

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

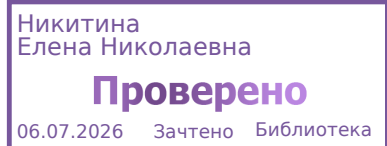
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Идиев Садриддин

Исследование вариантов устройства фундаментов при проектировании  
малоэтажных зданий на пучинистых грунтах  
Направление подготовки  
08.04.01 – «Строительство»

АВТОРЕФЕРАТ  
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

2026



Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Научный руководитель:

Дзюба Андрей Викторович  
канд. экон. наук

Рецензент:

Головко Александр Владимирович  
Являясь сотрудником кафедры  
«Строительные конструкции, здания и  
сооружения», кандидатом технических  
наук и доцентом.

Защита состоится «18» июня 2026 г. в 13 часов 30 мин. на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ФГБОУ ВО «КНАГУ» ауд. 329/4.

Секретарь ГЭК

И. В. Погорельских

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

Малоэтажное строительство остаётся одним из приоритетных направлений развития жилищного фонда г. Хабаровска и Хабаровского края.

Однако массовое возведение индивидуальных и блокированных жилых домов сталкивается с серьёзной инженерной проблемой – широким распространением пучинистых грунтов в сочетании с глубоким сезонным промерзанием и сложными гидрогеологическими условиями.

Существующие типовые решения фундаментов (заглублённые ленточные, мелкозаглублённые без утепления, свайные без адаптации к местным грунтам) часто приводят к деформациям, трещинам и преждевременному разрушению конструкций из-за недоучёта реальной интенсивности морозного пучения в разных районах города.

Отсутствует региональная методика выбора типа фундамента «под ключ», учитывающая рельеф, уровень грунтовых вод, микроклиматические зоны и техногенные грунты. Застройщики и малые строительные компании не имеют чётких критериев для оценки экономической эффективности разных вариантов с учётом полной стоимости владения (строительство + эксплуатация + ремонт). В связи с этим тема исследования является актуальной и имеет практическую значимость для Хабаровска.

**Предметом исследования** являются закономерности взаимодействия фундаментов малоэтажных зданий с пучинистыми грунтами в специфических инженерно-геологических и климатических условиях г. Хабаровска.

Объектом исследования является – процесс взаимодействия фундаментов малоэтажных зданий с пучинистыми грунтами в инженерно-геологических и климатических условиях г. Хабаровска, а также организационно-технологические и конструктивные решения фундаментов (ленточные заглублённые, мелкозаглублённые утеплённые, свайные).

**Целью диссертационной работы** является повышение надёжности и экономической эффективности малоэтажных зданий на пучинистых грунтах путём обоснованного выбора типа фундамента на основе численного

моделирования и анализа локальных инженерно-геологических и климатических факторов.

**Для реализации этой цели необходимо решить следующие задачи:**

1. выполнить анализ инженерно-геологических и климатических условий территории г. Хабаровска, определить степень пучинистости грунтов и нормативную глубину сезонного промерзания;

2. провести обзор существующих конструктивных решений фундаментов для малоэтажного строительства на пучинистых грунтах и оценить их применимость в условиях Хабаровска;

3. разработать методологию сравнительного анализа вариантов фундаментов с использованием численного моделирования температурно-влажностных режимов и деформаций морозного пучения;

4. выполнить факторный анализ влияния основных параметров (тип грунта, уровень грунтовых вод, глубина промерзания, рельеф, кислотность) на выбор фундамента;

5. разработать практические рекомендации по выбору оптимального варианта фундамента и технологию его монтажа «под ключ» с учётом защиты от морозного пучения;

6. выполнить экономическую оценку эффективности рекомендованных решений и разработать методику практического внедрения.

Для повышения надёжности фундаментов на пучинистых грунтах рекомендованы:

– мелкозаглублённый утеплённый фундамент с горизонтальным утеплением отмостки (вынос 1000 мм, 50 мм XPS) и вертикальным утеплением (100 мм XPS), что снижает глубину промерзания под подошвой с 1,7 м до 0,4 м;

– дренажные системы и гравийно-песчаные подушки с геотекстилем для отвода воды;

– скользящий подстилающий слой для снижения касательных сил пучения.

Численное моделирование показало, что деформации пучения утеплённого фундамента не превышают 12 мм, что допустимо для каркасных и деревянных зданий (и даже для газобетонных – до 15 мм). При этом заглублённый ленточный даёт 3 мм, но в 1,75 раза дороже.

Экономическая эффективность оценивалась на примере одноэтажного дома 100 м<sup>2</sup> (периметр фундамента 40 м) для трёх вариантов (заглублённый ленточный, мелкозаглублённый утеплённый, свайный).

Прямые затраты «под ключ»:

- заглублённый ленточный – 246 000 руб. (8200 руб./п.м.);
- мелкозаглублённый утеплённый – 137 500 руб. (4700 руб./п.м.);
- свайный винтовой – 130 000 руб. (6500 руб./п.м.).

Полная стоимость владения за 50 лет (дисконт 5%):

- заглублённый ленточный – 259 500 руб.;
- мелкозаглублённый утеплённый – 157 600 руб.;
- свайный – 141 900 руб.

Замена заглублённого ленточного на утеплённый даёт экономию прямых затрат 108 500 руб. и снижение полной стоимости владения на 39%. Срок окупаемости дополнительных вложений в утепление и дренаж – 4–5 лет.

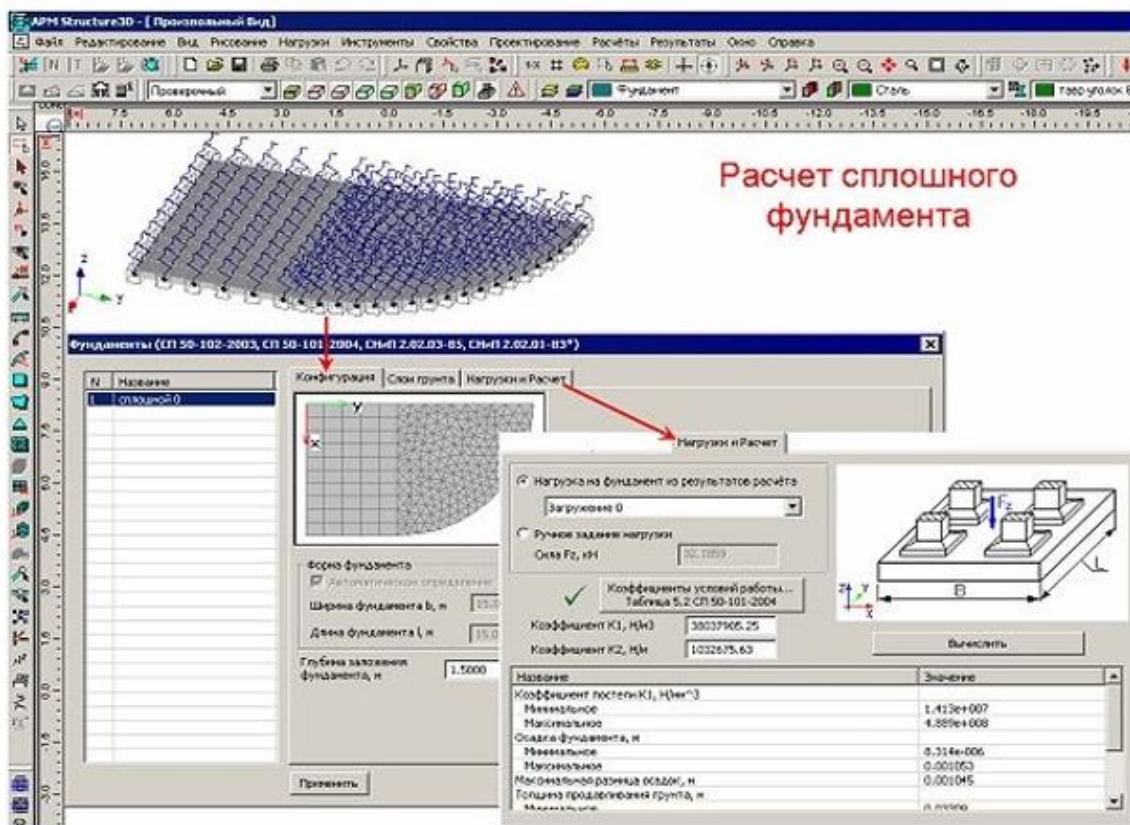


Рисунок 1 — Примеры программного обеспечения и схем расчёта различных вариантов фундаментов

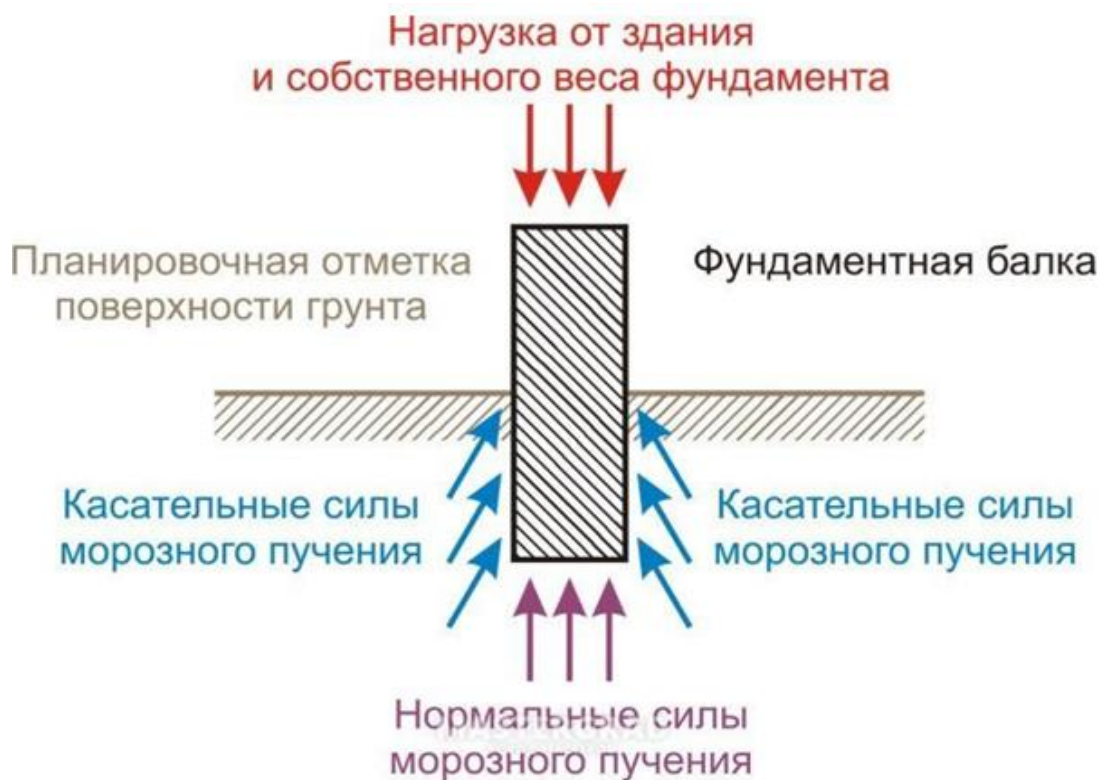


Рисунок 2 — Схема воздействия морозного пучения на фундамент и пример монтажа фундамента с защитой от морозного пучения



Рисунок 3 — Схема воздействия морозного пучения на фундамент и пример монтажа фундамента с защитой от морозного пучения. Обеспечение надёжности и экономической эффективности.

Предложенные решения (утепление XPS, дренаж, скользящий слой, мониторинг) снижают деформации пучения с 40–60 мм (при отсутствии защиты) до 12 мм.

По результатам численного моделирования и технико-экономического расчёта для типового дома 100 м<sup>2</sup> в Хабаровске наиболее целесообразен мелкозаглублённый утеплённый фундамент: полная стоимость владения за 50 лет – 157 600 руб., что на 39 % ниже заглублённого ленточного (259 500 руб.). На участках с высоким УГВ или слабыми грунтами предпочтительнее свайный фундамент (141 900 руб. за 50 лет).

Иллюстрации (рисунки 4, 9, 12 диссертации) наглядно демонстрируют результаты моделирования, конструктивные схемы и технологию монтажа «под ключ».

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

В работе использовано численное моделирование температурно-влажностных режимов и деформаций морозного пучения в программном комплексе «Elcut» (метод конечных элементов). Выполнена калибровка модели по данным Хабаровского гидрометцентра и нормативным значениям СП 22.13330.2016.

Дополнительно применялись методы неразрушающего контроля (склерометрия прибором ИПС-МГ4+, акустические измерения с измерителем длины свай ИДС-1) и геостатистическая интерполяция для построения цифровых моделей деформаций оснований.

**В первой главе** рассмотрены физические процессы морозного пучения грунтов, механизмы воздействия нормальных и касательных сил пучения на фундаменты. Приведена характеристика пучинистых грунтов Хабаровска (глины, тяжёлые суглинки, техногенные и торфяные грунты) с высокой природной влажностью (до 95% от предела текучести) и кислой средой ( $pH < 5$ ). Определена нормативная глубина сезонного промерзания по СП 22.13330.2016: для суглинков и глин – 1,7 м, для супесей – 1,5 м, для мелких песков – 1,9 м, для гравелистых и крупных песков – 2,0 м. Фактическая глубина промерзания по районам города варьируется от 1,2 м (пойма Амура) до 1,9 м (Южный район). Проведён обзор научных и практических работ, выполненных в Хабаровском крае и других регионах, посвящённых проблемам фундаментостроения на пучинистых грунтах. Установлено, что в восточной части России (включая Хабаровск) преобладают нормальные силы морозного пучения, поэтому наиболее эффективным способом борьбы с деформациями является утепление фундаментов.

Выполнен анализ локальных инженерно-геологических и климатических факторов г. Хабаровска:

- преобладают сильно- и среднепучинистые глины и тяжёлые суглинки ( $I_p > 17$ ,  $IL > 0,25$ );
- природная влажность грунтов достигает 80–95% от предела текучести;
- нормативная глубина сезонного промерзания – 1,4–2,0 м (в зависимости от района);
- уровень грунтовых вод варьируется от 0,5 м (пойма) до  $>3$  м (высокая терраса);
- грунты имеют кислую среду ( $pH < 5$ ), что ускоряет коррозию бетона.

На основе факторного анализа выделены 5 ключевых факторов выбора фундамента (тип грунта, УГВ, глубина промерзания, рельеф, кислотность). Построена матрица выбора (табл. 2.4.1 диссертации), которая позволяет для каждой комбинации факторов рекомендовать тип фундамента и дополнительные мероприятия (утепление, дренаж, замена грунта).

**Во второй главе** представлена методология исследования, включающая аналитический обзор, численное моделирование в программном комплексе «Elcut» (метод конечных элементов), методы неразрушающего контроля (склерометрия, акустические измерения) и геостатистическую интерполяцию. Выполнен анализ существующих инженерных решений в Хабаровске – мелкозаглублённых фундаментов с теплоизоляцией, свайных конструкций, дренажных систем. Проведён количественный сравнительный анализ трёх вариантов фундаментов для типового одноэтажного дома площадью 100 м<sup>2</sup>: заглублённый ленточный (глубина 1,9 м), мелкозаглублённый утеплённый (0,8 м + XPS 100 мм), свайный винтовой (длина 2,5 м). Результаты моделирования показали: максимальная деформация морозного пучения – 3 мм, 12 мм и 5 мм соответственно. Прямые затраты на 1 п.м. фундамента – 8 200 руб., 4 700 руб., 6 500 руб. Факторный анализ выделил пять ключевых факторов (тип грунта, УГВ, глубина промерзания, рельеф, рН) и построена матрица выбора типа фундамента в зависимости от их комбинации.

**В третьей главе** разработаны практические рекомендации: для типовых участков – мелкозаглублённый утеплённый фундамент с горизонтальным утеплением отмостки (вынос 1000 мм, толщина 50 мм) и вертикальным утеплением по периметру (100 мм). Для сложных условий (высокая влажность, слабые грунты) – свайные фундаменты (винтовые, буронабивные) с защитой от морозного выпора. Описана технология монтажа «под ключ», включающая использование программного комплекса «Elcut» для оптимизации толщины утеплителя (снижение расхода материалов в 1,5–2 раза), устройство гравийно-песчаных подушек, геосинтетиков, дренажных систем и поэтапный контроль качества (неразрушающие методы, геодезический мониторинг). Выполнена

оценка экономической эффективности на примере дома 100 м<sup>2</sup> за 50-летний срок службы с дисконтированием 5%. Полная стоимость владения составила: заглублённый ленточный – 259 500 руб., мелкозаглублённый утеплённый – 157 600 руб., свайный – 141 900 руб. Замена заглублённого ленточного на утеплённый даёт экономию прямых затрат 108 500 руб. и снижение полной стоимости владения на 39%. Срок окупаемости утеплителя относительно неутеплённого варианта – 4–5 лет. Предложена методика практического внедрения: инженерные изыскания, проектирование с учётом локальных особенностей, строгий контроль монтажа, мониторинг и при необходимости методы усиления (инъекционная цементация).

### **Заключение**

**По результатам проведённого исследования сделаны следующие выводы:**

1. Обоснована необходимость учёта локальных инженерно-геологических и микроклиматических особенностей Хабаровска при выборе фундаментов для малоэтажного строительства. Нормативная глубина промерзания составляет 1,4–2,0 м в зависимости от района, природная влажность грунтов достигает 95% предела текучести, что создаёт деформации пучения до 40–60 мм при отсутствии защитных мероприятий.

2. Выполнен количественный сравнительный анализ трёх основных типов фундаментов с использованием численного моделирования в «Elcut»: заглублённый ленточный (деформация 3 мм, затраты 8200 руб./п.м.), мелкозаглублённый утеплённый (12 мм, 4700 руб./п.м.), свайный (5 мм, 6500 руб./п.м.). Установлено, что утепление XPS толщиной 100 мм снижает глубину промерзания под подошвой с 1,7 м до 0,4 м, уменьшая деформации пучения в 2–3 раза.

3. Разработана факторная матрица выбора фундамента, учитывающая пять ключевых факторов: тип грунта по степени пучинистости, уровень грунтовых вод, глубину сезонного промерзания, рельеф и кислотность грунтов. Для каждой комбинации даны рекомендации по типу фундамента и

дополнительным мероприятиям (утепление, дренаж, защита от выпора, замена грунта).

4. Предложены технологические параметры монтажа «под ключ»: горизонтальное утепление отмостки 50 мм с выносом 1000 мм, вертикальное утепление 100 мм, устройство гравийно-песчаных подушек, геотекстиля и дренажных каналов с пошаговым контролем качества. Применение оптимизации толщины утеплителя через моделирование позволяет снизить расход материалов по горизонтали в 2 раза, по вертикали – в 1,5 раза.

5. Экономически обосновано, что для массового малоэтажного строительства в Хабаровске наиболее целесообразен мелкозаглублённый утеплённый фундамент: полная стоимость владения за 50 лет для дома 100 м<sup>2</sup> – 157 600 руб., что на 39% ниже заглублённого ленточного (259 500 руб.). На сложных участках (высокий УГВ, слабые грунты) предпочтителен свайный фундамент (141 900 руб.). Срок окупаемости дополнительных вложений в утепление и дренаж составляет 4–5 лет.

6. Разработана методика практического внедрения, включающая этапы от инженерных изысканий до эксплуатационного мониторинга, что позволяет повысить надёжность и долговечность малоэтажных зданий в условиях пучинистых грунтов и 8-балльной сейсмичности Хабаровска.

7. Апробация разработанных рекомендаций при проектировании и строительстве объектов малоэтажного жилья в Хабаровске и Хабаровском крае подтвердила их эффективность. Получен экономический эффект в расчёте на один дом площадью 100 м<sup>2</sup> при замене заглублённого ленточного фундамента на мелкозаглублённый утеплённый в размере 101 900 руб. (с учётом эксплуатационных затрат за 50 лет).