощадке и устройству уширений, что обеспечивает повышение надежности, экономической эффективности и технологичности возведения фундаментов в сложных грунтовых условиях.

Работа прошла широкую апробацию на международных и всероссийских конференциях и симпозиумах, разработки получили внедрение в проектирование

и строительство ответственных объектов в различных регионах РФ при проектировании и строительстве зданий и сооружений, а также в учебный процесс ВУЗов. Результаты работы были удостоены высокой оценки научного сообщества, в частности отмечены серебряной медалью РААСН и отмечены в других профессиональных конкурсах.

Работа является завершённой, носит инновационный характер и может служить основой для разработки новых нормативных документов и учебных пособий. Материалы представленной работы полностью соответствуют критериям докторской диссертации и заслуживают высокой оценки.

Вместе с тем, по диссертационной работе имеется ряд замечаний и отмеченных неточностей, которые требуют пояснений:

По тексту диссертации:

1. Раздел 1.3 «Пространственный анализ системы «здание - свайный фундамент с уширениями - основание» является любопытным, но слабо относится к теме диссертации.

2. В главе 3 приведены многочисленные лотковые и полунатурные измерения. Однако не сделан анализ и учет масштабного эффекта. Вместе с тем, методика масштабирования лотковых испытаний, в т.ч. для свайных фундаментов, изложена в работах Ф.К. Лапшина, на которого нет ссылки и в списке литературы

3. Название Рисунок 3.10 - Зависимость перемещения грунта от вертикальной нагрузки в уровне 1-й горизонтальной изолинии. Реально, на самом рисунке приведена зависимость $\sigma_{сж}$ от водоцементного отношения. На рис. 3.11 и 3.12 отсутствует экспликация представленных линий 1-4.

4. Запатентованная автором технология образования уширения нижнего конца сваи способом термического глубинного обжига и представленная в разделе 3.2.2 диссертации весьма проблематична для практического использования из-за высокой стоимости и энергоёмкости. Очевидно, ареалом ее использования могут быть только маловлажные просадочные грунты при технико-экономическом обосновании применения таких свай.

5. При анализе выбора технологий и конструкций свай с уширением, в частности рис. 7.2 – 7.4 и других в тексте диссертации, автором нигде не учитывается такой важный фактор как уровень подземных вод (УПВ), который серьезно влияет как на определение несущей способности и осадки свай и свайных фундаментов, так и на процесс их изготовления.

6. Вызывает сомнение схема построения изогнутой оси сваи с уширением, особенно короткой сваи - при высокой жесткости ствола и податливости грунта. Это скорее будет поворот в грунтовом массиве всей сваи. При этом, по всей видимости, следует учитывать пассивный отпор грунта в верхней части поверхностного уширения свай.

По тексту автореферата:

1. Формула 1 автореферата. Расчет осадки учитывает жесткость грунта, но как это увязано с деформационными характеристиками слоистого напластования?

2. Рис. 12 автореферата. Как определялась величина уплотненной зоны и как учитывались деформации основания под этой зоной? По всей видимости характеристики грунта в зоне уплотнения будут разные? как это учитывается в предложенной методике?

3. Рис. 15 автореферата. Непонятно, откуда у свай 1-3 появляется отрицательное значение смещений при действии горизонтальной силы.

4. Формула 14 автореферата. При расчете осадки куста свай с уширением, непонятно, что принято в качестве величины W_0 ?

Отмеченные недостатки и замечания не снижают общей положительной оценки проведенного исследования, выполненного на высоком научно-техническом и методическом уровне, не уменьшают значимости полученных в диссертации теоретических и практических результатов и не отрицают научный вклад в развитие теории конструирования и расчета фундаментов из свай с уширениями.

Соответствие диссертации и автореферата обязательным требованиям

Текст диссертации и автореферат полностью соответствуют установленным нормам ГОСТ Р 7.0.11-2011 в части структуры и содержания. Структура самой диссертации также полностью отвечает требованиям стандарта, автореферат включает все обязательные разделы

Основная часть диссертации логично структурирована, разделы взаимосвязаны и последовательно раскрывают тему. В заключении подведены обобщённые итоги, сформулированы выводы. Список литературы оформлен в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100-2018. Диссертационная работа отличается ясной структурой, снабжена достаточным количеством таблиц, иллюстраций и схем, способствующих лучшему восприятию материала. Текст написан грамотным техническим языком с использованием корректной научной терминологии. Методологическая база исследования раскрыта полно, выводы четко сформулированы. Все заимствования снабжены соответствующими ссылками на авторов и источники.

Автореферат полностью соответствует основному содержанию диссертационной работы. В нём последовательно и структурированно изложены все ключевые элементы исследования: актуальность, цель, задачи, научная новизна, методология, положения на защиту, результаты теоретических и экспериментальных исследований, выводы и практические рекомендации. Содержание автореферата адекватно отражает глубину проработки проблемы, логику диссертации и полноту полученных научных результатов. Все заявленные

в диссертации разделы нашли своё отражение в автореферате в сжатой, но информативной форме.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положение о присуждении ученых степеней» по пунктам 10, 11 и 14

По п. 10: диссертационная работа написана самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. В диссертации приводятся сведения о возможности практического использования научных результатов и выводов.

По п. 11: основные работы опубликованы в 94 научных работах, из них: 38 статей, опубликованы в рецензируемых журналах ВАК, 4 патента и 6 статей в базах Scopus и Web of Science.

По п. 14: в диссертации соискатель ссылается на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов. В работе имеются ссылки на заимствованные материалы, в списке литературы приведены основные работы по теме диссертации, в том числе опубликованные автором.

Диссертация Натальи Викторовны соответствует требованиям, установленным в п. 10, 11 и 14 Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 16.10.2024г.) «О порядке присуждения ученых степеней» (вместе с «Положением о присуждении ученых степеней») (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025г.).

Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие строительной отрасли страны, что соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Купчиковой Натальи Викторовны соответствует паспорту специальности научных работников 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения (п. 5. Разработка новых методов расчета, проектирования и испытаний высокоэффективных конструкций, способов и технологий устройства оснований и фундаментов в особых инженерно-геологических условиях: на слабых, насыпных, просадочных, засоленных, набухающих, закарстованных, вечномёрзлых, пучинистых и других грунтах, п. 6. Разработка новых методов расчёта, конструирования и устройства оснований, фундаментов и подземных сооружений при действии динамических и сейсмических нагрузок и технической отрасли науки.

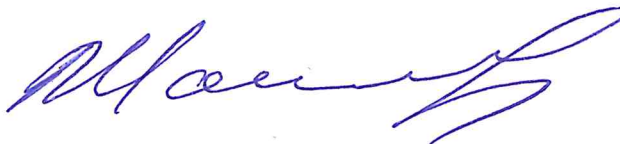
Представленная работа является научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная проблема создания методологии конструирования и расчёта эффективных фундаментов из свай с концевыми и

поверхностными уширениями для слабых грунтов, имеющая важное значение для обеспечения безопасности зданий и сооружений.

Соискатель Купчикова Наталья Викторовна заслуживает присвоения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения (технические науки).

Официальный оппонент,
Мангушев Рашид Абдуллович,
доктор технических наук по специальности 2.1.2 (05.23.02)
«Основания и фундаменты, подземные сооружения»,
Заслуженный деятель науки РФ, профессор, член-корреспондент РААСН.
190005, 2-я Красноармейская ул., д. 4,
Санкт-Петербург, Россия.
Телефон: +7 (812) 316-03-41. E-mail: geotechnica@spbgasu.ru.
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет»,
кафедра геотехники, профессор.

10.09.2025 г.



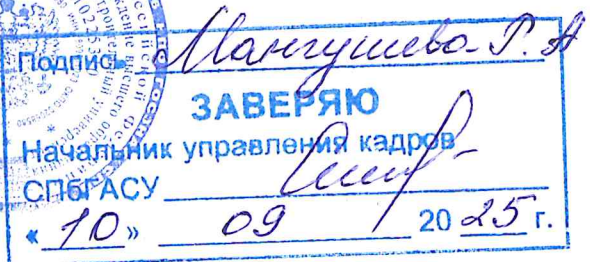
Мангушев Р.А.

Я Мангушев Рашид Абдуллович, даю согласие на включение своих персональных данных, содержащихся в настоящем отзыве, в документы, связанные с защитой диссертации Купчиковой Натальи Викторовны, и их дальнейшую обработку.

10.09.2025 г.



Мангушев Р.А.



ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, заместителя директора по научной работе НИИОСП им. Н.М. Герсеванова АО «НИЦ» Строительство, Шулятьева Олега Александровича на диссертационную работу Купчиковой Натальи Викторовны на тему «Свайные фундаменты с уширениями и методология их расчёта», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.2. – Основания и фундаменты, подземные сооружения.

Актуальность избранной темы диссертационного исследования обусловлена современными тенденциями в строительстве, связанными с увеличением нагрузок на фундаменты и освоением территорий со сложными грунтовыми условиями. Возведение объектов на слабых, структурно-неустойчивых, водонасыщенных и сейсмически активных грунтах требует применения высокоэффективных фундаментных систем. Одним из направлений повышения эффективности строительства на слабых грунтовых основаниях и больших нагрузках является устройство фундаментов с использованием свай с поверхностными и (или) концевыми уширениями. Это требует разработки эффективных конструктивных решений, учитывающих грунтовые основания и технологию возведения, и методику расчета на комплекс статических и динамических воздействий. Однако своды правил ограничены лишь двумя типами свай – буронабивными с уширенной пятой и с наклонными боковыми гранями. В национальных стандартах НОСТРОЯ, и в ЕВРОКОДАХ сваи с уширениями вообще не рассматриваются.

В связи с этим разработана научно обоснованная методология проектирования свай с поверхностными и концевыми уширениями, особенно при динамических и сейсмических воздействиях, является актуальной научной и практической задачей, направленной на повышение эффективности и безопасности строительства.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Базой научно-теоретических исследований в данной работе являются результаты многочисленных лабораторных и натурных экспериментов по взаимодействию свай как одиночных, так и в группе с концевыми и поверхностными уширениями с грунтовым основанием.

Основные принципы конструирования и технологий устройства фундаментов из свай с уширениями разработаны на основе концепций теории формообразования строительных конструкций и учитывают специфику конструктивных решений с учётом материала, технологий и грунтового основания.

Анализ и выводы по взаимодействию свай с концевыми и поверхностными уширениями и фундаментов из них с грунтом основаны на фундаментальных научных положениях: теории механики грунтов, теории

упругости и пластичности, теории колебаний и волновых процессов, а также на классические гипотезы и критерии прочности (Винклера, Жемочкина, Кулона-Мора, Мизеса-Боткина);

Для построения расчётных моделей на статические и динамические воздействия были применены классические гипотезы теории механики грунтов, например, Фусса – Винклера, упругопластической теории расчёта свай Шапиро Д. М. и др. и специфические предпосылки, обоснованные экспериментом.

Сравнительный анализ результатов предлагаемых аналитических методов расчета с результатами численного моделирования в верифицированных программных комплексах и с результатами лабораторных и натурных экспериментов показал удовлетворительную сходимость результатов и доказал обоснованность и достоверность принятых научных положений, выводов и рекомендаций.

Апробация и внедрение. Основные научные положения и практические результаты работы были представлены и получили положительную оценку на более чем 40 международных и национальных конференциях. Практическая ценность и обоснованность рекомендаций подтверждена их успешным внедрением в проектную и экспертную практику строительных объектов, а также в учебный процесс ведущих транспортных и строительных вузов страны.

Таким образом, научные положения, выводы и рекомендации диссертации являются научно обоснованными и достоверными, что подтверждается их теоретической глубиной, комплексной экспериментальной проверкой и успешным практическим применением.

Достоверность и новизна, полученных результатов

Научная новизна работы сформулирована конкретно и включает в себя как развитие теоретических основ в виде построения физических и расчетных моделей, так и создание практических методик расчета, в том числе с применением современных математических аппаратов, например, основанных на свойствах преобразований Фурье.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций основывается на:

- использовании обоснованных фундаментальных положений теории фундаментостроения и теории формообразования строительных конструкций;

- выверенных конечно-элементных моделях и верифицированных расчётных программных комплексах;

- на последовательном логическом сравнительном анализе полученных результатов экспериментальных и аналитических исследований с результатами расчётов с использованием апробированных методик;

- удовлетворительной сходимостью результатов аналитических решений с данными лабораторных и натурных экспериментальных исследований.

Высокая степень достоверности результатов подтверждается использованием верифицированных численных моделей и апробацией на многочисленных конференциях. Широкое внедрение результатов работы в реальные проекты и учебный процесс свидетельствует о высокой практической ценности исследования.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов заключается в:

- основных принципах конструирования свай с концевыми и поверхностными уширениями, позволяющими снизить расход материала, трудоёмкость, отказаться от использования тяжёлой техники, вызывающей сотрясаемость земной поверхности, повысить несущую способность и снизить осадку фундамента;

- экспериментально-теоретическом обосновании механизма взаимодействия фундаментов из свай с поверхностными и концевыми уширениями с грунтовым основанием;

- методиках расчёта осадки свай с концевыми и поверхностными уширениями, определения характеристик основания при вертикальном и горизонтальном статическом воздействии;

- разработанной методике расчёта свай с уширениями на статические и динамические, в том числе сейсмические воздействия, основанные на свойствах изображений Фурье финитных функций с кусочно-постоянными и переменными параметрами сложносочленённых конструкций;

- методологии проектирования фундаментов из свай с концевыми и поверхностными уширениями.

Оценка содержания диссертации, её завершенность

Диссертационная работа Купчиковой Н. В. состоит из введения, семи разделов, заключения, списка литературы из 368 источников и двух приложений. Объём работы составляет 443 страницы машинописного текста, включая 51 таблицу и 303 рисунка.

Введение к диссертационной работе является качественно проработанным и логически выстроенным разделом, который полноценно обосновывает актуальность, научную новизну и практическую значимость проводимого исследования. Автор убедительно демонстрирует существующий разрыв между широкой практикой применения свай с уширениями и отсутствием научно обоснованной, комплексной методологии их проектирования, особенно в условиях слабых, структурно-неустойчивых грунтов и динамических воздействий. Обоснованно сформулированы объект, предмет, цель и задачи исследования, которые полностью соответствуют заявленной теме.

Раздел 1 диссертации представляет собой масштабный, систематизированный и глубокий аналитический обзор состояния проблемы. Автор рассматривает и анализирует современное решение конструктивно-технологическое решение свайных, свайно-плитных и коробчатых фундаментов, известные подходы и положения теории расчёта. Анализ научной и современной нормативной базы обосновывает отсутствие конструктивных требований к созданию эффективных форм уширений, учитывающие технологии их создания в конкретных грунтовых условиях, а также методов расчета фундаментов из свай с поверхностными и (или) поверхностными уширениями.

Автор не ограничивается статическими воздействиями, но и охватывает сложные вопросы динамики и сейсмостойкости, включая проблему разжижения грунтов и излома свай. Выводы по первому разделу точно констатируют выявленные пробелы в знаниях и нормативной базе, что четко определяет поле для исследования и формулирует цель и задачи исследования.

Раздел 2 представляет собой развитие основных положений теории формообразования строительных конструкций применительно к фундаментам из свай с уширениями. На основе анализа классических работ отечественных учёных автор формулирует собственные пять принципов формообразования свай с уширениями, адаптированные для структурно-неустойчивых грунтов. Предложенный системный подход (рис. 2.15) является ценным методическим инструментом для проектировщиков, так как увязывает выбор материала, технологии устройства и расположение уширения с конкретными грунтовыми условиями.

Предлагаемые автором принципы формообразования фундаментов из свай с уширениями легли в основу инновационных конструктивно-технологических решений: свая со сборными клиньями, термическое уширение, общее уширение для группы свай, свая-шпора и др. Каждое решение аргументировано, раскрыты его преимущества и области эффективного применения, что свидетельствует о высокой практической значимости проведенных исследований.

Важным для практики результатом является предложенная автором расширенная классификация свай с различными типами уширений (рис. 2.22), которая заполняет существующий пробел в нормативной и научной литературе и отражает все многообразие современных конструктивных и технологических решений.

Раздел 3 диссертации представляет собой масштабные экспериментальные исследования работы одиночных свай с концевыми и поверхностными уширениями и группы свай с этими уширениями в грунте, которые охватывают широкий спектр технологий формирования уширений: физико-химические методы цементации, силикатизации, битумизации; термический обжиг; механическое уплотнение щебнем в забое, а также использование сборных клиньев и ступенчатых конструкций. Применены

современные методы диагностики, такие как спектрально-временной анализ и статическая пенетрация, что повышает достоверность результатов.

Научная и практическая значимость результатов, полученных в третьем разделе заключается:

- в подтвержденном преимуществе применения свай с уширениями в структурно неустойчивых грунтах, а именно: снижении осадки в 3 - 7 раз, увеличении несущей способности до 60%, уплотнении грунта в околосвайном пространстве;

- выявлено шесть активных зон уплотнения для свай с уширениями, что отличает их от традиционных призматических свай;

- установлена зависимость развитие зон уплотнения грунта от технологии устройства фундамента.

Основные результаты раздела являются обширной базой для развития научных основ фундаментостроения применительно к сваям с уширениями.

Раздел 4 диссертации представляет собой обоснованное развитие теории расчета фундаментов из свай с поверхностными и концевыми уширениями под статическими и динамическими воздействиями.

Используя классические известные положения теории расчёта и специфические особенности работы свай с уширениями в зависимости от технологии изготовления, автором предложены расчётные схемы для различных типов уширений (сферических, цилиндрических, клиновидных и ступенчатых), что расширяет инструментарий для инженеров-проектировщиков. Разработаны методики расчёта свай с уширениями, учитывающие как вертикальные, так и горизонтальные нагрузки.

Стоит отметить широкое использование в разделе современных методов анализа, основанных на применении метода конечных элементов в программных комплексах (MIDAS GTS NX, ABAQUS, FEMAP NE/NASTRAN) для моделирования сложных геотехнических задач. Проведена верификация результатов численного моделирования с экспериментальными данными, подтверждающая достоверность предложенных методов.

Разработка дискретного метода для решения пространственных и контактных задач позволяет более точно учитывать взаимодействие свай с грунтом. Использование преобразований Фурье для анализа финитных функций открывает новые возможности для расчёта динамических нагрузок.

Раздел 5 диссертационной работы посвящен критически важной и актуальной проблеме – разработке методики расчета одиночных свай с уширениями при динамических, прежде всего сейсмических, воздействиях.

Определен перечень ключевых свойств грунтов, необходимых для динамического расчета, и обоснованы подходы к их определению, включая использование данных полевых испытаний. Сформулированы требования к исходным сейсмическим данным и параметрам для моделирования сложной системы «основание – свайный фундамент с уширениями – сооружение».

Предложена и математически обоснована методика оценки работы при сейсмическом воздействии, основанная на свойствах изображений Фурье

финитных функций именно для фундаментов из свай с уширениями. Данный подход позволяет эффективно перейти от решения динамической задачи к решению аналогичной статической, что существенно упрощает вычислительный процесс.

Разработанная методика применена для практического случая оценки колебаний ростверка длинных свай под опоры мостов, что демонстрирует ее высокую практическую значимость. Приведены конкретные результаты расчетов в виде эпюры деформаций, моментов и усилий, полученные с использованием современного программного обеспечения.

Особого внимания заслуживает подраздел 5.5, в котором дано аналитическое решение работы свай с поверхностными уширениями на излом при разжижении грунтов – одном из самых опасных сейсмических эффектов. Автор не только предлагает расчетный аппарат, но и наглядно иллюстрирует последствия разрушений на реальных примерах.

В завершающем подразделе 5.6 применение теоремы взаимности для оценки колебаний от устройства уширений демонстрирует глубокое понимание автором физики волновых процессов в грунтах.

Научной и практической ценностью раздела является разработка оригинальной методики построения конечно-элементных моделей, позволяющей анализировать НДС свай с кусочно-переменными параметрами и уширениями различной конфигурации. Все теоретические положения подкреплены наглядными примерами расчетов, графиками и иллюстрациями.

Раздел 6 формулирует научные положения и практические рекомендации развития методов расчёта сложных свайных фундаментов из группы свай или кустов, свайно-плитных конструкций с уширениями различного типа, которые позволяют перейти от эмпирических и упрощённых подходов к обоснованным методам, учитывающим реальную работу конструкций в грунтовой массе, что напрямую способствует повышению надёжности, долговечности и экономической эффективности.

Предложены расчётные схемы усилий для групп свай с различными типами уширений (клинья, ступени, сферические, цилиндрические) при динамическом воздействии, с учётом излома свай и разжижения грунтов.

Для решения вопросов распределения сил трения по боковой поверхности свай с уширениями при их работе в составе свайных кустов, распределения нагрузки между сваями, уширениями, между остриём и боковой поверхностью выполнены расчёты по разработанной методике определения осадок кустов свай с низким ростверком при расстоянии между сваями от 3 до 6d. Эта методика, основанная на подходе Бартоломея А.А. и Омельчака И.М., учитывает глубину приложения нагрузки, её передачу через боковую поверхность фундамента и уширения, коэффициент бокового расширения грунта, напряжения и деформации во всей активной зоне.

Представляет интерес исследование взаимовлияния свай в свайном поле и увеличение за счёт этого сопротивления грунта по боковой поверхности свай.

На основе комплексного численного анализа в программных комплексах (Plaxis, MIDAS GTS NX, STARK ES) с учётом особенности работы свай с уширениями выявлены зоны уплотнения грунта вокруг свайных кустов и даны практические рекомендации по оптимизации шага свай и размеров уширений. Проанализировано поведение свай в условиях разжижения грунта, предложены меры по повышению сейсмостойкости. Показана эффективность свай с уширениями по сравнению с обычными сваями - снижение осадок в 2 - 5 раз, увеличение несущей способности.

Раздел 7 является ключевым, завершающим и системообразующим элементом диссертационного исследования. В нем представлены практические результаты и теоретические обобщения, формирующие целостную методологию проектирования свайных фундаментов с уширениями.

Стоит отметить системный подход, который не просто предлагает отдельные расчетные методики, а разрабатывает полноценную методологию, охватывающую все этапы проектирования - от технико-экономического обоснования (ТЭО) и сбора исходных данных до выбора конструктивных решений, материалов, технологий устройства уширений и методов расчета. Представленная шестиэтапная схема (рис. 7.2-7.4) является научно обоснованным алгоритмом для инженеров-практиков.

Раздел насыщен конкретными, готовыми к применению рекомендациями:

- проведено детальное ТЭО, демонстрирующее экономическую эффективность от 11% до 51% применения свай с уширениями;
- разработаны практические предложения по проектированию для различных грунтовых условий и типов уширений (таблицы 7.2, 7.3);
- даны четкие рекомендации по выбору формы уширения (сфера, цилиндр, конус и т.д.) в зависимости от технологии устройства и грунтовых условий;
- предложены новые расчетные схемы для свайно-плитных фундаментов с уширениями и уточнено количество активных зон взаимодействия (шесть зон вместо классических четырех), что повышает точность расчетов.

Научная новизна и глубина проработки в седьмом разделе заключается в разработанной методологии проектирования свайных фундаментов с уширениями, основанной на собственном массиве экспериментальных и численных исследований автора, что подчеркивает ее научную обоснованность. В разделе учтены сложные аспекты работы фундаментов, такие как сейсмические воздействия, разжижение грунтов и пространственная работа кустов свай.

Приведенные примеры успешного внедрения разработанных методик в реальные проекты, убедительно доказывают их работоспособность и эффективность.

Седьмой раздел диссертации представляет собой значимый научно-практический результат. Разработанная автором методология является

законченным, систематизированным и апробированным инструментом, который восполняет существующий пробел в нормативной и методической базе.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации

Исследование посвящено решению актуальной проблеме создания методологии конструирования и расчета фундаментов из свай с поверхностными и концевыми уширениями, что обеспечивает повышения несущей способности и снижения осадки свайных фундаментов за счёт применения уширений, что особенно востребовано в условиях сложных грунтов и высоких нагрузок, что делает работу крайне актуальной для современного строительства.

Достоинства диссертации заключаются в:

- масштабном, систематизированном и глубоком аналитическом обзоре состояния проблемы свайного фундаментостроения с уширениями при статических и динамических воздействиях;

- систематизации и развитии теории формообразования применительно к свайным фундаментам с уширениями;

- новых, запатентованных автором конструктивно-технологических решениях фундаментов из свай с уширениями и технологий их возведения и устройства;

- масштабном экспериментальном исследовании, посвящённом изучению напряжённо-деформированного состояния свайных фундаментов с уширениями;

- разработанной классификации свайных свай с уширениями, которая заполняет существующий пробел в нормативной и научной литературе и отражает все многообразие современных конструктивных и технологических решений;

- формировании расчётных схем одиночных свай и их групп для различных типов уширений (сферических, цилиндрических, клиновидных и ступенчатых);

- разработанных методиках расчёта свай с уширениями, учитывающих как вертикальные, так и горизонтальные нагрузки;

- разработанной автором методологии, являющейся законченным, систематизированным и апробированным инструментом, который восполняет существующий пробел в нормативной и методической базе.

Материал всех семи разделов диссертационного исследования изложен системно: от обоснования гипотез и выбора методов моделирования до детального анализа результатов. Каждый раздел сопровождается графиками, таблицами и схемами, что облегчает восприятие сложных данных.

Недостатки:

1. Приводятся интересные экспериментальные данные, но, к сожалению, не везде указаны грунтовые условия и длина свай.

2. В тексте диссертации имеются отдельные описки и опечатки, которые затрудняют восприятие работы.

3. Имеются таблицы и рисунки в которых отсутствует размерность и/или подпись осей (например, рис. 4.10, 4.47, табл. 4.2), отсутствует рис. 2.16, на рис. 3.10 подпись не соответствует рисунку.

4. Раздел 3.2.3. Ничего не сказано о грунте. Как выполнялось уширение, если работы выполнялись в глинистом грунте?

5. В 4 главе говорится о коэффициенте уплотнения $K_u = 1,34...1,45$. Непонятно о каком коэффициенте уплотнения идёт речь.

6. Непонятно как были получены формулы 4.17, 4.18.

7. На рис. 6.1... 6.4 представлены эпюры распределения давления по длине свай. Непонятно почему с глубиной давление для свай без уширения не увеличивается, а с уширением под нижним концом увеличивается. Следует ли учитывать изменение напряжений в грунте в результате веса грунта и нагрузки, передаваемой на массив грунта через сваю.

8. В выводах 8 и 9 главы 6 рассматривается распределение усилий между крайними и центральными сваями в кусте. Непонятно количество свай в кусте и будет ли влиять количество свай на распределение усилий между сваями?

Отмеченные недостатки и замечания не отрицают научный вклад в развитие теории конструирования и расчета фундаментов из свай с уширениями, практической значимости результатов представленной работы.

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации

Автореферат полностью соответствует основному содержанию диссертационной работы. В нём последовательно и структурированно изложены все ключевые элементы исследования: актуальность, цель, задачи, научная новизна, методология, положения на защиту, результаты теоретических и экспериментальных исследований, выводы и практические рекомендации. Содержание автореферата адекватно отражает глубину проработки проблемы, логику диссертации и полноту полученных научных результатов. Все заявленные в диссертации разделы нашли своё отражение в автореферате в сжатой, но информативной форме.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям

Автореферат диссертации Н. В. Купчиковой составлен в соответствии с ключевыми требованиями ГОСТ Р 7.0.11-2011 к его структуре и содержанию. Он включает в себя все необходимые компоненты: обоснование важности темы, вступительную часть, общую характеристику проделанной работы, заключительные итоги и перечень публикаций автора.

Следовательно, автореферат точно воспроизводит суть диссертационного исследования и отвечает всем установленным нормам.

Диссертация содержит все обязательные элементы, определенные стандартом: титульный лист, выполненный согласно утвержденным правилам; содержание, точно отображающее структуру всех разделов, подразделов и приложений с указанием страниц; введение, где четко сформулированы актуальность исследования, его цель и задачи, объект и предмет изучения, научная новизна, теоретическая и практическая ценность, основные тезисы для защиты, а также информация о проверке и надежности полученных результатов; основную часть, состоящую из логически связанных и последовательных глав, раскрывающих суть проведенного анализа; заключение, суммирующее ключевые результаты и выводы; список использованных источников, оформленный в соответствии с порядком цитирования и требованиями ГОСТ Р 7.0.100-2018.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положение о присуждении ученых степеней» по пунктам 10, 11 и 14

По п. 10: диссертационная работа написана самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. В диссертации приводятся сведения о возможности практического использования научных результатов и выводов.

По п. 11: основные работы опубликованы в 94 научных работах, из них: 38 статей, опубликованы в рецензируемых журналах ВАК, 4 патента и 6 статей в базах Scopus и Web of Science.

По п. 14: в диссертации соискатель ссылается на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов. В работе имеются ссылки на заимствованные материалы, в списке литературы приведены основные работы по теме диссертации, в том числе опубликованные автором.

Диссертация Н. В. Купчиковой соответствует требованиям, установленным в п. 10, 11 и 14 Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 16.10.2024г.) «О порядке присуждения ученых степеней» (вместе с «Положением о присуждении ученых степеней») (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025г.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация «Свайные фундаменты с уширениями и методология их расчёта» Купчиковой Натальи Викторовны является научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная проблема развития научных основ фундаментостроения из свай с концевыми и поверхностными уширениями, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие строительной отрасли страны.

