



**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ**  
**«РН-КРАСНОЯРСКНИПИНЕФТЬ»**  
(ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть»)

II Всероссийская молодежная научно-  
техническая конференция нефтегазовой  
отрасли «Молодая нефть»

## ТЕЗИСЫ ДОКЛАДА

---

### **ВОЗМОЖНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СВАЙ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ СИЛ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ**

Автор:

**Емельянов Алексей Николаевич**

Инженер отдела комплексного проектирования

Научный руководитель:

**Хомутов Евгений Игоревич**

Начальник отдела комплексного проектирования

Красноярск, 2015

## Аннотация

В данной работе рассмотрены возможность и эффективность применения различных видов свай в условиях вечной мерзлоты с целью снижения воздействия сил морозного пучения (МП). Разработан собственный вид противопучинных свай. Проведен сравнительный анализ различных видов свай по ряду критериев с целью определения оптимального варианта их использования при устройстве свайных фундаментов на примере промышленного нефтегазопровода участка К1-К103 Лодочного месторождения. Произведены проверочные расчеты свай с учетом конструктивных особенностей применения противопучинных мероприятий, приведены технико-экономические расчеты с указанием ожидаемого экономического эффекта от внедрения проекта. Сделаны соответствующие выводы и определены перспективы дальнейшего исследования.

## Введение

Освоение северных месторождений газа и нефти сопровождается строительством объектов основного производства по добыче, сбору и подготовке товарной продукции (насосные станции, системы трубопроводов, различного рода емкости и т.д.), а также строительством инфраструктурных объектов (жилые и общественные здания и сооружения). При этом часто сталкиваются с негативными природными проявлениями, такими как морозное пучение (МП) и коррозия свайных фундаментов.

В настоящее время основным мероприятием по снижению действия сил МП является заанкеривание свай в вечномерзлый грунт, расположенный ниже глубины возможного оттаивания. Этого добиваются путем увеличения длин свай.

Актуальность работы обусловлена тремя составляющими:

- Высокие капитальные затраты на ремонт и усиление зданий и сооружений, подвергшихся деформациям от действия сил МП (в некоторых случаях стоимость ремонта и усиления превышает стоимость нового строительства);
- Перерасход металла при заанкеривании свай в вечномерзлый грунт;
- Возможная остановка производства вследствие деформаций конструкций производственных зданий и сооружений.

Целью данной работы является рассмотрение вопроса о возможности и эффективности использования методов снижения действия сил МП на примере промышленного нефтегазопровода участка К1-К103 Лодочного месторождения.

## Основная часть

Силами морозного пучения называют силы воздействия пучащегося грунта на фундамент. Эти силы по направлению их к поверхности фундамента делят на касательные и нормальные. Под касательными силами понимают силы, направленные вдоль поверхности фундамента  $\tau_{\text{н}}$  (по боковой поверхности фундамента), под нормальными силами понимают силы, направленные перпендикулярно (нормально) поверхности фундамента (под подошвой фундамента). В пределах глубины сезонного промерзания (оттаивания) основания  $d_{\text{н}}$ , грунт попеременно будет находиться в талом и мерзлом состоянии.

В зимний период грунт, окружающий фундамент или сваю, смерзается с боковой поверхностью и в результате пучения стремится выдавить фундамент вверх. Если усилия, противодействующие силам морозного пучения (в мерзлых грунтах основная противодействующая сила – смерзание нижележащего грунта  $R_{\text{af}}$ ) являются недостаточными, фундамент вместе с сооружением может подняться на некоторую высоту. Летняя осадка фундамента не компенсирует деформации пучения. Таким образом, год за годом деформации пучения накапливаются.

В ходе работы была рассмотрена возможность и эффективность применения различных видов свай в условиях вечной мерзлоты с целью снижения воздействия сил морозного пучения:

1. Применение свай СМОТ [3].
2. Применение свай из стальных труб.
3. Применение винтовых свай [7].
4. Применение свай «AntiFrost» (собственные разработки по борьбе с морозным пучением).

### **Применение свай из стальных труб, винтовых свай, свай «СМОТ»**

Сваи из стальных труб представляют собой стальные трубы по ГОСТ 8732-78 [8] сталь 09Г2С с закрытым нижним концом. Наконечники свай – конические, выполняются из листового металла способом раскроя и сварки лепестков. Погружение свай принято буроопускным способом, в предварительно пробуренную лидерную скважину большего диаметра. Для заполнения пазух между стенками скважин и свай применен песчано-цементный раствор. Основным мероприятием по предотвращению выпучивания является заглубление свай в мерзлый грунт. Этого добиваются путем увеличения длины свай. Такой прием является достаточно эффективным, но приводит к большому расходу металла.

Сваи «СМОТ» изготавливаются из металлических труб различного диаметра с анкерными устройствами. Анкерные устройства разнообразны и представляют собой:

- анкер из уголков (к телу сваи привариваются уголки);
- анкер с лепестками (из тела сваи вырезаются лепестки);
- анкер из арматуры (к телу сваи приваривается арматура);
- анкер с отверстиями (из тела трубы вырезаются отверстия) и т.д.

Винтовая свая состоит из стального вала и приваренных к нему одной, двух и/или более стальных винтовых лопастей. Вал винтовой сваи изготавливается из бесшовных труб. Винтовые лопасти изготавливаются из стального листа. Сваи завинчиваются в предварительно пробуренную скважину равную диаметру трубы.

### **Применение свай «AntiFrost»**

Свая представляет собой стальную трубу по ГОСТ 8732-78 [8] сталь 09Г2С с закрытым нижним концом. Наконечник сваи – конический, выполняется из листового металла способом раскроя и сварки лепестков. Погружение сваи принято буроопускным способом, в предварительно пробуренную лидерную скважину. Для заполнения пазух между стенками скважины и сваей применен песчано-цементный раствор.

Анкерный пояс представляет собой круглую пластину толщиной не менее 8 мм (рис.1). Анкеры привариваются к свае вкруговую и усилены четырьмя ребрами жесткости. Расстояние от отметки верха наконечника сваи до анкера составляет  $d$  сваи. Расстояние между анкерами составляет  $2d$  сваи. Анкеры устраиваются только в зоне вечномерзлого грунта.

Для того чтобы сэкономить пространство, складирование и транспортировка свай «AntiFrost» производится ряд к ряду со смещением относительно друг друга на величину, равную диаметру трубы сваи, как показано на рисунке 2.

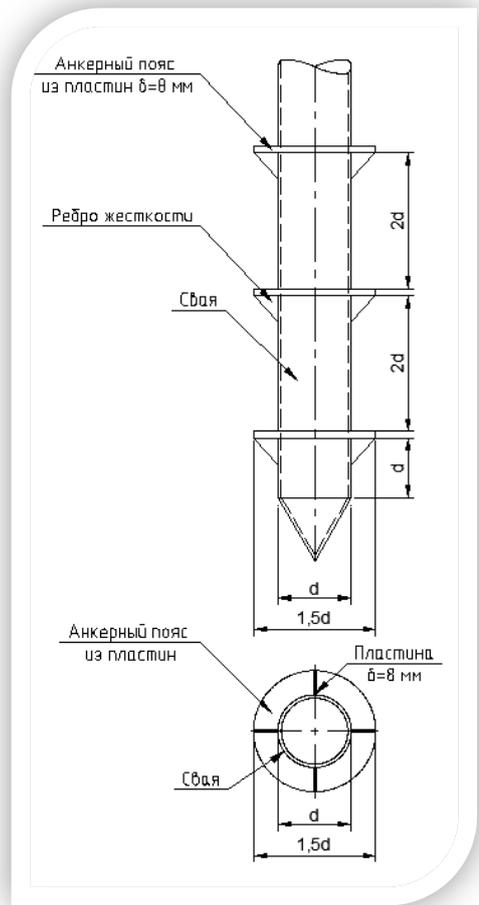
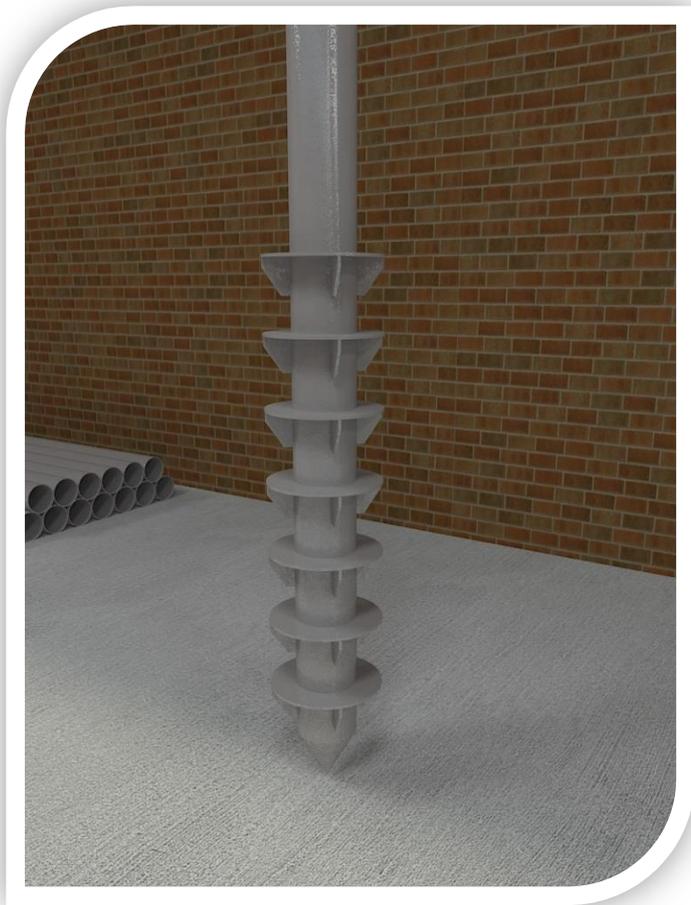


Рисунок 1 – Внешний 3D вид и чертежная схема свай «AntiFrost»

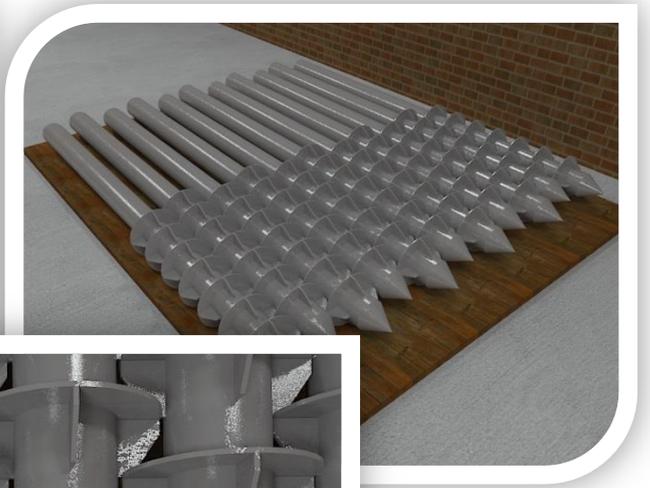


Рисунок 2 – Схема складирования и транспортировки свай «AntiFrost»

## Сравнение свай по несущей способности

Тип применяемых свай	Длина свай, м	Глубина погружения свай, м	Диаметр свай, мм	Масса свай, кг	Расчетная касательная сила пучения, кН	Значение силы, удерживающей фундамент от выпучивания, кН
Сваи из стальных труб	11	9	219	566,70	130	<b>157,60</b>
Сваи «СМОТ»	9	7	219	462,90	130	<b>194,27</b>
Винтовые сваи	10	8	219	535,6	130	<b>131,34</b>
Сваи «AntiFrost»	9	7	219	492,21	130	<b>169,10</b>

- Наибольшей несущей способностью обладают сваи «СМОТ» (анкер с лепестками).
- Винтовые сваи обладают наименьшей несущей способностью.
- Несущая способность свай «AntiFrost» при глубине погружения 9 м обеспечивается с запасом. По несущей способности уступают сваям «СМОТ» приблизительно на 15%, и превосходят стальные сваи примерно на 20%.

## Технико-экономическое сравнение свай под нефтегазопровод на примере участка К1-К103 Лодочного месторождения (сметная стоимость)

Тип применяемых свай	Длина свай, м	Масса свай, кг	Стоимость устройства 1 сваи, тыс. руб.	Стоимость устройства свай на 1 км нефтепровода, тыс. руб.	Стоимость устройства свай нефтепровода длиной 15,4 км, тыс. руб.	Экономический эффект от внедрения, тыс. руб.
Сваи из стальных труб	11	566,70	95,18	11897,5	331506,03	<b>0</b>
Сваи СМОТ	9	462,90	95,72	11965	333406,05	<b>+1900</b>
Винтовые сваи	10	535,6	102,23	12778,75	356069,92	<b>+24563,89</b>
Сваи «AntiFrost»	9	492,21	91,26	11407,75	319253,57	<b>-12252,46</b>

- Наибольшая стоимость устройства у винтовых свай;
- Самая низкая стоимость у свай «AntiFrost». Экономический эффект от внедрения свай «AntiFrost» на примере промышленного нефтегазопровода участка К1-К103 Лодочного месторождения составляет 12,25 млн. руб. (длина нефтегазопровода составляет 15,4 км; количество свай – 3483 шт).

## **Заключение**

Проведена оценка перспектив использования некоторых видов свай в условиях вечной мерзлоты.

К недостаткам свай «AntiFrost» можно отнести дополнительную трудоемкость изготовления, а также необходимость предъявлять дополнительные требования укладки свай при транспортировке и складировании.

К преимуществам свай «AntiFrost» можно отнести:

- снижение металлоемкости фундамента при использовании свай «AntiFrost» (возможность применения свай с меньшим диаметром и глубиной погружения);
- высокая несущая способность на вдавливающие и выдергивающие нагрузки;
- долговечность (25-50 лет), экологичность;
- высокая сейсмоустойчивость;
- не требуется дополнительная гидроизоляция.

По результатам расчетов в практике свайного строительства на вечномерзлых пучинистых грунтах для сооружения III класса ответственности рекомендуются для применения сваи «AntiFrost», применение которых позволит снизить капитальные и эксплуатационные затраты приблизительно на 10%. Для сооружений I и II класса ответственности несущую способность свай «AntiFrost» необходимо определять опытным путем.

## **Список использованной литературы**

1. СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты»;
2. «Механика грунтов, основания и фундаменты», Б.И. Далматов. Издание второе, переработанное и дополненное. Ленинград, стройиздат, 1988 г.;
3. Серия 1.411.3-11 «Свая металлическая трубчатая «СМОТ». Материалы для проектирования;
4. Инженерно-строительный журнал, №4, 2013 г.;
5. Типовые проектные решения. Элементы и узлы свайных фундаментов. ОАО «ТомскНИПИнефть», шифр: 3297-ТПР-0008.001.14-ОРП-01-СРД-001;
6. Журнал "Газовая промышленность" №7 от 2011г. Статья о применении винтовых свай для обустройства Бованоненковского месторождения (ОАО "ВНИПИГаздобыча);
7. Винтовые сваи СВС, ТУ 5260-005-80834535-2011;
8. ГОСТ 8732-78 «Трубы стальные бесшовные горячедеформированные».