

На правах рукописи



Трошков Николай Алимпович

**Совершенствование методов проектирования
подземных трубопроводов на сложных
участках трассы**

**Специальность 25.00.19 - «Строительство и эксплуатация
нефтегазопроводов, баз и хранилищ»**

А в т о р е ф е р а т

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Уфа – 2006 г.

**Работа выполнена в открытом акционерном обществе
«Институт «Нефтегазпроект» (г. Тюмень)**


- Научный руководитель** - доктор технических наук, профессор
Малюшин Николай Александрович
- Официальные оппоненты:** - доктор технических наук, профессор
Азметов Хасан Ахметзиевич
- кандидат технических наук, доцент
Кутузова Татьяна Тимофеевна
- Ведущая организация:** **ОАО «Сибнефтепровод»**
ОАО «АК «Транснефть»
(г. Тюмень)

Защита диссертации состоится « 8 » декабря 2006 г. в 14-30 час. на заседании диссертационного совета Д 222.002.01 при Государственном унитарном предприятии «Институт проблем транспорта энергоресурсов» (ГУП «ИПТЭР») по адресу: 450055, г. Уфа, пр. Октября, №144/3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГУП «ИПТЭР» по адресу: г. Уфа, пр. Октября, № 144/3.

Автореферат разослан « 7 » ноября 2006 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук

 **Л.П. Худякова**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы

Сооружение и эксплуатация трубопроводов в районах со сложными природными и климатическими условиями обуславливают необходимость усовершенствования методов их проектирования и принятия новых конструктивных решений. Сооружение трубопроводов в таких условиях приводит к возникновению высоких напряжений при их эксплуатации и необходимости принятия конкретных мер по обеспечению надежной и безопасной эксплуатации трубопроводов.

Обеспечение надежности является весьма важным для трубопроводов, прокладываемых в районах Сибири и Севера, где суровые климатические условия и бездорожье делают техническое обслуживание и ремонт трубопровода сложной и дорогостоящей операцией. Кроме того, повреждение трубопроводов может иметь тяжелые экологические последствия. Научной базой этой концепции явились исследования известных научных школ и специалистов ОАО «АК «Транснефть», РГУНГ им. И.М. Губкина, УГНТУ, ТГНГУ, ГУП «ИПТЭР», ОАО «Гипротрубопровод», ОАО «Институт «Нефтегазпроект», ОАО «ВНИИСТ» и др.

Исследования В.Л. Березина, А.Г. Гумерова, П.П. Бородавкина, В.В. Новоселова, Г.Г. Васильева, О.М. Иванцова, Э.М. Ясина, Л.И. Быкова, Х.А. Азметова и других ученых позволили создать современные методы проектирования магистральных трубопроводов. Использование в практике проектирования и строительства достижений науки и техники обеспечили высокую надежность и безопасность магистральных трубопроводов. Однако по результатам анализа напряженного состояния трубопроводов на сложных участках и в связи с необходимостью дальнейшего повышения их надежности и безопасности проблема усовершенствования методов проектирования подземных трубопроводов в части выбора оптимальных конструктивных решений является весьма актуальной. Это особенно важно при проектировании магистрального нефтепровода Восточная Сибирь – Тихий океан (ВСТО), где рельеф трассы сильно изменчив. Перепады геодезических отметок по трассе превышают 1500 м.

Основные исследования по диссертационной работе выполнены в соответствии с Межгосударственной научно-технической программой “Высоконадежный трубопроводный транспорт”, утвержденной правительствами Российской Федерации и Украины в 1993 г.

Цель диссертационной работы - совершенствование методов расчета на прочность и проектирования подземных трубопроводов на сложных участках трассы с применением оптимальных конструктивных решений.

Основные задачи исследований

1. Анализ конструктивных решений и методов расчета на прочность и устойчивость подземных трубопроводов.
2. Оценка напряженно-деформированного состояния подземных трубопроводов, проложенных в сложных условиях.
3. Разработка методов снижения напряжений и перемещений подземного трубопровода.
4. Разработка методов проектирования подземных трубопроводов на сложных участках трассы, обеспечивающих снижение напряжений и их перемещений.

Научная новизна

1. Определены условия деформирования в грунте трубопроводов на поворотных участках под действием продольных сжимающих усилий и установлены основные критериальные соотношения для оценки напряженно-деформированного состояния трубопровода.
2. Получена аналитическая зависимость напряжений и перемещений трубопровода от параметров условий сооружения и их конструктивных решений.
3. Разработаны методы снижения напряжений и перемещений подземных трубопроводов на сложных участках.

4. Разработаны научно обоснованные методы проектирования и прочностных расчетов трубопроводов на сложных участках, обеспечивающие оптимальные по уровню напряжений условия работы.

Практическая ценность работы

1. Разработана методика расчета продольных напряжений и прогиба подземных трубопроводов на сложных участках, учитывающая эксплуатационные нагрузки и воздействия, геометрические характеристики трубопровода, свойства грунта и позволяющая назначать глубину заложения и конструкцию поворота трубопровода.

2. Разработаны конструктивные решения прокладки подземного трубопровода на криволинейных участках, позволяющие снизить напряжения и перемещения до нормативного уровня.

3. Разработана методика проектирования подземных трубопроводов на сложных участках, позволяющая принимать оптимальные конструктивные решения и обеспечивающая прочность и устойчивость трубопровода.

По результатам научных исследований разработаны “Методические указания по расчету на прочность и выбору конструкции криволинейных участков подземных трубопроводов”.

На защиту выносятся усовершенствованные методы проектирования трубопроводов на сложных участках.

Апробация работы

Основные положения и результаты работы в период с 1999 по 2006 гг. докладывались и обсуждались на технических совещаниях, семинарах и международных конференциях в ОАО «Институт «Нефтегазпроект» (1999, 2000, 2005 гг.), Тюменском государственном университете (1999 г.), в Тюменском государственном нефтегазовом университете (2001, 2002, 2003 гг.) в ОАО «ВНИИСТ» (2005, 2006 гг.).

Диссертационная работа заслушивалась на заседании научно-технического совета ОАО «Институт «Нефтегазпроект» 16 июня 2006 г. и рекомендована к защите.

Публикации. Основное содержание работы опубликовано в 9 научных трудах.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, 4 глав, основных выводов и рекомендаций. Работа изложена на 134 страницах машинописного текста, содержит 8 таблиц, 42 рисунка. Список литературы включает 79 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, поставлена цель и сформулированы задачи исследований, показана научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе выполнен анализ конструктивных решений и напряженно-деформированного состояния сложных участков подземных трубопроводов. К сложным участкам в данной работе отнесены криволинейные участки подземных трубопроводов, сооруженные при отрицательной температуре и засыпанные грунтами с низкой несущей способностью.

Сооружение и эксплуатация трубопроводов в сложных условиях привели к существенным изменениям условий их работы и к росту напряженно-деформированного состояния. Высокие напряжения снижают ресурс и безопасность эксплуатации трубопровода.

Наибольшие перемещения и напряжения трубопроводов при их эксплуатации возникают на выпуклых кривых криволинейных участках. На этих участках под действием продольных сжимающих усилий происходят продольные перемещения и вертикальные перемещения трубопровода вверх. Причем повышенные перемещения происходят при конструктивном выполнении углов поворота гнутыми отводами.

В связи с увеличением жесткости на изгиб трубопроводов больших диаметров количество сварных и гнутых отводов при сооружении трубопроводов на криволинейных участках резко возрастает. Так, например, анализ конструктивных решений прокладки подземных трубопроводов показал, что

сооружение трубопроводов с условным диаметром 720 мм приводит к использованию гнутых отводов на пересеченной местности в среднем через 11,0 км, а для трубопроводов с условным диаметром 1220 мм - через 3,5 км.

Для решаемых нами задач весьма важным является и то, что с увеличением диаметра подземных трубопроводов относительное заземление их в грунте уменьшается и снижается темп изменения температуры продукта по длине трубопровода, возрастает протяженность участков, имеющих высокую температуру перекачиваемого продукта.

В северных районах страны и Сибири на участках протяженных болот и на заболоченных участках строительство трубопроводов ведется в основном в зимней период в условиях отрицательных температур и при эксплуатации трубопроводов возможны воздействия значительных продольных сжимающих усилий. Причиной возникновения продольных сжимающих усилий является превышение температуры стенок труб в процессе эксплуатации над температурой стенок труб в процессе монтажа. Кроме того, на криволинейных участках влияние внутреннего давления на изгиб эквивалентно сжатию в осевом направлении. Таким образом, перемещения трубопровода на криволинейных участках происходят под действием суммарных сжимающих усилий, вызванных температурным воздействием и внутренним давлением. Эти усилия весьма большие и в трубопроводах с условным диаметром 1220 мм при температурном перепаде 50 °С и внутреннем давлении в трубопроводе в 6,0 МПа достигают 800 тс.

Напряженно-деформированное состояние подземного трубопровода в значительной степени зависит от характера и количественных параметров его взаимодействия с грунтом. В связи с этим рассмотрены модели взаимодействия подземного трубопровода с грунтом и дан анализ имеющихся работ по определению несущей способности грунтовой засыпки.

В результате проведенного анализа определены основные направления исследований, необходимые для усовершенствования методов проектирования подземных трубопроводов на сложных участках с учетом оценки их напряженно-деформированного состояния.

Вторая глава посвящена исследованию перемещений подземных трубопроводов на криволинейных участках под действием эксплуатационных нагрузок.

зок и воздействий. Исследования проведены на выпуклых кривых, конструктивно оформленных гнутыми отводами.

Трубопровод рассматривается как достаточно длинная гибкая балка, находящаяся под давлением изменяющихся с ростом перемещений продольного сжимающего усилия и сопротивления грунта перемещениям трубопровода. Задача решена с использованием дифференциального уравнения четвертого порядка изгиба трубопровода.

По результатам решения задачи определены параметры, характеризующие напряженно-деформированное состояние трубопровода и устанавливающие зависимость между продольным усилием на изогнутом участке N , максимальным прогибом V_{\max} , максимальным изгибающим моментом M_{\max} и конструктивным решением криволинейного участка, геометрическими характеристиками трубопровода и свойствами металла трубы и его веса с перекачиваемым продуктом. К этим параметрам относятся α - параметр продольного усилия, \bar{v} - параметр максимального прогиба, ω - параметр изгибающего момента.

Указанные зависимости получены в виде:

$$\alpha = \frac{N}{q_T} \cdot \left(\frac{N}{EJ} \right)^{0,5} \operatorname{tg} \varphi; \quad (1)$$

$$\bar{v} = v_{\max} \cdot \left(\frac{q_T}{EJ} \cdot \frac{1}{\operatorname{tg}^4 \varphi} \right)^{0,33}; \quad (2)$$

$$\omega = M_{\max} \cdot [q_T (EJ \operatorname{tg} \varphi)^2]^{0,33}, \quad (3)$$

где J – момент инерции сечения трубы;

E – модуль упругости материала трубы;

q_T – вес единицы длины трубопровода с продуктом;

φ – половина угла поворота трубопровода.

С целью установления зависимости параметров усилий α , прогиба \bar{v} и изгибающего момента ω от начального продольного усилия N_0 проведен анализ характера изменения продольного усилия в процессе изгиба подземного трубо-

провода. При этом учитывалось, что в процессе изгиба трубопровода происходят поперечные и продольные перемещения трубопровода, а продольные сжимающие усилия при этом уменьшаются от первоначального значения N_0 до равновесного N . Рассматривая модель жестко-пластического взаимодействия трубопровода с грунтом при продольных перемещениях трубопроводов, получены аналитические зависимости комплексного параметра a от начального продольного усилия N_0 .

Параметр a связывает параметры α , ν и ω с начальным продольным усилием, конструктивными решениями и свойствами грунта.

Полученные зависимости позволяют при заданных значениях усилия N_0 , свойства грунта, конструкции угла поворота найти значения усилий N , максимального прогиба v_{\max} и максимально изгибающего момента M_{\max} , а также провести анализ влияния исходных величин на напряженно-деформированное состояние трубопровода.

В результате известных экспериментальных исследований установлено, что с увеличением поперечного перемещения в вертикальной плоскости от нуля до определенного значения сопротивление грунта поперечным перемещениям увеличивается до предельного значения. При дальнейшем увеличении перемещения сопротивление грунта остается постоянным, а затем с увеличением перемещения сопротивление грунта снижается. С учетом указанного фактора проведены исследования влияния характера взаимодействия трубопровода с грунтом на его напряженно-деформированное состояние. Получены зависимости параметров усилия прогиба и изгибающего момента от физико-механических характеристик грунта.

Исследования показали, что в слабонесущих грунтах и в трубопроводах, сооруженных при отрицательной температуре, перемещения и напряжения достигают величин, представляющих в ряде случаев опасность разрушения трубопровода и нарушения грунтовой засыпки.

Проведен анализ влияния конструктивных решений на напряженно-деформированное состояние трубопровода. Так, например, анализ влияния радиуса кривизны отводов на напряжения и перемещения трубопровода показал, что проектирование и сооружение трубопроводов на углах поворота с использо-

ванием отводов холодного гнутья создают более благоприятные условия работы трубопровода. Увеличение радиуса кривизны гнутого отвода позволяет существенно снизить максимальное напряжение изгиба. Уменьшается также прогиб трубопровода, но незначительно.

В работе получены формулы для определения напряжений и прогиба трубопровода в зависимости от радиуса кривизны отвода и представлены в виде графиков. Один из графиков приведен на рис. 1, где a_0 - безразмерный параметр радиуса кривизны отвода; ξ - параметр удельного сопротивления грунта поперечному перемещению трубопровода, $\xi = \frac{q_{гр}}{q_r}$; $q_{гр}$ - удельное сопротивление грунта поперечному перемещению трубопровода; q_r - вес единицы длины трубопровода с продуктом.

Параметр a_0 изменяется прямо пропорционально изменению радиуса кривизны отвода.

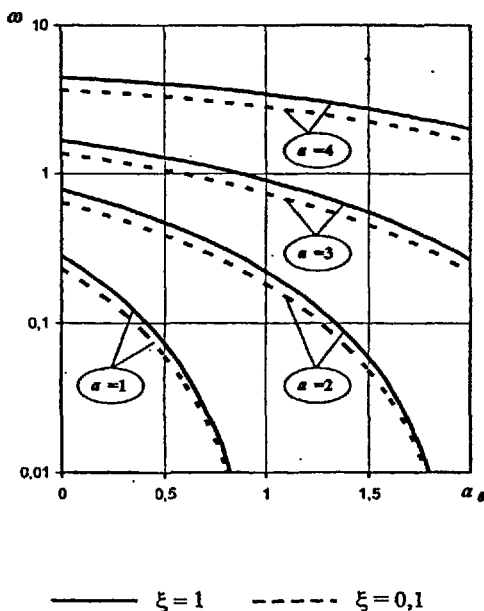


Рис. 1. Зависимость параметра ω от параметра a_0 при различных a и ξ

Таким образом, результаты исследований напряженно-деформированного состояния сложных участков подземных трубопроводов позволили установить, что для реальных условий сооружения и эксплуатации трубопровода продольные напряжения весьма значительны и в ряде случаев превышают нормативные значения. Требуется разработка конструктивных решений, позволяющих снизить напряжения до нормативного уровня.

В третьей главе исследовано напряженно-деформированное состояние участков подземных трубопроводов при их эксплуатации, прокладываемых на пересеченной местности с упругим изгибом трубопровода.

Рассматривая изгиб трубопровода под действием продольных усилий, получены зависимости между продольным усилием N , прогибом v_{\max} и изгибающим моментом M_{\max} и исходными величинами, характеризующими конструкцию, угла поворота и трубопровода. Эти зависимости имеют вид:

$$\alpha = \frac{N}{q_T} \frac{A_0}{EJ}; \quad (4)$$

$$\tilde{v} = v_{\max} \cdot \frac{1}{A_0}; \quad (5)$$

$$\omega = M_{\max} (EJA_0 q_T)^{-0,5}; \quad (6)$$

где A_0 — амплитуда начального упругого прогиба трубопровода при укладке.

Проведены исследования и дан анализ зависимости перемещений упруго-скривленного участка трубопровода от начального продольного сжимающего усилия. В результате получены аналитические зависимости комплексного параметра a от начального продольного усилия N_0 , амплитуды A_0 , длины волны t_0 и радиуса кривизны ρ начального прогиба и свойств грунта. Параметр a устанавливает зависимость параметров продольного усилия a , прогиба \tilde{v} и изгибающего момента с начальным продольным усилием N_0 .

По полученным зависимостям определяются усилия N , прогиб v_{\max} и изгибающий момент M_{\max} . Кроме того, эти зависимости дают возможность провести анализ влияния исходных величин на напряжения и перемещения трубопро-

вода. Анализ показал, что в случаях положительного температурного перепада более 50°C суммарные продольные напряжения от начального упругого изгиба и изгиба под действием продольных сжимающих усилий весьма значительны и должны быть учтены при выборе параметров укладки A_0 , l_0 и ρ . Наиболее существенное влияние на перемещение трубопровода под действием продольных усилий оказывает радиус ρ начального упругого изгиба. Уменьшение ρ приводит к интенсивному росту перемещений и напряжений изгиба.

В работе представлены графические зависимости между параметрами продольного усилия α , прогиба \bar{v} , изгибающего момента ω и начального продольного усилия β . Безразмерный параметр β зависит прямо пропорционально от начального продольного усилия. Один из графиков приведен на рис. 2, где a_0 — безразмерный параметр длины волны l_0 начального прогиба; \bar{A}_0 и Z — безразмерные параметры, характеризующие геометрические характеристики трубопровода, параметры укладки при сооружении и свойства грунта.

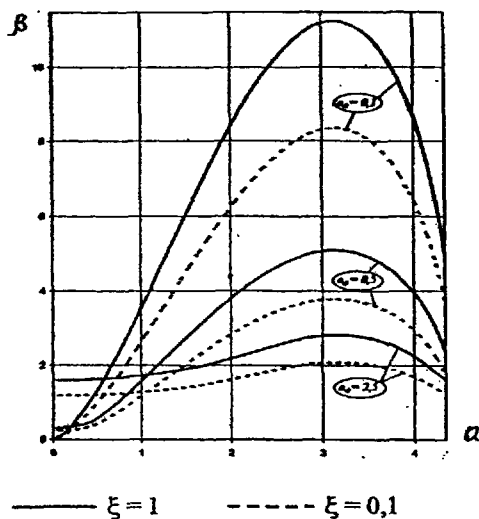


Рис. 2. Зависимость параметра a от β при $Z = 0,05$; $\bar{A}_0 = 0,5$ и различных значениях ξ и a_0

Анализ графиков и выполненных расчетов по полученным нами формулам показывает, что при определенных значениях параметров начального прогиба и продольного усилия трубопровод на упругоискривленном участке теряет общую устойчивость в продольном направлении в вертикальной плоскости, который характеризуется интенсивным ростом прогиба. Потеря устойчивости происходит в области значения $\alpha = 3,14$. Для определения значения продольного критического усилия $N_{0_{кр}}$, при котором наступает потеря продольной устойчивости трубопровода, получена формула в виде:

$$N_{0_{кр}} = \beta_{кр} \left(\frac{EJ}{A_0} \cdot q_T \right)^{0,5}, \quad (7)$$

где $\beta_{кр}$ - параметр начального продольного сжимающего усилия, при котором происходит резкое нарастание прогиба.

Параметр $\beta_{кр}$ является максимальным значением зависимости β от параметра α . Такая зависимость представлена на рис. 2 для некоторых конкретных исходных данных. Как видно из этого рисунка, с уменьшением α_0 и увеличением несущей способности грунта (параметра ξ) значения $\beta_{кр}$ растут и растут значения критического усилия $N_{0_{кр}}$.

В результате исследований упругоискривленных участков подземных трубопроводов, находящихся под действием продольных сжимающих усилий, установлено, что суммарные продольные напряжения от начального упругого изгиба при сооружении, дополнительного прогиба при эксплуатации достигают в ряде случаев величин, превышающих нормативные значения. Параметры укладки трубопровода при сооружении упругоискривленных участков должны быть определены расчетом на прочность по полученным в данной главе формулам. Кроме того, упругоискривленный участок подземного трубопровода необходимо проверить по формуле (7) на общую устойчивость в продольном направлении.

Четвертая глава посвящена разработке методов проектирования сложных участков подземных трубопроводов.

Исследования и анализ напряженно-деформированного состояния подземных трубопроводов на сложных участках, изложенные в предыдущих главах, показали, что напряжения и прогиб в ряде случаев значительны и превышают нормативные значения. Причем наибольшие напряжения и прогиб возникают при одинаковых условиях сооружения и эксплуатации в случаях больших значений угла поворота, выполнения угла поворота с использованием крутоизогнутых отводов. В связи с этим нами предложены методы проектирования, направленные на уменьшение значений угла поворота и использование гнутых отводов с большим радиусом кривизны. Нами рассмотрены также случаи деления одного поворота на несколько отдельных поворотов с прямой вставкой между ними. Решением задачи по расчету напряжений и перемещений трубопровода определены параметры α , \bar{v} , ω , характеризующие напряженно-деформированное состояние трубопровода в зависимости от конструкции угла поворота. Получены так же аналитические зависимости между начальным продольным усилием, исходными данными, напряжением и прогибом трубопровода. На основе полученных зависимостей выполнены расчеты. Расчеты показали, что максимальные продольные напряжения возникают в сечении сопряжения и в середине прямой вставки. Изменения длины прямой вставки приводят к изменениям напряжений, и имеется оптимальная длина прямой вставки, при которой напряжения минимальны. На рис. 3 в качестве примера представлен характер изменений напряжений при увеличении длины прямой вставки в трубопроводе диаметром 720 мм с толщиной стенки 10 мм для температурного перепада 40 °С при $\xi=1$ и $\varphi=6^\circ$.

На рис. 3: R – радиус кривизны отвода; σ_{m1} и σ_1 – напряжения изгиба и суммарные напряжения от действия усилия N и изгибающего момента в середине прямой вставки; σ_{m2} и σ_2 – напряжения изгиба и суммарные напряжения в сечении сопряжения прямой и кривой вставок; l – длина прямой вставки.

Выполненные нами расчеты показали, что продольные напряжения в сечении сопряжения прямой и кривой вставок σ_2 больше, чем напряжения в середине прямой вставки σ_1

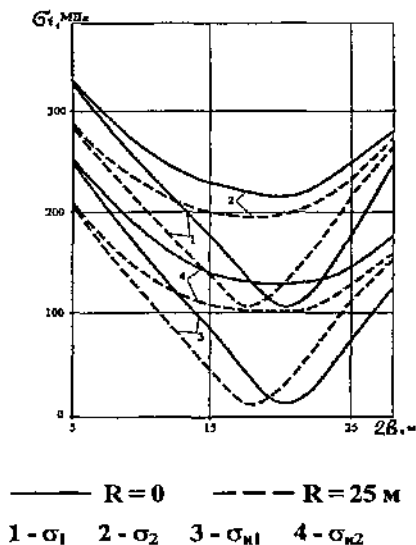


Рис. 3. Изменения напряжений при увеличении длины прямой вставки

Анализ показал, что уменьшение сопротивления грунта перемещениям трубопровода и радиуса кривизны отвода, увеличение температурного перепада и угла поворота трубопровода приводят к увеличению значений оптимальной длины прямой вставки.

Полученные в результате исследований аналитические зависимости и анализ характера изменений напряженно-деформированного состояния подземных трубопроводов на сложных участках позволили разработать методики расчета на прочность в продольном направлении и выбора оптимального по уровню напряжений конструктивного решения сложного участка подземного трубопровода.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. На основании анализа условий сооружения и эксплуатации сложных участков подземных трубопроводов показана необходимость усовершенствования

ния методов их проектирования. Выявлено, что прокладка трубопроводов в районах со сложными природно-климатическими условиями приводит к возникновению высоких напряжений при их эксплуатации. В связи с этим определена необходимость исследований напряженно-деформированного состояния подземных трубопроводов, проложенных на сложных участках и разработки мероприятий по снижению напряжений.

2. На основании исследования напряженно-деформированного состояния сложных участков подземных трубопроводов получены условия деформирования в грунте трубопроводов при их эксплуатации. Получены основные критерильные соотношения для оценки напряжений и деформаций трубопровода.

3. Получены аналитические зависимости напряжений и перемещений трубопровода от параметров условий сооружения, эксплуатации и конструктивных решений трубопровода.

Установлено, что параметры прокладки трубопроводов на сложных участках в ряде случаев не обеспечивают нормативные требования по уровню продольных напряжений.

4. На основе полученных аналитических зависимостей и установленных закономерностей изменений напряжений и перемещений трубопровода разработаны методы снижения напряжений и перемещений трубопровода до нормативного уровня.

5. На основе проведенных исследований зависимости продольных напряжений и прогиба трубопровода от конструктивных решений разработаны усовершенствованные методы расчета на прочность и проектирования сложных участков подземных трубопроводов, обеспечивающих оптимальные конструктивные решения и существенное снижение напряжений в трубопроводе.

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ
В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ**

1. Малюшин Н.А., Степанов И.О., Трошков Н.А. Роль диагностики в обеспечении надежности транспорта нефти.// Сб. тр. Сиб. Энергетического института СО РАН «Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики». - Иркутск, 1996.-С.31-32.

2. Малюшин Н.А., Рацен С.С., Трошков Н.А. Обеспечение высокой надежности трубопроводного транспорта нефти Западно-Сибирского региона на современном этапе.//Тезисы докладов международной научной конференции «Природопользование в районах со сложной экологической ситуацией», 18-19 марта 1999. - Тюмень, ТюмГУ.- С.35-39.

3. Малюшин Н.А., Трошков Н.А., Шантарин В.Д., Рацен С.С., Миняйло И.В. Повышение эксплуатационной надежности подводных переходов нефтепроводов Западно-Сибирского региона.//Тезисы докладов международной научно-практической конференции «Окружающая среда». - Тюмень, 30-31 мая 2000.- С.18-21.

4. Мороз А.А., Трошков Н.А., Пушников Г.М. К оценке изменения технического состояния линейной части нефтепроводов по результатам диагностических инспекций. //Материалы международной конференции «Энергосберегающие технологии в нефтегазовой промышленности России».- Тюмень, 18-19 сентября 2001. - С.196-201.

5. Трошков Н.А. Система предупреждения отказов и продления срока эксплуатации нефтепроводов Западной Сибири.//Материалы международного семинара «Геотехнические и эксплуатационные проблемы нефтегазовой отрасли». - Тюмень, 27-29 марта 2002. - С.179-181.

6. Трошков Н.А., Пушников Г.М. Надежность газопроводов, проложенных в многолетнемерзлых грунтах.//Сб. тр. Сиб.энергетического института СО РАН «Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики» 22-26 сентября 2002. - Туапсе. - С.42.

7. Трошков Н.А., Малошин Н.А. Проектирование подземных трубопроводов на криволинейных участках трассы. Известия ВУЗов. «Нефть и газ». - Тюмень: Тюм ГНГУ, № 3, 2004 г. – С.70-74.

8. Трошков Н.А. Расчет продольных напряжений в подземных трубопроводах на пересеченном рельефе местности. Известия ВУЗов, «Нефть и газ». – Тюмень: Тюм ГНГУ, № 4, 2004 г.- С. 44-46.

9. Трошков Н.А. Разработка методов проектирования подземных трубопроводов на сложных участках трассы // Нефтегазовое дело. – 2006. [http: // www.ogbus.ru/ authors/ Trochkov/ Trochkov 1. pdf-5с.](http://www.ogbus.ru/authors/Trochkov/Trochkov_1.pdf)

Фонд содействия развитию научных исследований.
Подписано к печати 25.10.2006 г. Бумага писчая.
Заказ № 52. Тираж 100 экз.
Ротапринт ГУП «ИПТЭР», 450005, г. Уфа,
проспект Октября, 144/3

