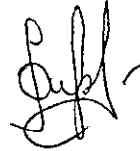


На правах рукописи



ФАРХЕТДИНОВ ИЛЬШАТ РЕВИНЕРОВИЧ

**ЗАКРЕПЛЕНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ
ВИНТОВЫМИ АНКЕРНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ
ПОВЫШЕННОЙ УДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ**

Специальность 25.00.19 – «Строительство и эксплуатация
нефтегазопроводов, баз и хранилищ»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Уфа – 2006

Работа выполнена на кафедре «Сооружение и ремонт газонефтепроводов и газонефтехранилищ» Уфимского государственного нефтяного технического университета.

Научный руководитель доктор технических наук, доцент
Мустафин Фаниль Мухаметович.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Азметов Хасан Ахметзиевич;
кандидат технических наук
Щепин Николай Федорович.

Ведущая организация филиал «Уфагипротрубопровод».

Защита состоится «21» декабря 2006 года в 10⁰⁰ на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.289.04 при Уфимском государственном нефтяном техническом университете по адресу: 450062, Республика Башкортостан, г.Уфа, ул.Космонавтов, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уфимского государственного нефтяного технического университета.

Автореферат разослан «20» ноября 2006 года.

Ученый секретарь совета



Ямалиев В.У.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

На тысячекилометровых расстояниях, через которые прокладываются трубопроводы, встречаются самые разнообразные топографические, геологические и климатические условия, различные искусственные и естественные препятствия, например, значительное количество малых и больших рек, озер, водохранилищ, глубоких болот, сложенных слабыми грунтами.

Современные экономические условия поставили ряд проблем отрасли строительства предприятий нефтяной и газовой промышленности: ускорение темпов выполнения работ, ликвидация сезонности, повышение качества трубопроводного строительства.

Комплексное решение этих проблем может быть выполнено на основе системного анализа и зависит, прежде всего, от принятия оптимальных проектных решений, использования новых материалов и конструкций, повышения уровня механизации, разработки и внедрения более современной технологии производства работ, а также прогрессивных форм организации строительства мощных трубопроводных систем.

Строительство трубопроводов в обводненной и заболоченной местности требует дифференцированного подхода к принимаемым техническим и технологическим решениям в зависимости от природно-климатических характеристик региона, а также анализа существующих методов оценки пересекаемых трубопроводами болот.

Особое место в решении задач ускоренного строительства трубопроводов в обводненных и заболоченных местах и районах занимают вопросы обеспечения их продольной устойчивости.

На примере только ООО «Тюментрансгаз», которое осуществляет свою деятельность на территории Ямало-Ненецкого, Ханты-Мансийского автономных округов и Свердловской области и эксплуатирует 17 ниток газопроводов общей протяженностью в однопиточном исчислении 26 769,02 км, из которых 60% (более 16 000 км) проходят по болотам и

заболоченным равнинным участкам с множеством ручьев и рек. Протяженность участков, находящихся в непроектном положении в результате потери продольной устойчивости, составила: 1997 г. – 771 км, 1998 г. – 834 км, 1999 г. – 893 км, 2000 г. – 929 км, 2001 г. – 891 км, 2002 г. – 754 км.

Современный ввод в эксплуатацию основных трубопроводных магистралей стал возможен в значительной степени благодаря применению для закрепления трубопроводов на проектных отметках различных анкерных устройств, имеющих в ряде случаев гораздо лучшие экономические показатели, существенно уменьшающие объем железнодорожных и автомобильных перевозок по сравнению с утяжеляющими железобетонными грузами.

В настоящее время основными задачами этого направления являются дальнейшее повышение надежности работы средств балластировки и закрепления трубопроводов, снижение их материалоемкости и транспортных расходов, а также дальнейшее повышение темпов работ.

Цель работы: разработка новой конструкции и технологии балластировки трубопроводов винтовыми анкерными устройствами, направленных на увеличение их удерживающей способности и повышение надежности закрепления трубопроводов.

Задачи исследований:

- 1) разработка новой конструкции винтового анкерного устройства повышенной удерживающей способности;
- 2) экспериментальное исследование изменения удерживающей способности винтовых анкеров при воздействии различных факторов;
- 3) разработка математической модели для определения влияния различных факторов на удерживающую способность винтового анкерного устройства повышенной удерживающей способности;
- 4) исследование влияния геометрических параметров винтовых анкеров и физико-механических свойств грунта на их несущую способность, с последующей разработкой рекомендаций по выбору конструкции анкеров;
- 5) разработка новых конструктивных схем и технологии балластировки трубопроводов с применением винтовых анкерных устройств повышенной удерживающей способности.

Методы решения задач

При решении поставленных задач и обработке промышленной технологической информации использовался наиболее популярный алгоритм «Поиск решения» «MS Excel», широко применяемый при решении задач нелинейной оптимизации Generalized Reduced Gradient (GRG2), разработанный Леоном Ласдоном (Leon Lasdon, University of Texas at Austin) и Аланом Уореном (Allan Waren, Cleveland State University).

Научная новизна:

1 Разработана новая конструкция винтового анкерного устройства повышенной удерживающей способности.

2 На основе проведенного эксперимента получены зависимости удерживающей способности винтового анкера от различных факторов.

3 Впервые предложена расчетная математическая модель винтового анкерного устройства повышенной удерживающей способности, позволяющая получить результаты с погрешностью расчетов до 6%.

4 Проведено исследование влияния параметров винтовых анкеров и свойств грунта на их несущую способность, на основании чего разработаны рекомендации по выбору конструкции анкеров.

5 Разработана новая технология производства работ по закреплению трубопроводов с использованием винтовых анкерных устройств повышенной удерживающей способности.

На защиту выносятся экспериментальные исследования, теоретические выводы и обобщения, разработанная математическая модель, метод, эмпирические зависимости, технические и технологические решения по повышению удерживающей способности и надежности баллаستировки трубопроводов винтовыми анкерными устройствами повышенной удерживающей способности.

Практическая ценность диссертации состоит в том, что полученные в работе результаты дают возможность:

- использовать предложенную конструкцию винтовых анкерных устройств с целью увеличения удерживающей способности и надежности балластировки и закрепления трубопроводов на проектных отметках;

- использовать предложенную расчетную математическую модель анкера с целью оценки и прогнозирования удерживающей способности винтового анкера повышенной удерживающей способности в грунтах с различными физико-механическими свойствами.

Реализация работы

На разработанную конструкцию винтового анкерного устройства получен патент на изобретение №2205317 «Способ закрепления трубопровода», а основные результаты работы легли в основу РД 39Р-00147105-029-02 «Инструкция по балластировке трубопроводов с применением винтовых анкерных устройств с повышенной удерживающей способностью». Разработанные классификация средств и методов балластировки и закрепления трубопроводов на проектных отметках и расчетная математическая модель анкера, позволяющая оценить его удерживающую способность, используются в учебном процессе УГНТУ при чтении курса лекций. Предлагаемые способ и технология закрепления трубопроводов винтовыми анкерными устройствами повышенной удерживающей способности внедрены при сооружении промышленного трубопровода ООО «СМУ-4».

За активную и плодотворную научно-исследовательскую и общественную работу автор в 2004/05 учебном году был удостоен именной стипендии Президента Республики Башкортостан, а в 2005/06 учебном году – именной стипендии Президента Российской Федерации.

Апробация работы

Основные положения работы докладывались на следующих конференциях:

- IV конгрессе нефтепромышленников России, г.Уфа, 2003 г.;
- 9-й Международной научно-технической конференции «Проблемы строительного комплекса», г.Уфа, 2005 г.;
- Международной учебно-научно-практической конференции «Трубопроводный транспорт-2005», г.Уфа, 2005 г.;
- 57-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ, г.Уфа, апрель 2006 г.

Публикации

По материалам диссертации опубликовано 8 работ, в том числе 1 руководящий документ, 1 патент на изобретение, 4 статьи и тезисы 2-х докладов на научно-технических конференциях.

Структура и объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных выводов и рекомендаций; содержит 168 страниц машинописного текста, в том числе 25 таблиц, 48 рисунков и 7 приложений, библиографический список из 122 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы актуальность, цель и основные задачи исследований, основные положения, выносимые на защиту, характеристика научной новизны, практической ценности и апробации научных результатов.

Первая глава диссертации посвящена исследованию основных средств и методов балластировки и закрепления трубопроводов на проектных отметках, являющихся наиболее традиционными в трубопроводном строительстве.

Вопросы обеспечения устойчивости трубопроводов разрабатывались в трудах отечественных ученых: Айнбиндера А.Б., Ахметова Ф.Ш., Бабина Л.А., Березина В.Л., Бородавкина П.П., Бруна А.И., Быкова Л.И., Васильева Н.П., Григоренко П.Н., Дерцакяна А.К., Иванцова О.М., Ильина В.А., Камерштейна А.Г., Кулагина В.П., Минаева В.И., Ничевилова Г.В., Телегина Л.Г., Шукаева В.А., Ясина Э.М. и др., а также зарубежных – Арчибальда И.С., Николса Р., Маршалла Р.Г. и др.

В первом разделе предложена классификация, которая позволила сгруппировать существующие на сегодняшний день способы и методы балластировки и закрепления трубопроводов на проектных отметках в удобном виде. В предложенной классификации выделено две основные группы средств стабилизации трубопроводов. К средствам балластировки первой группы относятся устройства, воздействующие на трубопровод собственным весом. К средствам балластировки второй группы относятся анкерные устройства,

несущую способность которых определяют свойствами грунтов. На рисунке 1 представлена классификация способов балластировки трубопроводов.

К первому типу конструкций относятся:

- одиночные железобетонные грузы различных конструкций;
- групповая установка одиночных железобетонных грузов;
- одиночные чугунные грузы;
- минеральный грунт засыпки, обычно используется при повышенном заглублении трубопровода;
- закрепленные гидрофобизированные грунты;
- полимерно-контейнерные балластирующие устройства (ПКБУ), заполненные местным или привозным грунтом или щебнем;
- минеральный грунт в оболочке из нетканых синтетических материалов (НСМ);
- сплошное обетонирование труб;
- анкерные плиты;
- комбинированные способы.

Ко второму типу относятся анкерные устройства различных типов:

- винтовые анкерные устройства (ВАУ);
- раскрывающегося типа;
- выстреливаемые;
- взрывные;
- вмораживаемые;
- свайные консольного типа;
- якорные анкерные устройства;
- козловые анкерные устройства;
- ВАУ повышенной удерживающей способности;
- анкер-инъекторы.

Предложенная классификация позволяет:

- систематизировать многообразие способов и средств балластировки и закрепления трубопроводов;

Классификация способов балластировки трубопроводов

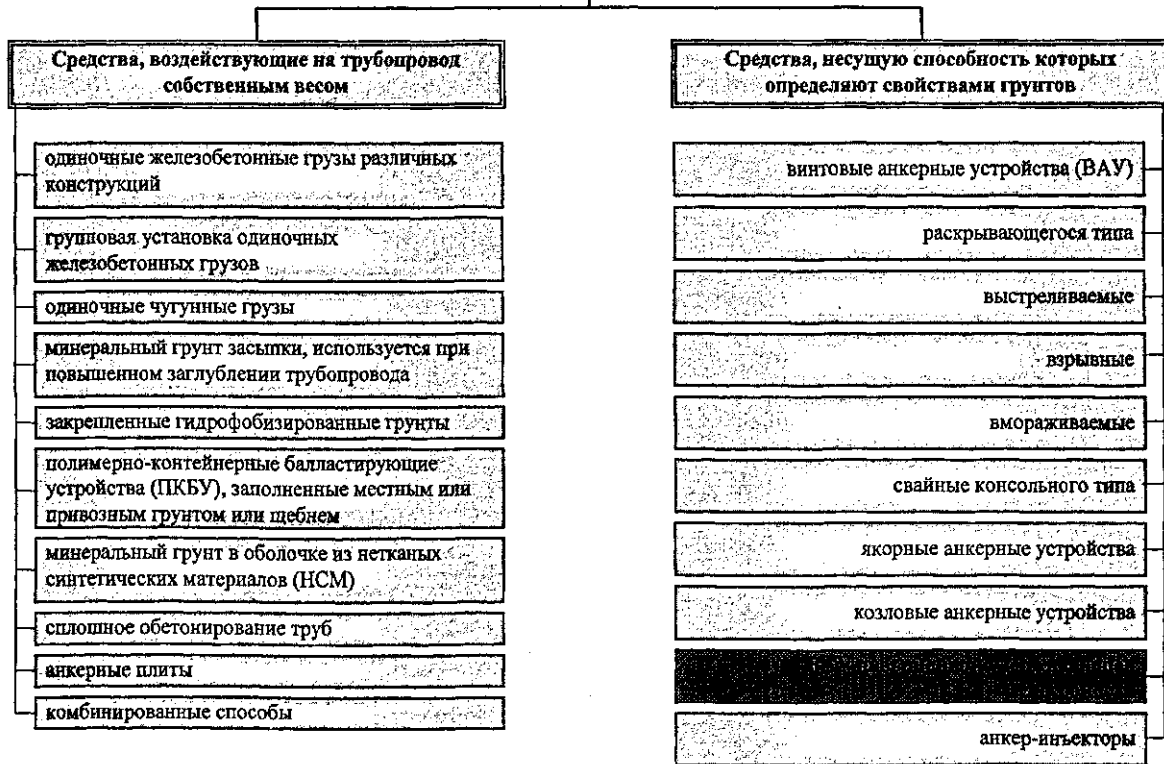


Рисунок 1 – Классификация способов балластировки трубопроводов

- на стадии проектирования выбрать оптимальный вариант балластировки согласно требованиям, определяющимся рабочим проектом;
- на стадии строительства изменить вид балластировки, предусмотренный проектом, на вариант более экономичный, но при сохранении проектной надежности.

Проведенный анализ применения различных способов балластировки и закрепления трубопроводов выявил положительный опыт применения анкерных устройств в трубопроводном строительстве и сооружении объектов высокой степени ответственности и показал их высокую экономическую эффективность по сравнению с балластировкой. Однако отказы и низкая ремонтпригодность анкерных устройств сдерживает их широкое использование в практике трубопроводного строительства. Это дает повод для разработки такой конструкции анкерного устройства, которая будет удовлетворять требованиям по надежности, даже за счет незначительного увеличения стоимости и материалоемкости.

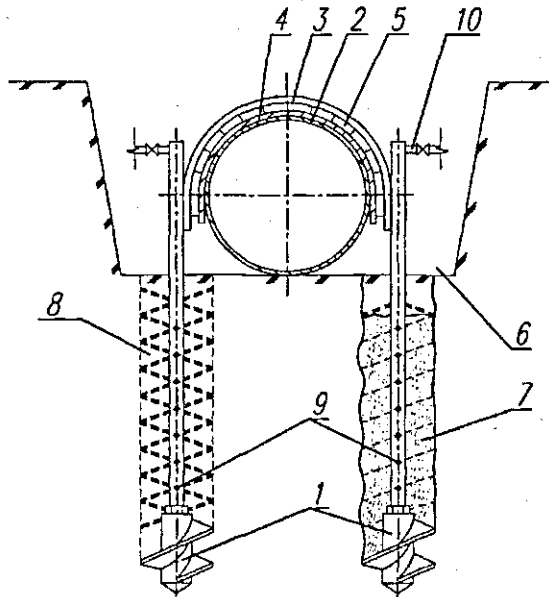
Во втором разделе рассмотрены успешно применяющиеся в несвязных грунтах в последние годы инъекционные (грунтовые) анкеры. Технологии устройства анкеров в рыхлых грунтах присущи те же особенности, что и инъекции в неоднородных слоистых средах, которые встречаются в природе намного чаще, чем однородные и изотопные. Разработке технологии и конструкции инъекционных анкеров посвящены работы Бешевлиева И.А., Дилова А.П., Евстатиева А.Г., Камбсфора А.Т., Марчука А.Н., Томова Б.С. и др.

Главной особенностью применения инъекционных анкеров является использование целой гаммы растворов, для изготовления которых помимо цемента применяются различные материалы. Несущая способность грунтовых анкеров усиливается за счет размеров и формы образуемого заинъектированного тела (корня анкера).

На основании анализа существующих типов инъекционных анкеров, применяемых в строительстве, выявлена возможность применения их принципов работы при разработке усовершенствованной конструкции анкерных устройств.

Во второй главе описана разработанная конструкция винтового анкерного устройства повышенной удерживающей способности, а также представлены экспериментальные и теоретические исследования удерживающей способности винтовых анкеров предлагаемой конструкции.

В первом разделе рассматриваемой главы автором предлагается способ закрепления трубопровода, решающий задачу увеличения эксплуатационной надежности и удерживающей способности винтовых анкерных устройств. Схема закрепления показана на рисунке 2.

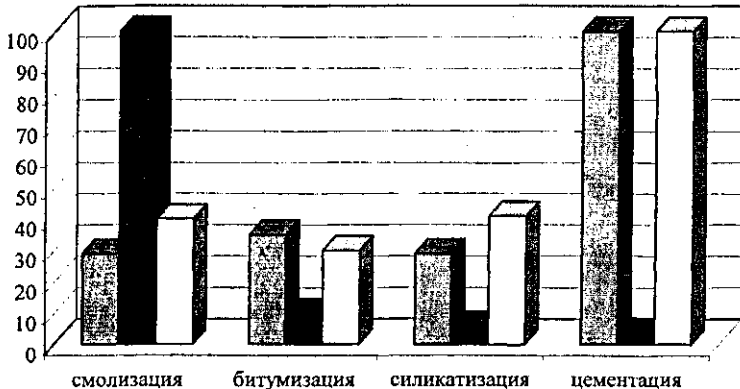


1 – винтовой наконечник анкера; 2 – трубопровод; 3 – силовой пояс; 4 – защитная прокладка из бризола; 5 – футеровочный мат; 6 – траншея трубопровода; 7 – грунт нарушенной структуры до инъецирования закрепляющего вещества; 8 – закрепленный грунт после инъецирования; 9 – отверстия для инъециции вяжущего вещества в грунт; 10 – штуцер

Рисунок 2 – Схема закрепления трубопровода винтовыми анкерными устройствами повышенной удерживающей способности

Предлагаемый способ заключается в том, что при закреплении трубопровода на проектных отметках винтовыми анкерными устройствами, после их завинчивания в грунт производится закрепление разрыхленного грунта путем закачки через отверстия, расположенные на боковой поверхности тяги через некоторый шаг, вяжущего вещества. В качестве вяжущего можно использовать различные вещества: цементный раствор, смолы, силикат натрия и т.д. При этом все поры грунта с нарушенной структурой, образовавшиеся после прохождения винтового наконечника анкера, заполняются вяжущим веществом. После затвердения вяжущего вещества увеличиваются плотность, водоустойчивость и несущая способность грунта. Анкер и масса затвердевшего вещества создают единую конструкцию с увеличенной удерживающей способностью за счет увеличения сцепления с грунтом.

Во втором разделе на основании сравнительной диаграммы для выбора оптимального вяжущего продукта (рисунок 3) обосновано, что наиболее оптимальным способом закрепления грунта при проведении исследований является метод цементации.



■ прочность; ■ стоимость; □ применяемость по коэффициенту фильтрации грунта;

Рисунок 3 – Сравнительная диаграмма для выбора оптимального вяжущего продукта

Были рассмотрены четыре основных метода химического закрепления грунтов: смолизация, битумизация, силикатизация, цементация. Сравнивались эти методы по трем параметрам: стоимости, прочности грунта после проведения закрепления и области применения в грунтах с различными коэффициентами фильтрации.

Анализ данной диаграммы показал, что наиболее оптимальный метод закрепления грунтов для инъектирования при проведении исследований – способ цементации, он обладает наименьшей стоимостью и максимальной прочностью на сжатие. Однако этот способ не может быть применен при коэффициенте фильтрации грунта менее 80 м/сут. В нашем случае инъектирования речь идет не о сплошном массиве грунта с постоянным коэффициентом фильтрации, а в первую очередь о заполнении пустот разрыхленного грунта, образовавшегося после прохождения винтовой части анкера. С учетом всех этих факторов было принято решение о применении метода цементации в качестве инъектируемого продукта.

Третий раздел второй главы посвящен планированию и проведению эксперимента по определению удерживающей способности винтовых анкеров повышенной удерживающей способности.

Установлено, что для каждого из i параметров ($i=5$) требуется три опыта. Поэтому общее число опытов составит $3 \times 5 = 15$. Для увеличения точности аппроксимации величины факторов x_i при опытах должны включать максимальные и минимальные значения из области существования.

Проведенные исследования показали, что такие изменяемые параметры, как длина анкера, длина инъектируемой части, диаметр лопастей анкера, расстояние между отверстиями для инъектирования, а также объем закачиваемого вяжущего вещества, в той или иной степени влияют на удерживающую способность винтовых анкеров предлагаемой конструкции.

Четвертый раздел главы посвящен изучению существующих методик расчета винтовых анкеров согласно ВСН 39-1.9-003-98 и РД 39Р-00147105-029-02, а также сравнению полученных расчетных значений с экспериментальными данными.

На основании проведенных расчетов, согласно ВСН 39-1.9-003-98, получено, что удерживающая способность винтового анкера предлагаемой конструкции, по сравнению с обычным винтовым анкером, возрастает при увеличении:

- длины с 2,0 до 5,0 м за счет инъектирования вяжущего и закрепления разрыхленного грунта в 3,96-5,51 раз;
- длины инъектируемой части с 0 до 1,5 м до 6,4 раз;
- расстояния между отверстиями с 5 до 20 см в 4,6-5,4 раз;
- объема закачки с 0,02 до 0,05 м³ в 4,3-5,2 раз;
- диаметра лопасти с 0,2 до 0,4 м в 2,3-4,8 раз.

На основании материалов, приведенных в РД 39Р-00147105-029-02, установлено, что точность расчета удерживающей способности винтовых анкеров повышенной удерживающей способности по существующей методике неудовлетворительна, следовательно, необходима разработка новой, более точной методики.

Третья глава посвящена разработке методики расчета удерживающей способности анкерных устройств, с целью повышения её точности.

В первом разделе третьей главы предложена математическая модель анкерного устройства (рисунок 4). Рассмотрены силы, действующие на анкер.

Сила выдергивания F (рисунок 4) в предельном случае уравнивается четырьмя компонентами – двумя силами трения F_{mpa} и $F_{мпшт}$ о цилиндрические поверхности анкера и штока, силой нормального давления F_z на верхнюю горизонтальную поверхность анкера и весом самого анкера P , т.е.

$$F = F_{mpa} + F_{мпшт} + F_z + P. \quad (1)$$

Полную величину силы получим интегрированием по всей длине корня анкера l_u :

$$F_{mpa} = \int_{l_u}^{l_u+l_s} \pi \cdot D \cdot (\gamma \cdot A \cdot z \cdot tg\varphi + c) \cdot dz = \pi \cdot D \left[\frac{A \cdot \gamma}{2} (l_u^2 + 2 \cdot l_u \cdot l_s) \cdot tg\varphi + c \cdot l_u \right]. \quad (2)$$

Аналогично получена формула для силы трения штока:

$$F_{мпшт} = \int_0^{l_u} \pi \cdot d \cdot (A \cdot \gamma \cdot z \cdot tg\varphi + c) dz = \pi \cdot d \cdot \left(\frac{A \cdot \gamma}{2} \cdot l_u^2 \cdot tg\varphi + c \cdot l_u \right). \quad (3)$$

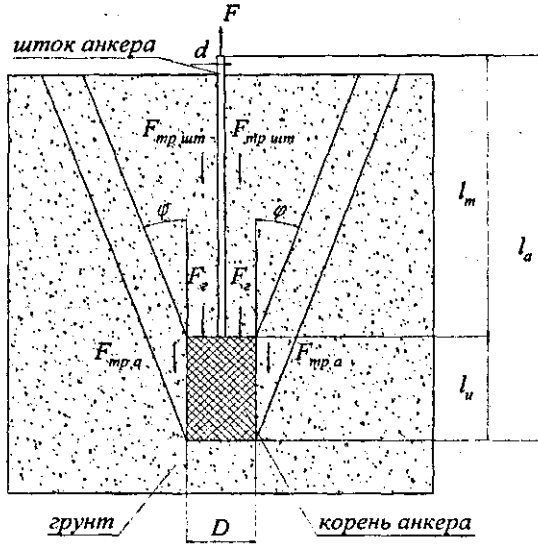


Рисунок 4 – Модель анкерного устройства

Силу F_s , равную в наших допущениях весу грунта, определяем по следующему выражению:

$$F_s = \frac{1}{3} \pi \cdot B \cdot \gamma \cdot (l_m + l_u)^3 \cdot \operatorname{tg}^2 \varphi, \quad (4)$$

где φ – угол внутреннего трения грунта (град);

c – сцепление грунта (Н/м^2);

γ – удельный вес грунта (Н/м^3);

A , B – безразмерные коэффициенты, компенсирующие ошибки наших допущений и определяющиеся эмпирически;

z – вертикальная координата, м;

l_a – длина анкера, м;

l_m – длина тяги анкера, м;

l_u – длина инъектируемой части анкера, м;

D – диаметр лопасти анкера, м;

d – диаметр штока (тяги) анкера, м.

Установлено, что последней компонентой в выражении (1) в условиях экспериментов можно пренебречь.

Таким образом, максимальная нагрузка на анкер, согласно принятой модели, определяется выражением

$$F = F_{\text{пр } a} + F_{\text{пр } \text{шт}} + F_z. \quad (5)$$

Для определения эмпирических постоянных A и B , входящих в уравнения (2), (3), (4) можно воспользоваться условием минимизации функционала:

$$\sum_{i=1}^N (F_i - F_{i\phi})^2 \rightarrow \min. \quad (6)$$

Во втором разделе приведено вычисление несущей способности винтовых анкеров повышенной удерживающей способности.

По результатам проведенных вычислений следует, что расчеты по формулам РД 39Р-00147105-029-02 во всех случаях дают завышенный результат в среднем на 73,6%. Стандартное отклонение составляет в этом случае 18,5%. Расчеты по предложенной модели дают в среднем погрешность не более 5,7% при стандартном отклонении 6,9%. Расчеты по формулам ВСН 39-1.9-003-98 во всех случаях дают заниженный результат в среднем на 81,4%. Стандартное отклонение составляет в этом случае 60,2%.

Таким образом, использование предложенных нами формул позволяет в несколько раз увеличить точность расчета удерживающей способности винтовых анкеров повышенной удерживающей способности.

В третьем разделе исследуется влияние параметров винтовых анкеров на их удерживающую способность.

Полученные зависимости (2), (3), (4) имеют аналитический вид типа $F = f(\gamma; \varphi; c; D; l_n; l_m)$, где первые три аргумента являются характеристиками грунта, а последние три описывают геометрические параметры анкера. Поэтому они позволяют рассчитывать максимальные нагрузки для различных типов грунтов и для разных конструкций анкеров, что является их безусловным достоинством, но возможность их использования для других грунтов все-таки нуждается в дополнительной проверке.

В качестве примеров были построены зависимости удерживающей способности анкера от длины его инъектируемой части, от длины анкера, от диаметра лопасти. Из анализа приведенных данных следует, что экспериментальные точки достаточно хорошо ложатся на теоретические кривые. Также построена зависимость удерживающей способности анкера при изменении сцепления и угла внутреннего трения грунта, хотя подобные результаты необходимо дополнительно проверять, поскольку математическая модель анкера строилась только при одних значениях c и φ . Аналогичные зависимости можно построить при различных геометрических параметрах анкера, но они имеют, до проведения экспериментов на других типах грунтов, скорее теоретический, чем практический интерес.

Несмотря на то, что предложенные формулы носят полужемпирический характер, что выражается в определении параметров уравнений путем обработки массива экспериментальных данных, в основе модели лежат физически оправданные принципы. Поэтому можно ожидать, что модель будет работать и в условиях, отличных от тех, при которых она получена.

В четвертом разделе третьей главы рассмотрены вопросы о погрешностях измерений и расчетов.

Как известно, точность модели не может превосходить точности исходных данных, на основе которых она построена. В расчетные формулы (2), (3), (4) входят как геометрические параметры анкера, так и характеристики грунта. По-видимому, можно считать, что геометрия анкера измерялась с большой точностью, по крайней мере, значительно превосходящей точность определения остальных параметров модели. Хотя длина корня и его диаметр непосредственно не измерялись, а принимались равными длине инъектируемой части и диаметру лопасти анкера соответственно, результаты расчетов показали, что это предположение справедливо.

Отмечено, что ошибки, полученные при измерениях физико-механических свойств грунта, компенсируются эмпирическими коэффициентами. Ситуация изменится, если применять эту полученную формулу для грунтов другого типа, характеристики которого определялись бы

в лаборатории, по используемой нами методике. В этом случае ошибка будет добавляться к ошибкам расчетов и самой расчетной формулы.

Четвертая глава посвящена разработке новой технологии работ по закреплению трубопроводов ВАУ повышенной удерживающей способности.

Краткая технологическая последовательность производства работ по балластировке трубопроводов с применением ВАУ повышенной удерживающей способности сводится к следующему: после укладки заизолированного трубопровода на дно траншеи в грунт погружаются винтовые анкерные устройства, через тягу анкера при помощи насосной установки в грунт нагнетается вяжущее вещество, после чего устанавливаются футеровочный мат и силовой пояс, с последующей засыпкой траншеи и рекультивацией плодородного слоя (рисунок 5).

Технологический процесс балластировки трубопровода ВАУ повышенной удерживающей способности разделяется на подготовительные и основные работы. В подготовительные работы, выполненные в условиях ремонтно-механических мастерских, входят следующие процессы:

- изготовление защитных ковриков;
- изготовление футеровочных матов;
- сборка и сварка винтовых анкеров с анкерными тягами.

В основные работы, выполненные на трассе, входят следующие процессы:

- разметка мест установки анкеров, выгрузка и раскладка анкеров и комплектующих элементов на берме траншеи;
- завинчивание анкеров в грунт;
- инъектирование вяжущего продукта в грунт;
- монтаж и сварка силового пояса с анкерными тягами.

Разработаны основные организационно-технологические схемы производства подготовительных и основных работ, а также комплектация машинами, механизмами, оборудованием и людскими ресурсами организационно-технологических схем производства работ применяемых при закреплении трубопроводов ВАУ повышенной удерживающей способности.

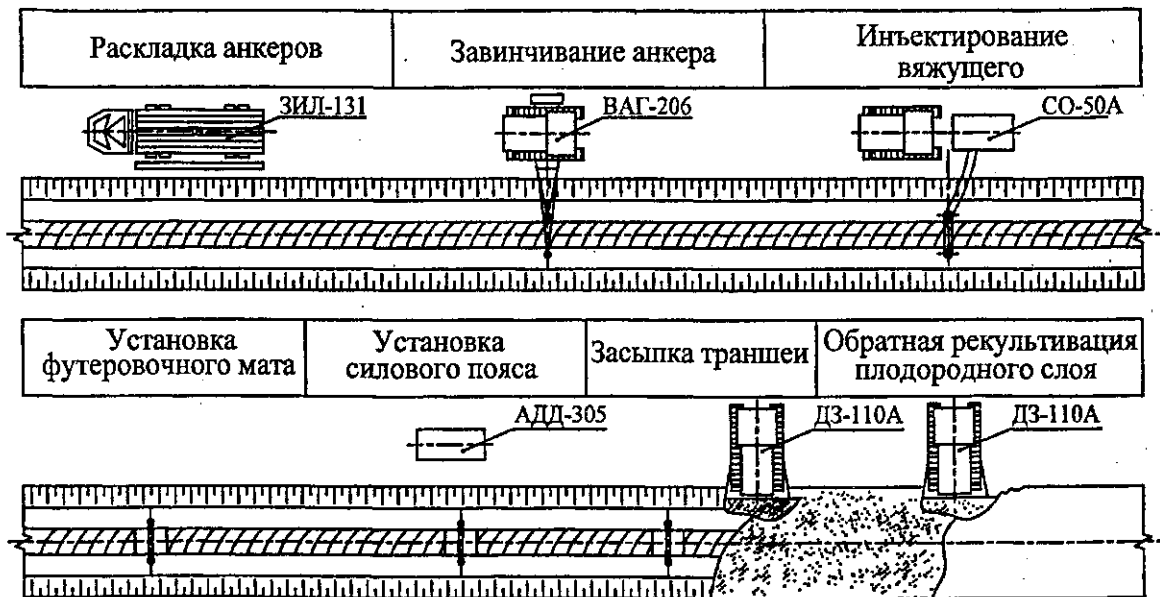


Рисунок 5 – Технология баллаستировки трубопровода винтовыми анкерными устройствами повышенной удерживающей способности

Во втором разделе рассмотрены вопросы контроля качества при производстве и приемке работ. При производстве и приемке работ по закреплению трубопроводов ВАУ повышенной удерживающей способности должен осуществляться входной, операционный и приемочный контроль.

Входному контролю подвергаются материалы, средства и устройства для балластировки и закрепления трубопроводов, которые должны иметь технический паспорт (сертификаты). Операционный контроль качества выполняемых работ по балластировке и закреплению трубопроводов ВАУ повышенной удерживающей способности производится согласно требованиям проектов производства работ и технологических карт, утвержденных в установленном порядке. Приемочный контроль качества балластировки и закрепления трубопроводов производится с целью проверки соответствия выполненных работ требованиям рабочей документации, технологических карт и проектов производства работ.

Третий раздел посвящен технике безопасности при производстве работ по балластировке трубопроводов винтовыми анкерными устройствами. При производстве работ по балластировке и закреплению трубопроводов винтовыми анкерными устройствами следует руководствоваться правилами техники безопасности, изложенными в соответствующих нормативных документах.

В четвертом разделе рассмотрены вопросы охраны окружающей среды. При организации работ по балластировке трубопроводов инъекционными анкерами необходимо осуществлять мероприятия и работы по охране окружающей природной среды, которые должны включать рекультивацию земель, предотвращение потерь природных ресурсов, предотвращение или очистку вредных выбросов в почву, водоемы и атмосферу. Указанные мероприятия и работы должны быть предусмотрены в проектно-сметной документации.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

- 1 На основе выполненного сравнительного анализа существующих средств балластировки и закрепления трубопроводов доказано, что наиболее экономичным способом обеспечения устойчивого положения трубопроводов на проектных отметках является их закрепление анкерными устройствами. Разработана новая конструкция винтового анкерного устройства повышенной удерживающей способности, позволяющая повысить эксплуатационную надежность закрепления трубопроводов на проектных отметках.
- 2 На основе экспериментального исследования воздействующих факторов на удерживающую способность винтовых анкеров предлагаемой конструкции установлено, что удерживающая способность, по сравнению с обычными винтовыми анкерами, возрастает при увеличении: длины в 3,96-5,51 раз, длины инъектируемой части до 6,4 раз, расстояния между отверстиями в 4,6-5,4 раз, объема закачки в 4,3-5,2 раз, диаметра лопасти в 2,3-4,8 раз. Показано, что точность расчета удерживающей способности винтовых анкеров повышенной удерживающей способности по существующей методике неудовлетворительна.
- 3 Построена расчетная математическая модель анкерного устройства, на основании которой получены эмпирические формулы для расчета удерживающей способности винтовых анкеров повышенной удерживающей способности. Установлено, что точность расчетов составляет 5,7%, что в несколько раз выше, чем при расчетах по существующим формулам. Показано, что при увеличении массива экспериментальных данных сохраняется устойчивость и повышается точность модели.
- 4 Исследовано влияние геометрических параметров ВАУ и физико-механических свойств грунта на удерживающую способность анкера. Показано хорошее совпадение теоретических и экспериментальных значений удерживающей способности. На основании предложенной математической модели построена теоретическая зависимость

удерживающей способности винтовых анкеров разработанной конструкции от свойств грунта, позволяющая прогнозировать её изменение при различных типах грунта. На основании полученных данных разработаны практические рекомендации по выбору параметров анкера.

5. Разработана новая технология работ по закреплению трубопроводов ВАУ повышенной удерживающей способности, позволяющая увеличить несущую способность одного анкерного устройства до 6,4 раз. Разработаны основные организационно-технологические схемы производства работ, а также комплектация машинами, механизмами, оборудованием и людскими ресурсами организационно-технологических схем производства работ, применяемых при закреплении трубопроводов ВАУ повышенной удерживающей способности.

Содержание работы опубликовано в 8 научных трудах, из которых №1-2 включены в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации в соответствии с требованиями ВАК Минобрнауки России.

- 1 Пат. 2205317. Способ закрепления трубопровода / И.Р. Фархетдинов, Ф.М. Мустафин, О.П. Квятковский, И.Ш. Гамбург, Р.А. Харисов, М.С. Квицинская. – 2002114023/06; заявлено 30.05.2002; опубл. 27.05.2003. – Бюл. №15.
- 2 Фархетдинов И.Р. Новая технология закрепления трубопроводов на проектных отметках винтовыми анкерными устройствами с повышенной удерживающей способностью // Сооружение, ремонт и диагностика трубопроводов: сб. науч. тр. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. – С.132-134.
- 3 РД 39Р-00147105-029-02. Инструкция по балластировке трубопроводов с применением винтовых анкерных устройств с повышенной удерживающей способностью / И.Р. Фархетдинов и др. – Уфа: Монография, 2002. – 66 с.

- 4 Фархетдинов И.Р. Повышение надежности балластировки трубопроводов / И.Р. Фархетдинов, Ф.М. Мустафин, Р.А. Харисов // IV конгресс нефтепромышленников России. – Уфа, 2003. – С. 26-28.
- 5 Фархетдинов И.Р. Новая технология закрепления трубопроводов на проектных отметках анкер-инъекторами / И.Р. Фархетдинов, А.О. Квятковский, А.Р. Хабирова, Р.А. Хабиров // Проблемы строительного комплекса России: материалы 9-й Международной научно-технической конференции при 9-й специализированной выставке «Строительство. Коммунальное хозяйство. Камнеобработка-2005». – Уфа, 2005. – С. 82.
- 6 Фархетдинов И.Р. Способ закрепления трубопроводов на проектных отметках винтовыми анкерными устройствами с повышенной удерживающей способностью // Проблемы строительного комплекса России: материалы 9-й Международной научно-технической конференции при 9-й специализированной выставке «Строительство. Коммунальное хозяйство. Камнеобработка-2005». – Уфа, 2005. – С. 84.
- 7 Фархетдинов И.Р. Классификация способов балластировки трубопроводов / И.Р. Фархетдинов, А.О. Квятковский, Ф.М. Мустафин // Трубопроводный транспорт-2005: тезисы докладов Международной учебно-научно-практической конференции. – Уфа, 2005. – С. 233.
- 8 Фархетдинов И.Р. Построение математической модели для расчета несущей способности анкерного устройства // Тезисы докладов 57-й научно-технической конференции УГНТУ. – Уфа, 2006. – С. 34-35.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю, заведующему кафедрой, д-ру техн. наук Мустафину Фанилю Мухаметовичу, а также коллективу кафедры «Сооружение и ремонт газонефтепроводов и газонефтехранилищ» УГНТУ за помощь и ценные замечания при подготовке работы.

Подписано в печать 14.11.06. Бумага офсетная. Формат 60x80 1/16.
Гарнитура «Таймс». Печать трафаретная. Усл. печ. л. 1.
Тираж 90. Заказ 251.

Типография Уфимского государственного нефтяного технического университета.
Адрес типографии:
450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.

