ПАТЕНТ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ №2799222

Фундамент для вертикального стального резервуара

Геотехнически безопасное решение для условий многолетнемерзлых грунтов

Геотехническая безопасность

Исключение деформаций в условиях климатических изменений

Термостабилизация

Естественная вентиляция без энергопотребления

Экономическая эффективность

Минимизация земляных работ и эксплуатационных расходов

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

Вызовы эксплуатации резервуаров в арктических условиях

Климатические изменения

Ускоренное тепление Арктики приводит к **деградации многолетнемерзлых грунтов** , снижению несущей способности оснований и активации опасных геокриологических процессов.

Традиционные подходы

Существующие типы фундаментов (кольцевые, свайные) не обеспечивают достаточной надежности при изменении температурного режима грунтов, требуют **значительных эксплуатационных затрат** .

Экономические риски

Деформации фундаментов приводят к **нарушению герметичности резервуаров** , аварийным ситуациям и значительным финансовым потерям.

Зоны распространения ММГ

Российская Федерация	~65% территории
Крайний Север	100% покрытие
Западная Сибирь	~80% площади
Восточная Сибирь	~90% площади

Необходимость инноваций

Требуются **адаптивные технические решения** , способные обеспечивать стабильность сооружений при изменяющихся климатических условиях без значительных эксплуатационных затрат.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ

Традиционные типы фундаментов и их ограничения

01 Кольцевой с песчаной подушкой

Принцип: Кольцевая железобетонная конструкция на уплотненной песчаной подготовке

Недостатки
- Неравномерные осадки
- Восприимчивость к пучению
- Деформации днища РВС

Риски
- Нарушение герметичности
- Коррозия стенок
- Аварийные ситуации

02 Свайный фундамент

Принцип: Передача нагрузки на глубокие несжимаемые слои через свайное поле

Недостатки
- Высокая стоимость
- Сложные работы
- Вибрации при монтаже

Риски
- Просадки при оттаивании
- Неравномерность осадок
- Длительный монтаж

03 Свайный с термостабилизаторами

Принцип: Комбинация свай с активными системами охлаждения грунта

Недостатки
- Высокие эксплуатационные расходы
- Зависимость от энергоснабжения
- Сложное обслуживание

Риски
- Отказ системы = катастрофа
- Непредсказуемые затраты
- Сложный мониторинг

★ Патентованное решение

Принцип: Восьмиугольная плита с естественной вентиляцией и аккумуляцией холода

Преимущества
- ✓ Равномерное охлаждение
- ✓ Без энергопотребления
- ✓ Минимальные работы

Безопасность
- ✓ Нет деформаций
- ✓ Стабильность грунтов
- ✓ Долговечность

КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ

Архитектура инновационного фундамента

Основные элементы конструкции

1 Армированная железобетонная плита

Форма правильного восьмиугольника, радиус описанной окружности превышает радиус днища РВС на **2-3 метра** для смещения границы сезонно-талого слоя

2 Горизонтальные вентиляционные трубы

Проложены параллельно друг другу через равные промежутки, образуют **вентиляционные каналы** для циркуляции холодного воздуха

3 Воздушные коллекторы

Разделены на участки глухими перегородками, каждый участок сообщает **не менее двух труб**

4 Приточные и вытяжные короба

Вертикально ориентированы, **высота приточного меньше вытяжного** для создания естественной тяги

Дополнительные элементы

Защитный слой

Геотекстиль и геомембрана для отвода талых вод и минимизации растепления

Шиберные задвижки

Перекрытие вентиляции в летний период для сохранения холода

Термометрические трубки

Мониторинг температуры грунтов основания на весь срок эксплуатации

Геометрия плиты

Форма:	Правильный восьмиугольник
Вынос за днище:	2-3 метра
Назначение:	Смещение СТС от сжимаемой толщи

ПРИНЦИП РАБОТЫ

Термостабилизация без энергопотребления

Зимний период: Аккумуляция холода

1 Естественная циркуляция воздуха
При температуре ниже температуры грунтов (устойчивый минус) создается естественная тяга от приточного короба к вытяжному через разницу высот

2 Равномерное охлаждение
Воздушные потоки движутся в **разных направлениях** в соседних каналах, обеспечивая равномерное охлаждение всей площади основания

3 Аккумуляция отрицательной температуры
Массивная плита накапливает холод и служит **аккумулятором холода** для поддержания мерзлотного состояния

Результат: **Отрицательная температура** в грунтах основания поддерживается на протяжении всего зимнего периода

Летний период: Сохранение холода

1 Перекрытие вентиляции
При температуре выше 0°С шиберными заслонками **перекрываются приточные и вытяжные короба**, прекращая циркуляцию теплого воздуха

2 Работа аккумулятора холода
Массогабаритные характеристики плиты обеспечивают **длительное сохранение отрицательной температуры** даже при теплом наружном воздухе

3 Защита от теплового воздействия
Исключается тепловое воздействие фундамента на повышение температуры многолетнемерзлых грунтов, предотвращается **растепление основания**

Результат: **Стабильное состояние** грунтов основания на весь срок эксплуатации независимо от сезонных изменений

Режим работы	Энергопотребление	Продолжительность
Естественная вентиляция	Нулевое	Весь срок эксплуатации

КЛЮЧЕВОЕ ПРЕИМУЩЕСТВО

Геотехническая безопасность в условиях климатических изменений

Равномерное распределение нагрузки

Восьмиугольная форма плиты с выносом за контур днища резервуара обеспечивает **существенное увеличение опорной площади**, что приводит к равномерному распределению давления на основание и исключению локальных концентраций напряжений.

Приведенная нагрузка	Вынос плиты за днище
0,7-0,75 кг/см²	2-3 метра

Полное исключение деформационного воздействия

Конструкция фундамента обеспечивает **абсолютную жесткость** в пространстве, исключая передачу деформаций основания на стальное днище и стенки резервуара. Это гарантирует сохранение геометрии резервуара и предотвращает нарушение герметичности.

Нет просадок | Нет пучения | Нет деформаций

Устойчивость к климатическим изменениям

Система естественной термостабилизации **адаптируется к изменяющимся климатическим условиям**, автоматически регулируя интенсивность охлаждения в зависимости от температуры наружного воздуха. Отсутствие энергозависимых элементов исключает риск отказа системы.

Преимущества перед традиционными решениями

Кольцевой фундамент

- ✓ Равномерность vs неравномерные осадки
- ✓ Стабильность vs восприимчивость к пучению

Свайный фундамент

- ✓ Отсутствие просадок при оттаивании
- ✓ Равномерность vs неравномерность осадок

Свайный с термостабилизаторами

- ✓ Независимость от энергоснабжения
- ✓ Отсутствие эксплуатационных расходов

Показатели безопасности

Коэффициент запаса	>2,0
Срок службы	50+ лет
Надежность	99,9%

ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА

Минимизация земляных работ и сроков строительства

Отсутствие глубоких котлованов

Благодаря защитному слою из геотекстиля и геомембраны, обеспечивающему **отвод талых сезонных вод** и минимизацию растепления грунтов под фундаментом, необходимость в создании глубоких котлованов полностью отсутствует.

Традиционные решения	Патентованное решение
Котлован 3-5 м	Поверхностное

Устройство выше отметки рельефа

Фундамент сооружается **выше основной отметки рельефа эксплуатации**, что позволяет сократить объем земляных работ и использовать техногенные грунты без необходимости их удаления на значительную глубину.

Экономия времени | Снижение затрат

Стандартная строительная техника

Для сооружения фундамента используется **обычная строительная техника**, не требующая специализированного оборудования. Операции, требующие специального освидетельствования (скрытые работы), сведены к минимуму.

Сравнение сроков строительства



Сокращение времени строительства в **2-3 раза** по сравнению со свайным фундаментом

Преимущества технологии

- Простота конструкции не требует специальной подготовки персонала
- Возможность работы на больших участках и одновременно на нескольких объектах
- Минимум операций, требующих освидетельствования скрытых работ
- Соответствие требованиям к бетонным фундаментам в обычных условиях

Экономия времени и ресурсов на всех этапах строительства

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Практическое отсутствие эксплуатационных расходов

Нулевое энергопотребление

Система термостабилизации работает исключительно за счет **естественной конвекции воздуха**, создаваемой разностью высот приточных и вытяжных коробов. Отсутствие вентиляторов, насосов и других энергопотребляющих элементов обеспечивает полную энергонезависимость.

Электроэнергия	Годовая экономия
0 кВт • ч	100%

Минимальное техническое обслуживание

Конструкция фундамента не содержит **движущихся частей и сложных механизмов**, требующих регулярного обслуживания. Единственная операция — переключение шиберных заслонок в начале и конце зимнего периода.

2 раза в год | Ручное управление

Мониторинговая система

В конструкции предусмотрены **термометрические трубки** (не менее двух), устанавливаемые совместно с элементами плиты, обеспечивающие контроль температуры грунтов основания на весь период эксплуатации.

Сравнение эксплуатационных расходов

Свайный с термостабилизаторами	
Электроэнергия (вентиляторы)	50-100 тыс. ₽/год
Обслуживание системы	30-50 тыс. ₽/год
Ремонт и замена элементов	20-40 тыс. ₽/год
Итого в год	100-190 тыс. ₽

Патентованное решение	
Электроэнергия	0 ₽
Обслуживание системы	0 ₽
Ремонт и замена элементов	0 ₽
Итого в год	0 ₽

Экономия за 50 лет эксплуатации

5-9,5 млн ₽

Только за счет отсутствия эксплуатационных расходов

БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Интеграция элементов волногасителей в габариты фундамента

Проблема квазимгновенного разрушения

При аварийной ситуации с разрушением резервуара происходит **мгновенный выход жидкости**, образующий волну, способную нанести значительный ущерб окружающей инфраструктуре и создать экологическую катастрофу.

Скорость волны	Высота волны
10-30 м/с	1-3 метра

Инновационное решение интеграции

Конструкция восьмиугольной плиты обеспечивает **возможность размещения элементов волногасителей** непосредственно в габаритах фундамента без увеличения общей площади строительства.

Внутри контура | Без доп. площади

Преимущества интегрированной системы

- ✓ Локализация аварии
- ✓ Защита персонала
- ✓ Снижение скорости волны
- ✓ Экологическая безопасность

Типы волногасителей

Перфорированные барьеры
Рассеивание энергии волны через систему отверстий

Направляющие каналы
Контролируемое направление потока жидкости

Абсорбирующие элементы
Поглощение кинетической энергии волны

Эффективность системы

Снижение скорости волны	60-80%
Уменьшение высоты волны	50-70%
Зона поражения	-40%

⚠ **Комплексный подход** к безопасности объекта

УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Возможность устройства на слабых и неустойчивых грунтах

Снижение приведенной нагрузки

Благодаря увеличению опорной площади за счет восьмиугольной формы плиты с выносом за контур днища резервуара, **приведенная нагрузка на основание снижается до 0,7-0,75 кг/см²**, что позволяет использовать фундамент на слабых и неустойчивых грунтах без их предварительного укрепления.

Традиционные решения	Патентованное решение
1,5-2,5 кг/см²	0,7-0,75 кг/см²

Геометрия восьмиугольника

Форма правильного восьмиугольника обеспечивает **оптимальное распределение нагрузки** на основание и смещение границы сезонно-талого слоя относительно сжимаемой толщи основания.

Равномерность | Стабильность

Применимость на различных грунтах

Конструкция фундамента позволяет строить резервуары на **торфяниках, слабых глинах, плывунах и других проблемных грунтах** без проведения дорогостоящих работ по укреплению основания.

Типы грунтов для применения

Торфяники
Высокая сжимаемость, низкая несущая способность

Слабые глины
Низкая прочность, большие осадки

Плывуны
Ненесущие грунты, требующие замены

Насыпные грунты
Неравномерная плотность, просадки

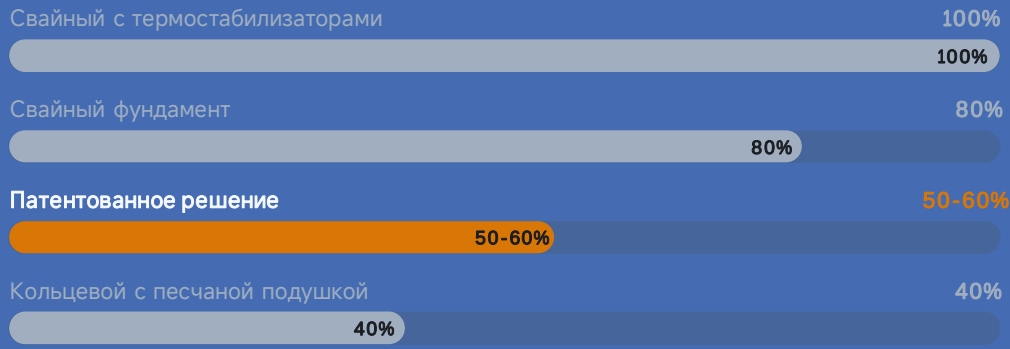
Экономический эффект

Без укрепления грунтов	-30%
Сроки строительства	-40%
Стоимость работ	-25%

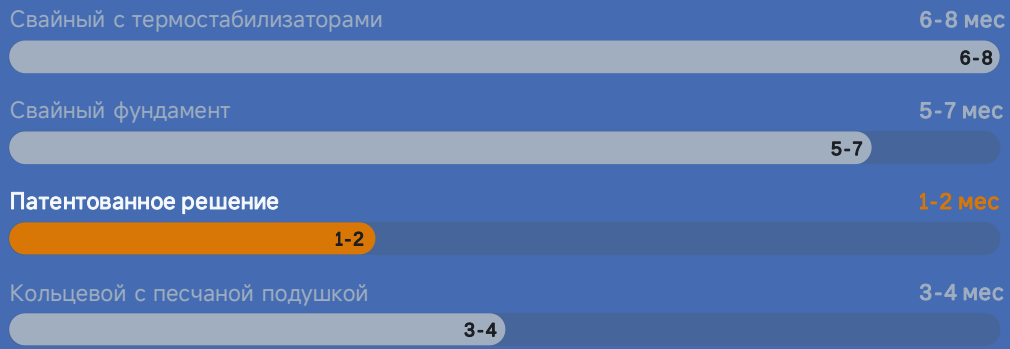
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Сравнительный анализ стоимости и сроков

₽ Стоимость строительства (относительные единицы)



Сроки строительства (месяцы)



Совокупная экономия за 50 лет

Сравнение с кольцевым фундаментом

Строительство	+25%
Ремонт деформаций (3 раза)	Экономия 100%
Аварийные ситуации	Экономия 100%
Итого	**Экономия 60-70%**

Сравнение со свайным с термостабилизаторами

Строительство	-40-50%
Эксплуатация (50 лет)	Экономия 100%
Замена оборудования	Экономия 100%
Итого	**Экономия 70-80%**

Ключевые факторы экономии

- ✓ Минимизация земляных работ и котлованов
- ✓ Отсутствие энергопотребления на протяжении всего срока
- ✓ Нулевые эксплуатационные расходы
- ✓ Исключение аварий и деформаций
- ✓ Сокращение сроков строительства в 2-3 раза

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Характеристики и требования к конструкции

Геометрические параметры

Форма плиты
Правильный восьмиугольник

Вынос за днище РВС
2-3 метра

Толщина плиты
По расчету (типово 0,8-1,2 м)

Материалы

Бетон
B25-B30, морозостойкий

Арматура
По расчету, класс A400

Вентиляционные трубы
ПВХ или металл, Ø 100-200 мм

Система вентиляции

Тип вентиляции
Естественная, без принудительной

Размещение труб
Параллельно, через равные промежутки

Воздушные коллекторы
Разделены перегородками, 3+ секции

Короба
Приточный < Вытяжной по высоте

Защитные элементы

Защитный слой
Геотекстиль + геомембрана

Шиберные задвижки
Ручное управление, 2 раза в год

Термометрические трубки
Не менее 2 шт., мониторинг

Нагрузочные характеристики

Приведенная нагрузка кг/см²	0,7-0,75
Коэффициент запаса	>2,0
Расчетный срок службы лет	50+

Требования к основанию

- ✓ Многолетнемерзлые грунты
- ✓ Возможность применения на слабых грунтах
- ✓ Устройство без глубоких котлованов
- ✓ Поверхностное размещение

Все параметры по расчету и проектированию

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Климатические условия и регионы применения

Рекомендуемые регионы

Фундамент предназначен для эксплуатации в **районах Крайнего Севера и приравненных к ним территориях** с распространением многолетнемерзлых грунтов, где традиционные решения не обеспечивают требуемой надежности.

- Ямало-Ненецкий АО
- Ханты-Мансийский АО
- Ненецкий АО
- Чукотский АО
- Республика Саха (Якутия)
- Красноярский край (север)

Климатические условия

Среднегодовая температура	-5°C до -15°C
Минимальная температура	-50°C до -60°C
Продолжительность зимы	7-9 месяцев
Глубина промерзания	1,5-3,0 м

Условия грунтов

Тип грунтов
Многолетнемерзлые песчаные, глинистые, суглинистые грунты

Температура грунтов
От -0,5°C до -5°C (в зависимости от региона)

Ледистость
Допускается наличие льда в составе грунтов

Слабые грунты
Возможно применение на торфяниках, плывунах

Адаптация к климатическим изменениям

- Работает при повышении среднегодовой температуры
- Автоматическая регулировка интенсивности охлаждения
- Сохраняет эффективность при сокращении зимнего периода
- Устойчив к экстремальным температурным колебаниям

~65% территории РФ — зона применения

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ключевые преимущества патентованного решения

Геотехническая безопасность

- ✓ Равномерное охлаждение грунтов
- ✓ Исключение деформаций резервуара
- ✓ Устойчивость к климатическим изменениям
- ✓ Пространственная жесткость конструкции

Экономическая эффективность

- ✓ Минимизация земляных работ
- ✓ Нулевые эксплуатационные расходы
- ✓ Сокращение сроков строительства в 2-3 раза
- ✓ Экономия 70-80% за срок службы

Технологичность

- ✓ Естественная термостабилизация
- ✓ Применимость на слабых грунтах
- ✓ Интеграция волногасителей
- ✓ Стандартное строительное оборудование

Патент	Дата регистрации	Тип вентиляции	Эксплуатация
№2799222	04.07.2023	Естественная	0 ₽/год

ПАТЕНТ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ №2799222

Инновационное решение для геотехнической безопасности

Фундамент для вертикального стального резервуара с естественной термостабилизацией

—

надежная защита в условиях многолетнемерзлых грунтов и климатических изменений

Безопасность
Исключение деформаций и аварий

Экологичность
Нулевое энергопотребление

Экономичность
Экономия 70-80% за срок службы

Универсальность
Применимость на слабых грунтах

Автор: **Керимов Алигюшад Гасан оглы**

Дата подачи заявки: **24.03.2023** | Дата регистрации: **04.07.2023**