

На правах рукописи

ПЛАТОНОВ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ

ПРОЧНОСТЬ ТРУБОПРОВОДА В ЗОНЕ
УСТАНОВЛЕННОЙ РЕМОНТНОЙ МУФТЫ

Специальность 25.00.19 – Строительство
и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Тюмень 2005

Диссертация выполнена в Тюменском государственном нефтегазовом университете на кафедре "Теоретической и прикладной механики"

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор,
Якубовский Юрий Евгеньевич

Официальные
оппоненты: доктор технических наук, профессор
Кушнир Семен Яковлевич;
кандидат технических наук, доцент
Соколов Владимир Григорьевич

Ведущая организация: ОАО институт "Гипротюменьнефтегаз"

Защита состоится 13 мая 2005 года в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 212.273.02 при Тюменском государственном нефтегазовом университете по адресу:

625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ТюмГНГУ.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с подписью, заверенной печатью организации, просим присылать в адрес диссертационного совета.

Автореферат разослан 13 апреля 2005 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

С.И. Челомбитко

Актуальность темы. В России функционирует более 200 тыс. километров стальных трубопроводов (магистральных и промысловых), предназначенных для транспортировки нефти, газа, нефтепродуктов. Многие из них отслужили четверть века и более. Под воздействием перекачиваемых по ним продуктов, внешней среды и режима эксплуатации постепенно снижается несущая способность трубопроводов, что неминуемо требует ремонта дефектных участков или перевода состарившихся трубопроводов на новый, более щадящий режим.

Достаточно большой возраст трубопроводов объективно связан с увеличением риска аварий и отказов при эксплуатации в случае отсутствия эффективной системы их предупреждения. Это, в свою очередь, предполагает необходимость разработки и совершенствования методов ремонта.

Повышение надежности трубопроводов является актуальной проблемой на этапе их эксплуатации. Согласно статистическим данным число дефектов, выявляемых на всех уровнях диагностики, составляет от 6 до 9 тысяч в год. Большая часть дефектов (три четверти) удалена друг от друга. Для их устранения требуется выборочный ремонт. К технологиям выборочного ремонта, обеспечивающим восстановление прочности и долговечности дефектных участков, относится установка муфт, позволяющая производить ремонт без остановки перекачки транспортируемого продукта.

В технологический цикл ремонта магистральной части трубопровода включается создание ремонтного котлована. На вскрытом участке трубопровод меняет проектное положение, что приводит к изменению его напряженно – деформированного состояния. Это связано с тем, что при выемке грунта трубопровод провисает. Изменение температурного поля, в свою очередь, приводит к появлению дополнительных осевых усилий, действующих на трубопровод. Кроме того, меняется податливость основания грунта на краях котлована.

СНиП 2.05.06-85 "Магистральные трубопроводы" регламентирует проверку на прочность подземных и наземных (в насыпи) трубопроводов в

продольном направлении и проверку на недопустимость пластических деформаций.

В то же время после установки укрепляющей муфты в стенке трубопровода, примыкающей к муфте, происходит повышение напряжения в результате действия краевого эффекта.

СНиП 2.05.06-85 не дает прямых указаний и методических рекомендаций по определению напряжений в наиболее нагруженном сечении при установке ремонтной муфты с учетом изменения нагрузок на ремонтируемом участке трубопровода.

Цель и задачи исследования.

Цель диссертационной работы заключается в совершенствовании методов расчета несущей способности участков магистральных трубопроводов, ремонтируемых с использованием муфтовой технологии.

Для достижения этой цели поставлены и решены следующие задачи:

- исследование напряженно – деформированного состояния участка трубопровода в различные периоды проведения ремонтных работ, связанных с установкой укрепляющей муфты;
- построение математической модели деформирования двухслойной конструкции муфты при осесимметричной нагрузке;
- разработка методики расчета напряженно – деформированного состояния муфты при различных способах ее закрепления на поверхности ремонтируемого трубопровода;
- оценка прочности участка трубопровода, отремонтированного по муфтовой технологии.

Объектом исследования является участок трубопровода при ремонтно-восстановительных работах.

На защиту выносятся:

- методика расчета трубопровода в зоне ремонтного котлована при установке ремонтной муфты;

– математическая модель напряженно -деформированного состояния ремонтной муфты при осесимметричной нагрузке;

– методика расчета напряженно – деформированного состояния и оценка прочности ремонтной муфты и участка трубопровода в ее зоне.

Научная новизна заключается в следующем:

– предложена методика расчета участка трубопровода с позиции его прочности при выполнении ремонтных работ;

– получена математическая модель напряженно-деформированного состояния двухслойной конструкции ремонтной муфты;

– дана оценка влияния начальных несовершенств геометрических форм полумуфт на напряженно-деформированное состояние участка трубопровода;

– исследовано изменение прочности участка трубопровода в зоне установленной ремонтной муфты.

Достоверность результатов подтверждена сравнением двух вариантов математических моделей осесимметричной задачи изгиба ремонтной муфты и дифференциальными уравнениями изгиба однослойных цилиндрических оболочек. Дана оценка внутренней сходимости результатов решения методом конечных разностей при удержании различного количества узловых точек на исследуемом интервале и проведено сравнение расчета с известными решениями частных задач.

Практическая ценность работы.

Показано влияние отдельных факторов и выделены параметры, определяющие прочность ремонтируемого участка трубопровода в соответствии с муфтовой технологией. Разработана программа расчета, позволяющая осуществлять подбор параметров ремонтной муфтовой конструкции при различных условиях с позиции обеспечения прочности данного участка трубопровода.

Внедрение результатов.

Разработанная методика использована институтом "Нефтегазпроект" (ОАО) в проектировании выборочного ремонта нефтепроводов с

использованием композитно – муфтовой технологии без остановки перекачки транспортируемого продукта.

Апробация работы.

Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на:

– международном семинаре "Геотехнические и эксплуатационные проблемы нефтегазовой отрасли" (г. Тюмень, 27-29 марта 2002 г.);

– семинаре кафедры "Теоретической и прикладной механики" Тюменского государственного нефтегазового университета, 2003 г.

– заседании НТС Тюменского государственного нефтегазового университета.

Публикации.

Основные положения работы опубликованы в 4 печатных работах.

Структура и объем работы.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, основных выводов, списка литературы, включающего 141 наименование. Объем работы составляет 164 страницы машинописного текста, 60 рисунков, 11 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении содержится обоснование актуальности выбранной темы, определены цели работы, сформулированы научная новизна и практическая ценность результатов исследований. Даны основные положения диссертации, выносимые на защиту.

В первом разделе дана оценка состояния трубопроводов с позиции их прочности, приведены основные положения концепции расчетов трубопроводов на прочность, сделан обзор существующих методов ремонта магистральных трубопроводов, приведены технико-экономические показатели эффективности ремонта с использованием муфтовой технологии. Выполнен обзор основных теорий и методов строительной механики решения задач изгиба тонкостенных конструкций, а также работ, посвященных оценке

прочности трубопроводного транспорта: Р.К. Адиева, А.Б. Айнбиндера, Л.А. Бабина, В.Л. Березина, П.П. Бородавкина, В.Б. Галеева, А.И. Горковенко, А.Г. Гумерова, В.Е. Губина, А.К. Дерцакяна, Г.Ф. Егермана, Р.С. Зайнуллина, Ю.Д. Земенкова, В.А. Иванова, С.Я. Кушнера, Н.А. Малюшина, В.Д. Черняева, В.Е. Шутова, У. Тру, С. Флетчера и др.

Во втором разделе исследуется изменение напряженно-деформированного состояния участка трубопровода, меняющего свое проектное положение в результате создания ремонтного котлована, длиной L (рис. 1).

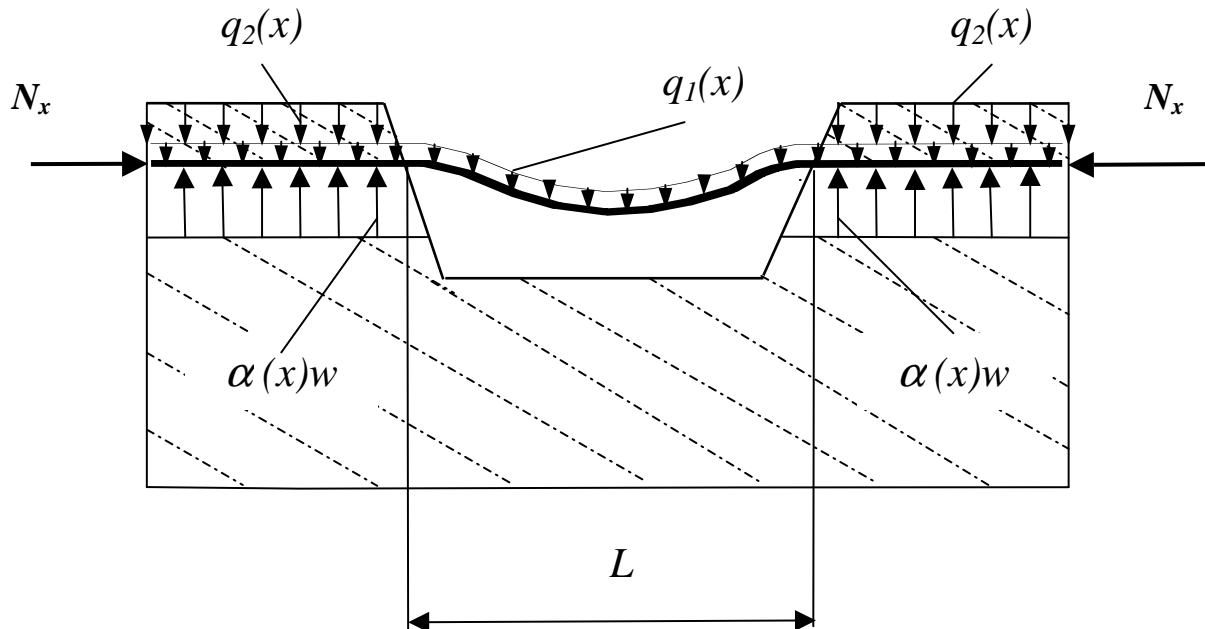


Рис. 1. Расчетная схема участка трубопровода, лежащего на упругом основании

Для решения поставленной задачи использовано дифференциальное уравнение продольно-поперечного изгиба участка трубопровода, лежащего на упругом основании. Это уравнение представлено в виде

$$EI(x) \frac{d^4 w}{dx^4} - N(x) \frac{d^2 w}{dx^2} + \alpha(x)w = q(x), \quad (1)$$

где w - прогиб трубопровода по вертикали; E – модуль продольной упругости; $I(x)$ - осевой момент инерции сечения; $N(x)$ - продольное сжимающее усилие; $\alpha(x)$ – коэффициент пропорциональности, определяемый в зависимости от коэффициента постели грунта $c(x)$ и ширины опираемой поверхности (наружного диаметра трубопровода D): $\alpha(x) = c(x) D$; $q(x)$ - интенсивность поперечной нагрузки.

Здесь в основе описания жесткости основания грунта использована модель Винклера основания. Поперечные нагрузки приняты переменными вдоль оси трубопровода, т.е. $q(x)$ представляет собой интенсивность нагрузки от собственного веса трубопровода $q_1(x)$ и веса грунта $q_2(x)$.

Уравнение (1) решено методом конечных разностей (МКР). Обоснование достоверности полученных результатов выполнено путем сравнения результатов МКР с результатами аналитических способов решения. Для этого общую задачу разбиваем на ряд частных, имеющих точное решение:

- деформация участка трубопровода только от действия поперечной силы;
- деформация ремонтируемого участка от действия продольной силы;
- деформация участка трубопровода, лежащего на упругом основании, от действия поперечной силы.

Расчеты по частным тестовым задачам показали, что расхождение по искомой функции прогиба w не превышает 1,5 %.

Разработанная методика расчета участка трубопровода позволяет оценить прочность в период проведения ремонтных работ при различных жесткостных характеристиках основания грунта, размерах ремонтного котлована, действующих на трубопровод осевых усилий.

Расчеты проведены для трубопровода диаметром $D = 1020$ мм, толщиной стенки трубы $\delta = 12$ мм, рабочим давлением $P = 5,5$ МПа, интенсивностью поперечной нагрузки от собственного веса трубопровода $q_1 = 10$ кН/м, интенсивностью поперечной нагрузки от веса грунта $q_2 = 17$ кН/м, при длине

ремонтного котлована $L = 10$ м. При разности температур замыкания трубопровода и перекачиваемого продукта $\Delta t = 40$ ° осевое сжимающее напряжение составляет $\sigma = 32$ МПа.

Моделировалась различная жесткость основания грунта. При большой жесткости грунта (скальный грунт, коэффициент постели $c \geq 10000$ МН/м³) значения изгибающих моментов на краях котлована больше, чем в середине пролета (рис. 2). При уменьшении значения коэффициента постели напряжение в середине пролета становится больше, чем на краях (песок слежавшийся – $c \leq 250$ МН/м³, песок утрамбованный – $c \leq 100$ МН/м³).

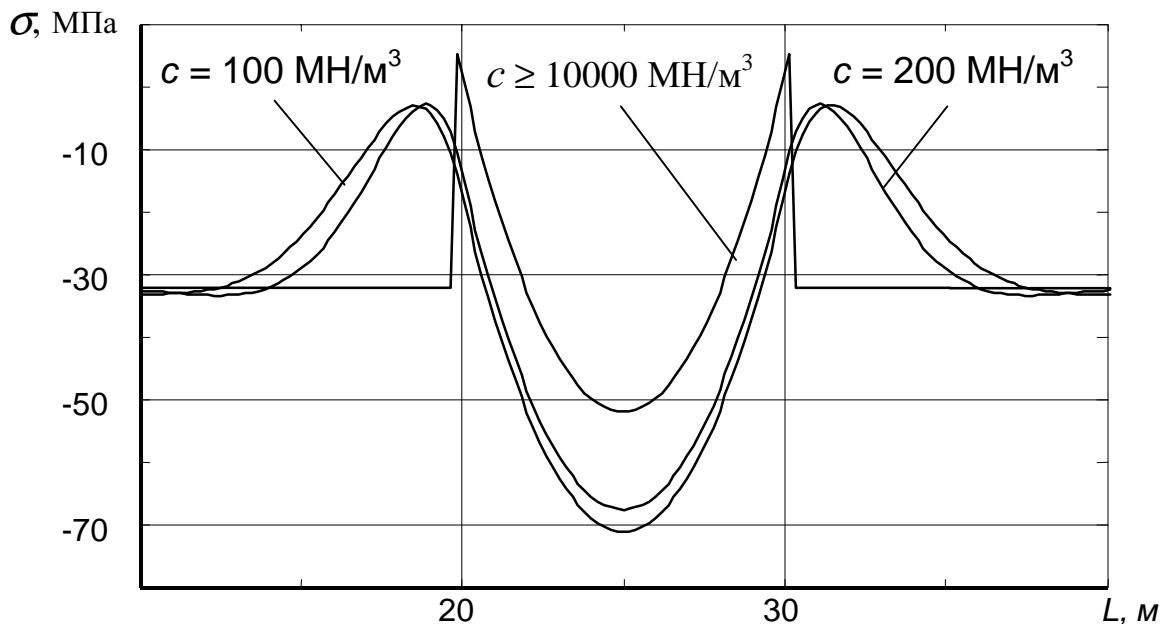


Рис. 2. Распределение напряжений при продольно-поперечном изгибе трубопровода по длине расчетного участка в зависимости от жесткости основания грунта

Расчетный участок трубопровода включает ремонтный котлован, расположенный в центральной зоне. Общая расчетная длина трубопровода была принята равной трем пролетам ремонтного котлована. Это позволило уйти от краевого эффекта на краю расчетной длины трубопровода.

Материал трубопровода находится в двухосном напряженном состоянии. Для расчета эквивалентного напряжения с учетом кольцевого

напряжения от внутреннего давления использована энергетическая теория прочности.

На рис. 3 представлены результаты расчета эквивалентного напряжения для трубопровода с диаметром $D = 1020$ мм, толщиной стенки трубы $\delta = 12$ мм, коэффициентом постели $c = 200$ МН/м³, рабочим давлением $P = 5,5$ МПа. Значения напряжений приведены для длины котлована $L = 5$ м и $L = 10$ м. Осевое сжимающее напряжение $\sigma = 32$ МПа ($\Delta t = 40$ °).

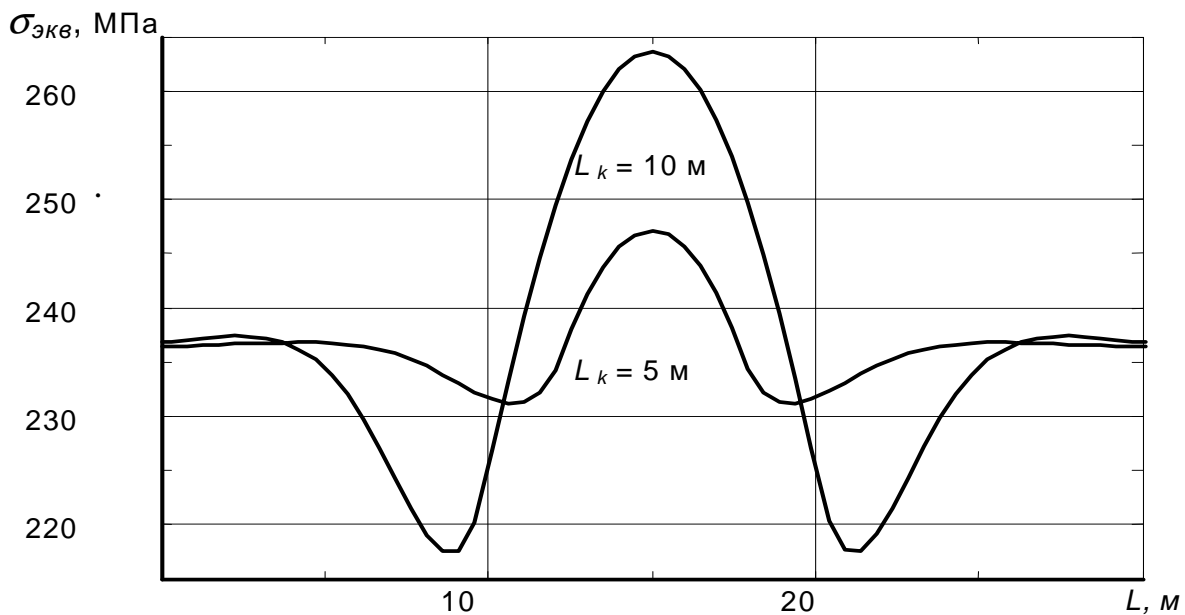


Рис. 3. Распределение эквивалентных напряжений при продольно-поперечном изгибе трубопровода при длине ремонтного котлована $L = 5$ м и $L = 10$ м

После выполнения ремонтных работ при возвращении трубопровода в исходное положение меняется его напряженное состояние. В этом случае задача продольно-поперечного изгиба участка трубопровода решается при условии, что величина прогиба в средней части ликвидируется с помощью подъема трубы в первоначальное положение.

Как показывают расчеты, при подъеме трубопровода в центральной части до проектного положения качественная картина и величины напряжения от изгиба меняются (уменьшаются), но в целом не являются нулевыми на ремонтируемом участке.

В третьем разделе представлен вариант математической модели деформирования двухслойной конструкции композитной муфты (рис. 4), которая использована для восстановления поврежденного участка трубопровода.

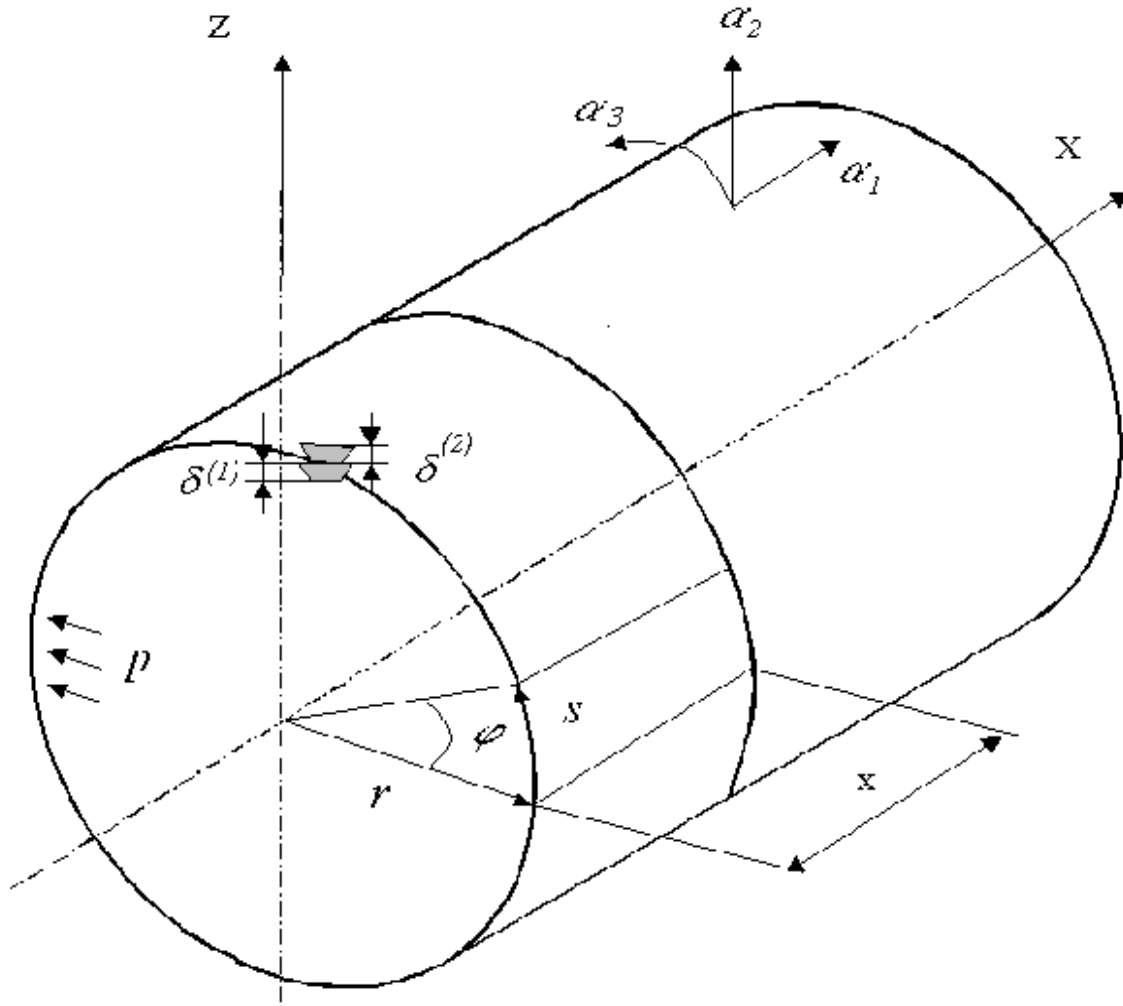


Рис. 4. Расчетная схема конструкции двухслойной композитной муфты и координаты срединной поверхности

В предлагаемой математической модели изгиб композитной муфты рассматривается при осесимметричной нагрузке с учетом работы межслойных связей. Представлена форма записи дифференциальных уравнений в перемещениях. При этом задача рассмотрена в линейной постановке.

Полученные дифференциальные уравнения равновесия составной двухслойной композитной муфты с учетом жесткости межслойных связей имеют вид:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dx} (B_{11}^{(1)} \frac{du_0^1}{dx}) + \frac{d}{dx} (B_{12}^{(1)} w) \frac{1}{r} + p_x^{(1)} - \eta (c \frac{dw}{dx} + u_0^{(2)} - u_0^{(1)}) &= 0; \\ \frac{d}{dx} (B_{11}^{(2)} \frac{du_0^2}{dx}) + \frac{d}{dx} (B_{12}^{(2)} w) \frac{1}{r} + p_x^{(2)} + \eta (c \frac{dw}{dx} + u_0^{(2)} - u_0^{(1)}) &= 0; \\ \frac{d^2}{dx^2} \left(D_0 \frac{d^2 w}{dx^2} \right) + \left[\frac{du_0^{(1)}}{dx} B_{12}^{(1)} + \frac{du_0^{(2)}}{dx} B_{12}^{(2)} + \frac{w}{r} (B_{11}^{(1)} + B_{11}^{(2)}) \right] \frac{1}{r} - \\ - \frac{d}{dx} \left[\eta c \left(c \frac{dw}{dx} + u_0^{(2)} - u_0^{(1)} \right) \right] &= P_z, \end{aligned} \quad (2)$$

где η - коэффициент жесткости связей сдвига между слоями, который зависит от способа закрепления муфты (сварка, мягкая прокладка) на поверхности ремонтируемого трубопровода; u_0^i ($i=1,2$) - перемещения в срединных поверхностях трубы и муфты вдоль образующей; w - поперечные смещения точек срединной поверхности всего пакета; c - расстояние между срединными поверхностями слоев, лежащих по обе стороны шва, P_z - внутреннее давление; B_{11}^i, B_{12}^i, D^i - интегральные характеристики жесткости растяжения – сжатия и изгиба.

Система уравнений (4) является замкнутой и разрешается относительно трех неизвестных функций $u_0^{(1)}, u_0^{(2)}$ и w .

Задача решалась методом конечных разностей при конечной жесткости межслойных связей с использованием соответствующих операторов перехода от дифференциальных уравнений к дискретным.

Исследования проводились при использовании обжимной муфты, установленной через мягкие прокладки ($\eta = 0$), и для приварной муфты ($\eta = \infty$) при различных краевых условиях. Достоверность численных результатов обоснована путем сравнения с результатами, полученными из имеющегося в литературе точного решения осесимметричного деформирования цилиндрической однослойной оболочки.

Размеры конструкции двухслойной композитной муфты составляют: толщина стенок $\delta_1 = 12$ мм и $\delta_2 = 16$ мм, диаметр $D = 1020$ мм, длина муфты $L_m = 2$ м. Характеристики жесткости материала: модуль продольной упругости стали $E = 210000$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$. Внутреннее давление $P = 5,5$ МПа.

При установке полумуфт через упругий слой (нулевая жесткость межслойной связи $\eta = 0$) имеет место смещение по поверхности контакта с трубопроводом. В этом случае гипотеза прямых нормалей выполняется только для каждого отдельного слоя.

Картина распределения нормальных напряжений вдоль образующей по длине муфтового соединения показана в виде двух кривых (рис. 5). Это связано с тем, что напряжения в слоях трубы и муфты при нулевой жесткости межслойных связей различны.

При отсутствии сдвига между слоями по поверхности контакта ($\eta = \infty$) имеет место симметричное напряженное состояние относительно срединной поверхности пакета двух слоев.

Сравнение напряжений в слоях конструкции показывает, что при исполнении приварной муфты продольные напряжения в трубопроводе увеличиваются до 30 %. Поэтому для уменьшения уровня напряженного состояния муфтового соединения необходимо обеспечить максимальную податливость по поверхности контакта между трубопроводом и муфтой.

Влияние перемещений на кромках муфтовой конструкции на уровень напряжений произведено без учета внутреннего давления ($P=0$). Выявлено, что перемещение кромки на 0,5 мм дает увеличение напряжения до 140 МПа.

В четвертом разделе решена задача напряженно-деформированного состояния участка трубопровода, восстановленного по муфтовой технологии с использованием методики раздела 3. Был выбран участок трубопровода, на котором значения толщины стенки муфты $\delta_2 = 16$ мм задавалась в виде массива, где на участке трубы вне муфты $\delta_2 = 0$. Толщина стенки трубопровода принималась равной $\delta_1 = 12$ мм. Диаметр трубы составил $D = 1020$ мм, длина

муфты $L_m = 2$ м. Длина участка трубопровода $L = 5$ м выбрана с таким расчетом, чтобы характер закрепления трубопровода на краях не влиял на краевой эффект на кромках муфты.

Результаты расчета напряженно – деформированного состояния с учетом только изгиба муфтового соединения от внутреннего давления представлены на рис.5.

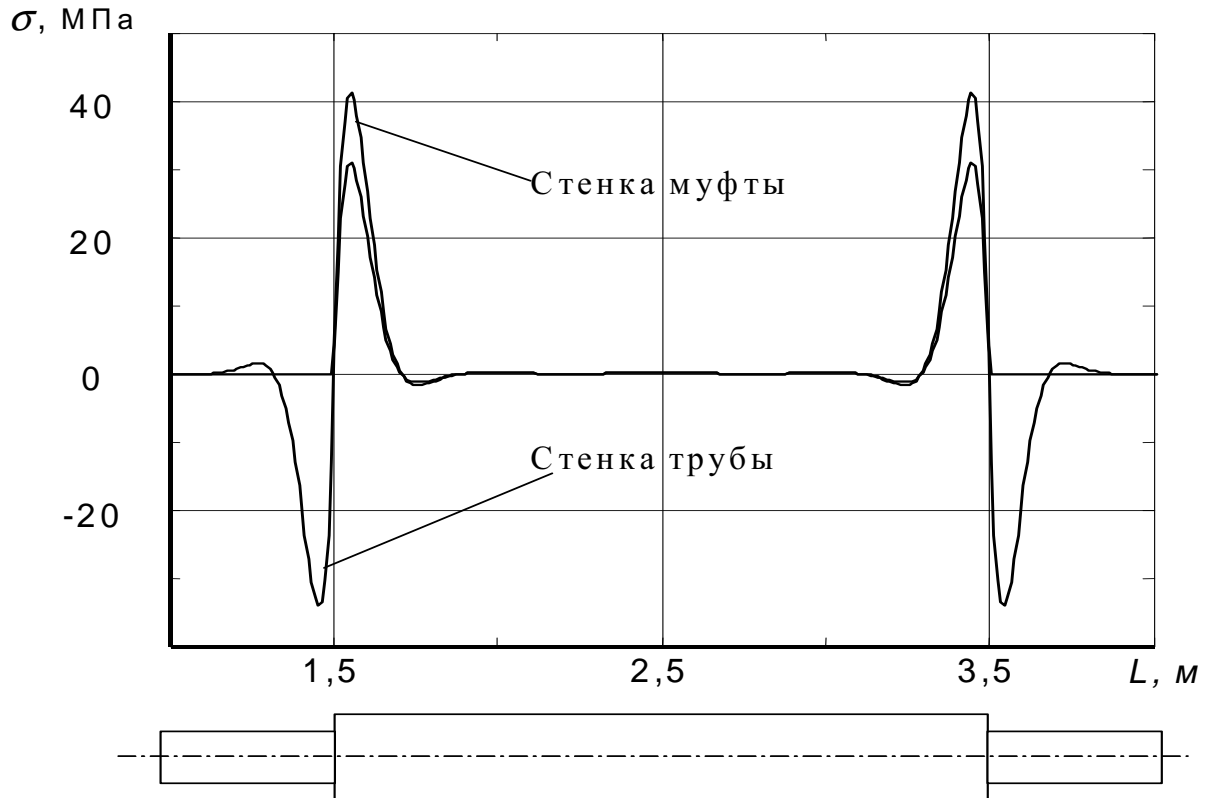


Рис. 5. Распределение нормальных напряжений изгиба от внутреннего давления по длине муфтовой конструкции для обжимной муфты

При установке ремонтной муфты считаем, что ремонтное давление в трубопроводе снижено на 1/3. После установки муфты давление поднимается вновь до рабочего значения $P = 5,5$ МПа. При этом кольцевые напряжения определялись в стенках трубопровода и ремонтной муфты.

Результаты расчета эквивалентных и окружных напряжений приведены на рис. 6.

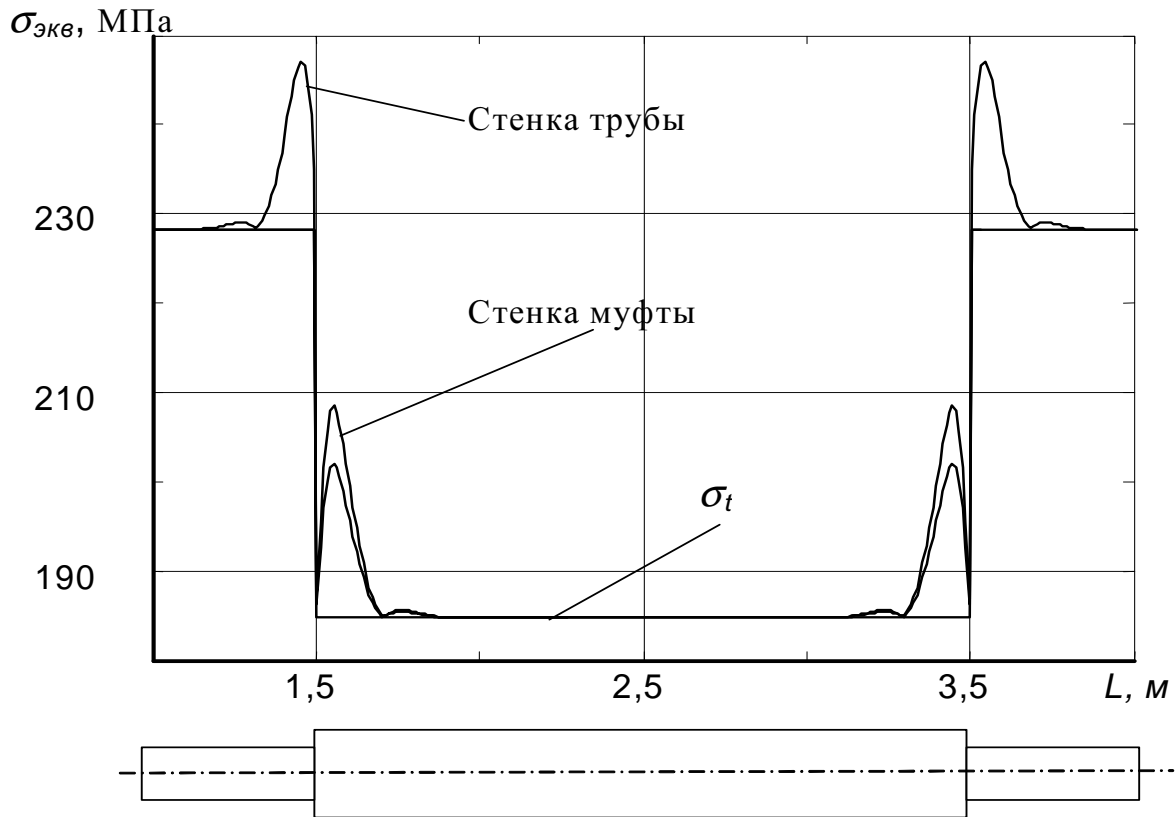


Рис. 6. Распределение эквивалентных и кольцевого напряжения по длине муфтовой конструкции для обжимной муфты

Разгрузочный эффект муфты составляет 18,8 %, т.е. напряжения в трубе снижаются примерно в 1,2 раза. В зоне же примыкания трубопровода к кромкам муфты возникает напряжение вследствие краевого эффекта, превышающее кольцевое на 8,3%.

В разделе 2 была решена задача деформированного состояния участка трубопровода при капитальном ремонте с учетом основных параметров и воздействий. В разделе 3 рассмотрено напряженно – деформированное состояние ремонтной муфты от внутреннего давления. Чтобы оценить общее напряженно – деформированное состояние участка трубопровода, отремонтированного с использованием муфтовой технологии, используем оба эти решения.

При этом учтем, что продольные напряжения определяются двумя факторами: от изгиба самого трубопровода при создании ремонтного

котлована и от внутреннего давления. Изменение эквивалентного напряжения по длине трубопровода приведено на рис. 7-8.

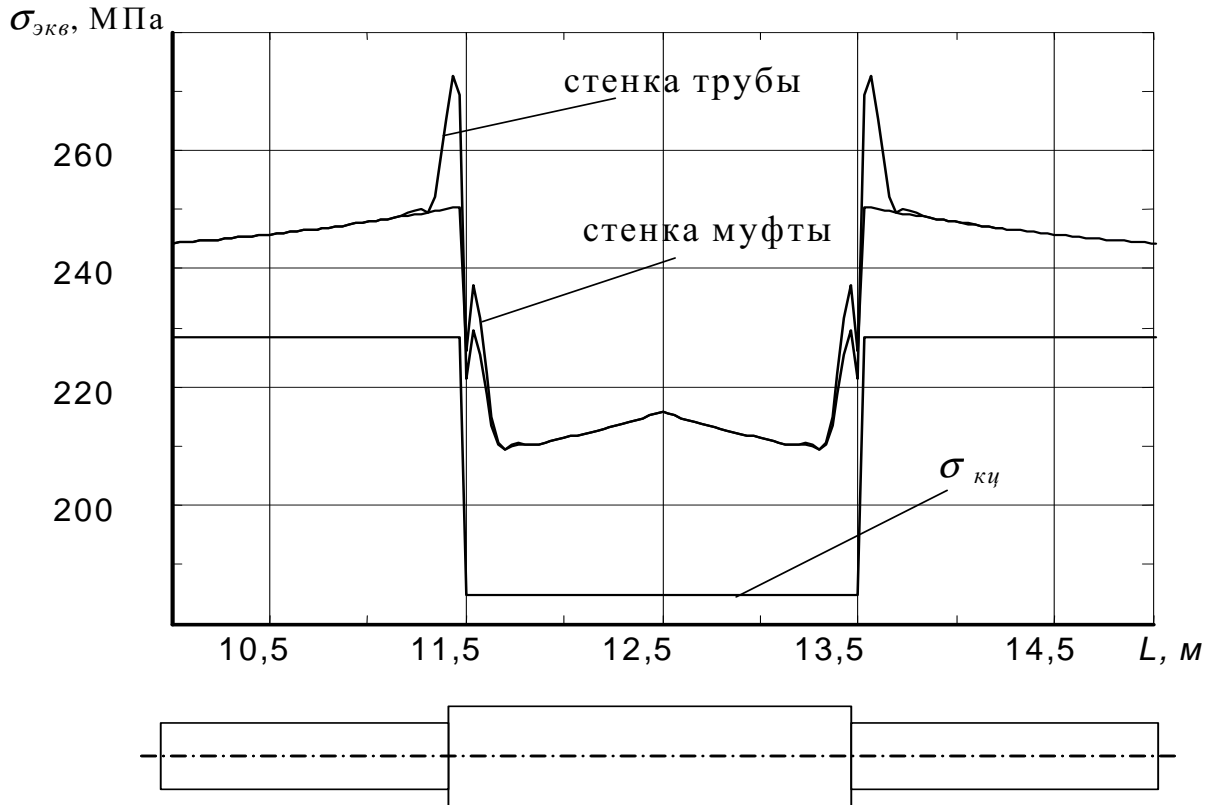


Рис. 7. Распределение эквивалентных напряжений вдоль оси трубопровода для обжимной муфты

Расчет произведен при следующих параметрах: диаметр трубопровода $D = 1020$ мм, толщина стенки трубы $\delta_1 = 12$ мм, толщина стенки муфты $\delta_2 = 16$ мм, длина муфты составляет $L_m = 2$ м. Для расчета был выбран участок трубопровода, длиной $L = 25$ м, с длиной ремонтного котлована $L_k = 5$ м. Рабочее давление $P_{раб} = 5,5$ МПа, ремонтное — $2/3 P_{раб}$. Осевое сжимающее напряжение $\sigma = 32$ МПа ($\Delta t = 40^\circ$). В результате установки муфты значения эквивалентных напряжений в теле трубопровода, примыкающем к кромкам муфты, возросли на 19,3 %.

Величина этого напряжения будет расти с увеличением длины ремонтного котлована и величины осевого усилия сжатия трубопровода, т.к. будет возрастать составляющая напряжения продольно-поперечного изгиба.

Оценку прочности отремонтированного участка трубопровода производим, исходя из общих принципов безопасности работ технических устройств в зависимости от категории участка, степени старения труб, степени опасности дефектов труб.

$\sigma_{\text{экв}}$, МПа

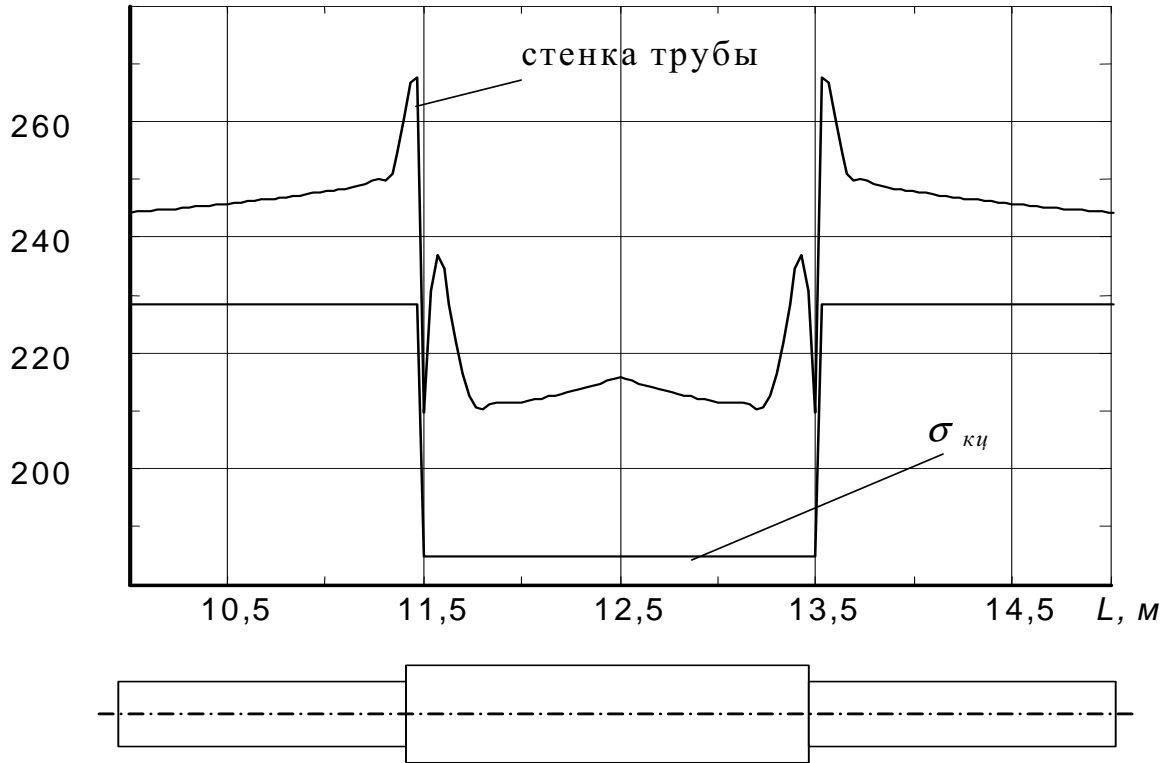


Рис. 8. Распределение эквивалентных напряжений вдоль оси трубопровода для приварной муфты

Эквивалентное напряжение не должно превышать следующих значений:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{экв}} &\leq R_y = (0,72 - 0,95) \sigma_T; \\ \sigma_{\text{экв}} &\leq R_u = (0,45 - 0,5) \sigma_B, \end{aligned} \quad (3)$$

где R_y – расчетное сопротивление материала трубы по пределу текучести σ_T ; R_u – расчетное сопротивление материала трубы по временному сопротивлению σ_B .

Значения эквивалентных напряжений для трубопровода диаметром $D = 1020$ мм, толщиной стенки $\delta = 12$ мм, материалом трубы - сталь 17Г1С приведены в табл. 1.

Значения напряжений в стенке трубопровода

Напряжение	Значения, МПа
Эквивалентное $\sigma_{\text{экв}}$	272
$\sigma_{\text{экв}}/R_y$	0,72
$\sigma_{\text{экв}}/R_u$	0,5

Величина эквивалентного напряжения будет меняться в зависимости от длины ремонтного котлована (рис. 11). Предельная длина котлована будет определяться из условия не превышения $\sigma_{\text{экв}}$ значений расчетных сопротивлений R_y и R_u .

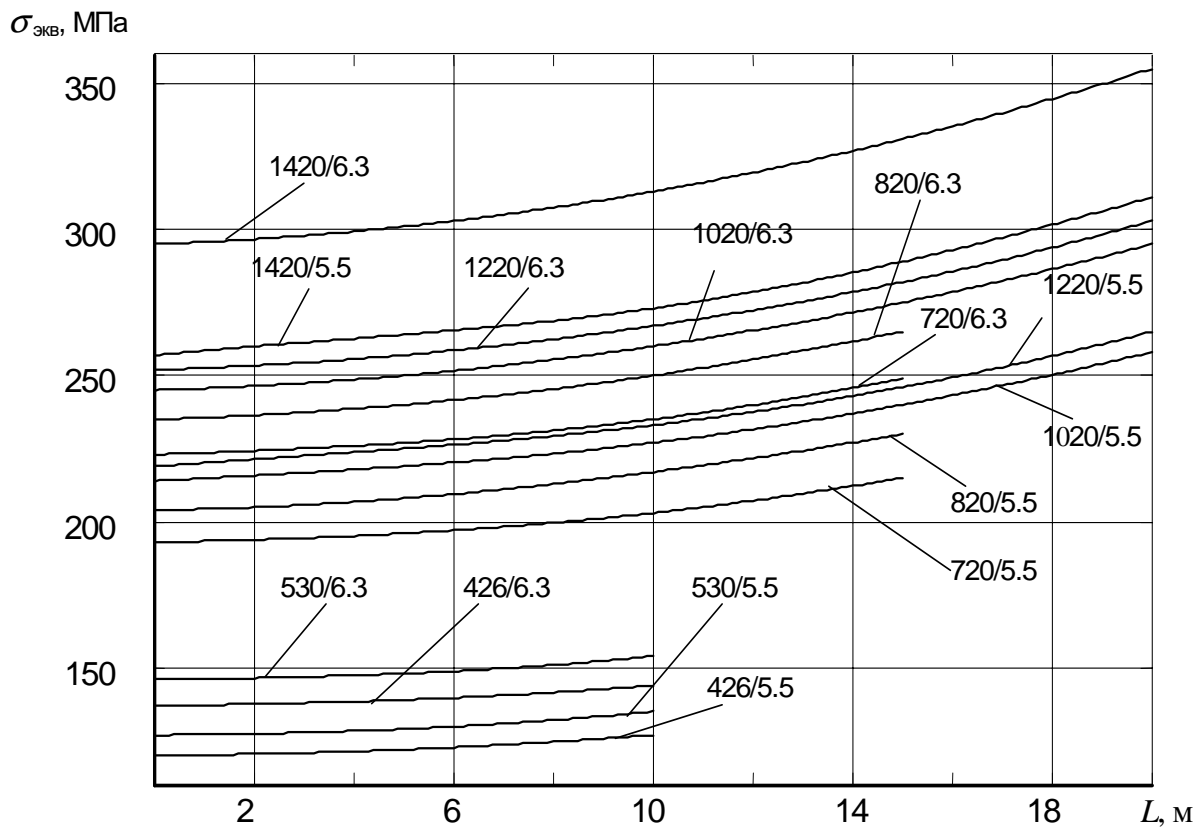


Рис. 9. Изменение эквивалентных напряжений в стенке трубопровода у кромки муфты в зависимости от длины котлована (в числителе указан диаметр трубопровода, в знаменателе – рабочее давление)

Расчеты показывают, что установка ремонтной муфты разгружает стенку трубопровода под муфтой на 22 %. В то же время, установка муфты приводит к возрастанию напряжения на 26% в зоне, примыкающей к кромке муфты.

Основные выводы по работе

1. Разработанная методика расчета участка трубопровода позволяет оценить его прочность в период проведения ремонтных работ при различных жесткостных характеристиках основания грунта, длине ремонтного котлована и действующих осевых усилий.

2. Для приварной муфты напряжения вдоль образующей от изгиба на 30 % больше в сравнении с обжимной муфтой, где закрепление осуществляется через мягкую прокладку.

3. Выявлено, что начальные несовершенства геометрических форм на кромках полумуфт существенно меняют значения напряжений в трубопроводе. Для обжимных муфт на трубопроводе, диаметром 1020 мм, смещение кромки на 0,5 мм дает увеличение напряжения до 140 МПа.

4. Установка ремонтной муфты и изменение проектного положения участка трубопровода приводят к повышению эквивалентных напряжений до 26 % в ремонтируемой зоне, прилегающей к кромке муфты, что значительно ослабляет стенку трубопровода.

Положения диссертационной работы опубликованы в работах:

1. Якубовская С.В. Математическая модель напряженно-деформированного состояния восстановленного участка магистрального трубопровода по муфтовой технологии / Якубовская С.В., Платонов А.Н., Гольцов В.С. // Известия вузов, сер. "Нефть и газ", №2. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2002 г. - С. 60 –65.
2. Якубовский Ю.Е. Расчет участка трубопровода в период проведения ремонтных работ / Якубовский Ю.Е., Пономарева Т.М., Платонов А.Н. // Тез. докл. межд. семинара "Геотехнические и эксплуатационные проблемы нефтегазовой отрасли". – Тюмень, ТюмГНГУ, 2002 г. – С. 244 – 247.
3. Платонов А.Н. Осесимметричная задача напряженно-деформированного состояния восстановленного участка трубопровода //Известия вузов, сер. "Нефть и газ", № 4. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2003 г. - С.81-85.
4. Якубовский Ю.Е. Проблемы прочности трубопроводного транспорта. / Якубовский Ю.Е., Малюшин Н.А., Якубовская С.В., Платонов А.Н.- Санкт-Петербург: Недра, 2003.- 200 с.

Подписано к печати 24.03.2005 г.
Заказ № 129
Формат 60x84^{1/16}
Отпечатано на RISO GR 3750

Бум. писч. №1
Уч.- изд. л. 1
Усл. печ. л. 1
Тираж 100 экз.

Издательство "Нефтегазовый университет"
Тюменского государственного нефтегазового университета
625000, Тюмень, ул. Володарского 38
Отдел оперативной полиграфии издательства "Нефтегазовый университет"
625039, Тюмень, ул. Киевская,52