

«УТВЕРЖДАЮ»:
Заместитель генерального директора
по научной работе, д.т.н., доцент
Алексеев Андрей Григорьевич



(подпись)
2025 г.

**Отзыв ведущей организации
на диссертационную работу Ткачева Игоря Геннадьевича «Совершенствование конструкции и методов расчета свайных фундаментов с промежуточным распределительным слоем», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения**

Использование традиционных конструкций свайных фундаментов при строительстве зданий в сейсмоопасных районах зачастую требует применения затратных и сложных технических решений. Устройство свайных фундаментов с промежуточным распределительным слоем в большом количестве случаев оказывается оправданным как с технической, так и экономической точек зрения и является альтернативой традиционным фундаментам. При этом методы проектирования свайных фундаментов с промежуточным распределительным слоем хотя и включены в нормативные документы (СП 24.13330) содержат упрощенные методики проектирования. Вопрос применения армированных оснований на сейсмоопасных территориях в нормативной литературе вообще не рассматривается, но перспективы такого подхода не вызывают сомнений, очевидно, что вопрос требует подробного изучения, что и выполняется в диссертационной работе.

Диссертационная работа изложена грамотным техническим языком, логически выстроена и представляет собой завершённое научное исследование по актуальной теме проектирования свайных фундаментов с промежуточным распределительным слоем (далее – ПРС). Структура работы соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям: содержит введение, четыре раздела, заключение, список использованных источников и два приложения.

Работа написана профессиональным языком, изложение материала последовательное, терминология корректная, оформление отвечает установленным нормам. Диссертация включает 192 страницы текста, 142 рисунка, 20 таблиц, а также библиографический список из 115 источников.

Во введении обоснована актуальность темы исследования с точки зрения применения свайных фундаментов в сложных инженерно-геологических условиях, особенно при возведении высотных зданий и объектов в сейсмоопасных районах. Автор отмечает, что использование промежуточного распределительного слоя (ПРС) позволяет повысить надёжность конструкции и более равномерно распределить нагрузку между сваями и межсвайным пространством.

Сформулированы цель и задачи исследования, а также: научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, положения, выносимые на защиту, использованные методы исследований, апробация результатов.

Первый раздел диссертации посвящён обзору существующих методов расчёта и конструирования свайных фундаментов с промежуточным распределительным слоем (ПРС). В нём представлены различные типы ПРС, проанализированы основные подходы к их проектированию, включая отечественные и зарубежные методики. Особое внимание уделено моделям взаимодействия свайного поля и плитной части фундамента через ПРС, а также особенностям учёта сейсмических нагрузок при проектировании таких систем. Приведены результаты анализа известных решений, включая модели сводообразования, арочные эффекты и схемы продавливания, применяемые при расчёте ПРС. Обоснована необходимость разработки более совершенной методики расчёта, учитывающей совместную работу всех элементов системы «фундаментная плита – ПРС – сваи – грунтовое основание». Раздел завершается формулировкой задач исследования, вытекающих из анализа современного состояния проблемы.

Второй раздел диссертации посвящён численным исследованиям параметров промежуточного распределительного слоя (ПРС) в составе свайного фундамента. Автор на основе конечно-элементного моделирования в программном комплексе MIDAS FEA NX провёл детальный анализ напряжённо-деформированного

состояния (НДС) системы «фундаментная плита – ПРС – сваи – грунтовое основание» при различных геометрических параметрах и величинах нагрузок.

Рассмотрены различные варианты конструктивных решений, включая переменный шаг свай (3d, 6d, 9d), высоту ПРС (от 0,5 до 3,0(s-d)), а также наличие или отсутствие железобетонных оголовков. Показано, как изменяются вертикальные напряжения и деформации в зависимости от уровня приложения нагрузки и параметров ПРС. Установлено, что введение оголовков способствует более равномерному распределению усилий и снижает разницу между напряжениями на уровне головы сваи и подошвы фундаментной плиты.

Отдельное внимание уделено поведению системы под сейсмическими воздействиями. Показано, что применение ПРС и оголовков позволяет значительно снизить горизонтальные усилия и изгибающие моменты в сваях, что повышает сейсмостойкость сооружения. Также продемонстрирована эффективность ПРС в уменьшении неравномерных осадок и повышении общей устойчивости фундамента. Результаты численных исследований позволили выявить закономерности распределения нагрузок и обосновать выбор рациональных параметров ПРС для практического применения.

Третий раздел диссертации посвящён разработке усовершенствованного аналитического метода расчёта свайных фундаментов с промежуточным распределительным слоем (ПРС) и сопоставлению полученных результатов с данными численного моделирования. Автором предложена новая расчётная модель, основанная на энергетическом подходе и равенстве сил и равенстве работ упругих деформаций в системе «фундаментная плита – ПРС – сваи – грунтовое основание».

В работе выведены аналитические зависимости для определения усилий в элементах системы, включая реакцию ПРС, осевое давление внутри несущего столба, а также коэффициенты влияния различных параметров ПРС, такие как толщина, угол внутреннего трения и модуль деформации материала ПРС. Предложен критерий сходимости, позволяющий оценить точность расчетов и выполнить итерационное уточнение параметров.

Отдельно проведен анализ области предельного равновесия (ОПР) вокруг головы сваи, где разрушение материала ПРС начинается вблизи поверхностей сваи и распространяется в виде ломаных линий под углами, зависящими от прочностных характеристик грунта и материала ПРС. Это позволило более точно учесть взаимодействие между сваями и межсвайным грунтом.

Автор провёл детальное сопоставление результатов аналитических расчетов с данными численного моделирования, выполненными в программном комплексе MIDAS FEA NX. Установлено хорошее соответствие между ними, что подтверждает достоверность предложенного метода. Особую практическую ценность представляет возможность применения аналитического метода при малых толщинах ПРС, рекомендованных для инженерной практики. Таким образом, третий раздел представляет собой теоретическую основу исследования, демонстрирует научную новизну и обосновывает переход к практическому применению разработанной методики.

Четвертый раздел диссертации посвящён разработке практических рекомендаций по расчёту и конструированию свайных фундаментов с промежуточным распределительным слоем (ПРС). На основе выполненных теоретических, численных и экспериментальных исследований автором предложена методика проектирования, ориентированная на применение в многоэтажном и высотном строительстве.

В работе разработана классификация технических решений свайных фундаментов с ПРС, учитывающая конструктивные особенности, параметры грунтовых условий и типы нагрузок. Предложены рекомендации по выбору рациональной толщины и материала ПРС, шага расстановки свай, а также конструктивных решений, обеспечивающих совместную работу всех элементов системы.

В работе представлено внедрение результатов исследования в инженерную практику. Приведены примеры применения разработанной методики при проектировании реальных объектов, включая 24-этажное жилое здание в г. Краснодаре, высотного здания в Хостинском районе г. Сочи, группу многоэтажных жилых до-

мов в Адлерском районе г. Сочи. Выполнены расчёты с использованием программного комплекса MIDAS FEA NX, подтвердившие эффективность предложенных решений.

Кроме того, представлены данные о реализации фундаментов с ПРС на строительной площадке, включая этапы устройства свай, формирования промежуточного слоя из гранитного щебня и мониторинга за состоянием конструкции в процессе возведения здания. Таким образом, четвертый раздел демонстрирует практическую значимость проведённого исследования и обосновывает возможность использования разработанных рекомендаций в проектной и строительной практике.

1. Актуальность темы исследований

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью совершенствования конструктивных решений свайных фундаментов, применяемых в сложных инженерно-геологических условиях. Широкое развитие высотного строительства, необходимость возведения зданий в сейсмоопасных районах и на территориях со сложными грунтовыми условиями требует эффективных технических решений, одним из которых является использование промежуточного распределительного слоя (ПРС) между фундаментной плитой и сваями. Такие конструкции позволяют более равномерно распределять нагрузку между элементами фундамента, снижать неравномерные осадки и повышать общую устойчивость сооружения. Вместе с тем, отсутствие обобщенных методик расчета и нормативной базы по проектированию таких систем обуславливает актуальность выполненного автором исследования.

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

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обоснованы с использованием комплексного подхода, включающего аналитические расчеты, численное моделирование в программном комплексе MIDAS

FEA NX и экспериментальные исследования. Предложенный автором усовершенствованный аналитический метод расчета свайных фундаментов с промежуточным распределительным слоем (ПРС), основанный на энергетическом подходе – равенстве сил и равенстве работ упругих деформаций, подтвержден сопоставлением с результатами численного анализа и лабораторного физического моделирования, что подтверждает его применимость в инженерной практике. Полученные данные согласуются между собой и демонстрируют устойчивую сходимость, а практические рекомендации по выбору параметров ПРС и конструированию свайных фундаментов ориентированы на различные условия строительства, включая особо сложные грунтовые условия и сейсмические воздействия.

3. Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность научных положений и результатов диссертационной работы обеспечивается их согласованностью с теоретическими и экспериментальными данными известных ученых, а также корректным применением положений механики грунтов и механики деформируемого твёрдого тела. Подтверждением служит сопоставление аналитических решений с данными геотехнического мониторинга и использование сертифицированных конечно-элементных программных комплексов (MIDAS FEA NX), а также экспериментальными исследованиями с физическим моделированием в лабораторных условиях. Полученные результаты согласуются с данными натурных наблюдений и известными решениями других авторов.

Научная новизна работы заключается в разработке усовершенствованного аналитического метода расчёта свайных фундаментов с промежуточным распределительным слоем (ПРС), основанного на условии равновесия, расчете действующих сил и напряжений, с ограничением областей предельного состояния кинематическими огибающими, имеющими форму прямых линий. Предложена классификация технических решений свайных фундаментов с ПРС, установлена зави-

симось эффективности конструкции от её параметров, а также разработаны практические рекомендации по выбору толщины и материала ПРС в зависимости от инженерно-геологических условий строительства с учетом их соответствия простой, средней, сложной и особо сложной категориям.

4. Значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки

Установлено, что устройство ПРС между оголовками свай и подошвой фундаментной плиты при 7-9-балльной интенсивности сейсмического воздействия приводит к снижению в 10-20 раз максимальных горизонтальных усилий в сваях по сравнению с усилиями при их жесткой заделке в тело плиты и позволяет передавать на сваи преимущественно сжимающие нагрузки, что приводит к существенному снижению их количества в составе свайного фундамента с ПРС;

Разработан аналитический метод расчета параметров ПРС в составе свайных фундаментов, базирующийся на условии его равновесия, расчете действующих сил и напряжений, с ограничением областей предельного состояния кинематическими огибающими, имеющими форму прямых линий;

Разработана классификация технических решений свайных фундаментов с ПРС, рекомендуемых к реализации с учетом их соответствия простой, средней, сложной и особо сложной категориям инженерно-геологических условий строительства.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в разработке и внедрении в инженерную практику методики расчета и конструктивных решений свайных фундаментов с промежуточным распределительным слоем (ПРС), обеспечивающих более равномерное распределение нагрузок между элементами фундаментной конструкции, снижение неравномерных осадок и повышение устойчивости сооружений.

Предложенные автором рекомендации использованы при проектировании и строительстве многоэтажных зданий в сложных грунтовых условиях Краснодарского края в период с 2013 по 2024 годы. Результаты исследования внедрены в

учебный процесс при подготовке инженеров-строителей в ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина».

5. Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Проектным и научно-исследовательским институтам, участвующим в строительном проектировании – при выборе рациональных вариантов.

Строительным предприятиям – подходы для оценки эффективности принимаемых проектных решений и приоритетов технической политики предприятия.

Высшим учебным заведениям, осуществляющим подготовку инженеров по направлению «Строительство», – теоретические положения и алгоритмы проектирования оснований для использования в учебном процессе.

6. Соответствие диссертационной работы критериям, установленным «Положениями о присуждении ученых степеней»

Выполненные И.Г. Ткачевым научные исследования и полученные результаты соответствуют паспорту специальности 2.1.2 – Основания и фундаменты, подземные сооружения (технические науки), в частности пунктам 3 и 4.

Пункт 3: Разработка новых методов расчёта и моделирования высокоэффективных конструкций, способов и технологий устройства подземных сооружений промышленного и гражданского назначения.

Пункт 4: Разработка новых методов расчета, испытаний, конструирования и устройства фундаментов на естественном основании, глубокого заложения и свайных фундаментов с учётом взаимодействия их с надфундаментными конструкциями, фундаментами близрасположенных зданий и сооружений и подземными сооружениями.

Таким образом, диссертационное исследование представляет собой завершённую научную работу, выполненную в рамках требований, установленных пунктами 3 и 4 паспорта специальности 2.1.2, и может быть использована при

проектировании и строительстве объектов в сложных грунтовых условиях, включая сейсмические районы.

7. Основные замечания по диссертации

1. Экспериментальная часть исследований ограничена лабораторным моделированием – отсутствуют данные натурных испытаний изменения НДС промежуточного распределительного слоя, которые могли бы дополнительно подтвердить эффективность предложенных решений.

2. На стр. 56 Рисунок 2.14 – отсутствует расшифровка буквенных обозначений, принятых для изображения поверхностей предельного равновесия, формирующихся над головами свай при устройстве ПРС от собственного веса.

3. Стр. 94 рисунок 2.50 – «Фото свайного фундамента с ПРС в конце лабораторного эксперимента с учетом его деформирования под нагрузками» не информативен. Из него трудно понять, какие результаты были получены.

4. Стр. 7, стр. 92, стр. 110, стр. 164. Автор указывает, что установлено, что при эффективных толщинах ПРС ($d < h_{gc} < 3d$, где d – диаметр свай) его осадка является существенной и может составлять до 36% от общей осадки свайного фундамента. Упоминание конкретных процентов осадки ПРС не совсем корректно, когда в работе рассматривались локальные случаи.

5. На стр. 137 коэффициент эффективности определяется как отношение осадки свайного фундамента с ПРС к осадке фундаментной плиты. Представляется более удачным, если коэффициент эффективности определяется как количество свай в фундаменте с ПРС к количеству свай без ПРС.

6. Вывод 2 по результатам работы можно было более четко дифференцировать разницу в снижении горизонтальной нагрузки в сваях в зависимости от балльности землетрясения.

Приведенные вопросы и замечания не снижают теоретической и практической значимости диссертации и ее общей положительной оценки.

По результатам обсуждения диссертации «Совершенствование конструкции и методов расчета свайных фундаментов с промежуточным распределительным слоем» принято следующее заключение.

Заключение

Диссертационная работа представляет собой законченное научно-квалификационное исследование, выполненное на высоком профессиональном уровне и посвящённое решению актуальной научной задачи – совершенствованию конструкции и методов расчёта свайных фундаментов с промежуточным распределительным слоем (ПРС), что имеет важное значение для современного строительства, особенно в сложных инженерно-геологических условиях, в том числе в сейсмических районах.

Диссертация написана автором самостоятельно, что подтверждает его личный вклад в исследование. Работа отличается внутренним единством, логичной структурой и последовательным изложением материала. Все главы диссертации взаимосвязаны и в совокупности дают полное представление о поставленных задачах, методах исследования, полученных результатах и их практической интерпретации.

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в работе, обоснованы, опираются на достоверные данные аналитических, численных и экспериментальных исследований. Полученные результаты соответствуют целям исследования и имеют выраженную практическую направленность.

Диссертация выполнена на высоком научно-методическом уровне: изложение материала корректное, логически выстроенное, язык профессиональный, оформление соответствует установленным требованиям. Автореферат полно раскрывает содержание диссертации, отражает её научную новизну, теоретическую и практическую значимость.

Таким образом, диссертационная работа Ткачева И. Г. представляет собой научно обоснованное и завершённое исследование, содержащее новые решения,

имеющие важное значение для развития геотехники и проектирования фундаментов в современной строительной практике. Работа соответствует критериям, установленным в п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор Ткачев Игорь Геннадьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения.

Отзыв на диссертацию и автореферат рассмотрен и утвержден на заседании лаборатории Механики грунтов НИИОСП им. Н.М. Герсевича – института АО «Научно-исследовательский центр «Строительство», протокол № 05 от 23.09.2025 г. Присутствовали: 8 чел. Проголосовали: «за» – 8, «против» – нет, «воздержались» – нет.

Заведующий лабораторией

Механики грунтов НИИОСП им. Н.М. Герсевича

к.т.н. по специальности

«Основания и фундаменты, подземные сооружения»



Боков Игорь Алексеевич

Согласен на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку

23.09.25

(дата)



(подпись)

Боков Игорь Алексеевич

Заместитель директора НИИОСП им. Н.М. Герсевича

по научной работе,

к.т.н. по специальности

«Основания и фундаменты, подземные сооружения»



Разводовский Дмитрий Евгеньевич

Согласен на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку

23/09/25

(дата)

(подпись)

Разводовский Дмитрий Евгеньевич



Юрииса Бокеев А.А. и Разводовского Д.Е.
удостоверяю
заместитель начальника
всех кадров
ЕВ В.В. Жидовская

Сведения о ведущей организации:

Акционерное общество «Научно-исследовательский центр «Строительство» (АО «НИЦ «Строительство»)

Юридический адрес: 141367, Московская область, город Сергиев Посад, пос. Загорские дали, д. 6-11

Фактический адрес: 109428, г. Москва, 2-я Институтская ул., д.6

Телефон: +7 (495) 602-00-70

E-mail: inf@cstroy.ru

Сайт: <https://www.cstroy.ru>

Учредитель организации: Российская Федерация

Ведомственная принадлежность: Федеральное агентство по управлению государственным имуществом (Росимущество)

СОГЛАСИЕ

Я, Алексеев Андрей Григорьевич, д.т.н., доцент, заместитель генерального директора по научной работе АО «НИЦ «Строительство», в соответствии со ст. 9 Федерального закона от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О защите персональных данных», даю согласие на обработку моих персональных данных ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», а именно совершение действий, предусмотренных п. 3 ст. 3 Федерального закона № 152-ФЗ со всеми данными, которые находятся в распоряжении ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет».

Согласие вступает в силу со дня его подписания и действует в течение неопределенного срока. Согласие может быть отозвано мной в любое время на основании моего письменного заявления.

23.09.2025

(дата)



(подпись)

Алексеев. А. Г.

(ФИО)