

05.03.06
С 54

ЧЕЛЯБИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

СОБАЧКИН АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ
СВАРОЧНЫХ РАБОТ ПРИ РЕМОНТЕ НЕФТЕПРОВОДОВ
БЕЗ ОСТАНОВКИ ПЕРЕКАЧКИ

Специальность: 05.03.06 - Технология и машины
сварочного производства.

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических
наук

ЧЕЛЯБИНСК - 1991

Работа выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском институте по сбору, подготовке и транспорту нефти и нефтепродуктов.

Научные руководители - доктор технических наук,
профессор Гумеров А.Г.

- доктор технических наук
Зайнуллин Р.С.

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор Шахматов М.В.

- кандидат технических наук,
Пашков Ю.И.

Ведущая организация - Урало-Сибирское объединение магистральных нефтепроводов.

Защита состоится "20" ноября 1991 г. на заседании специализированного совета К 053.13.07 в Челябинском государственном техническом университете по адресу: 454044, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Челябинского государственного технического университета.

Автореферат разослан "19" октября 1991 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
К.т.н., доцент

В.Г. Шаламов

/В.Г. Шаламов/

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Диссертация посвящена решению проблемы обеспечения условий безопасного и качественного производства сварочных работ при ремонте нефтепроводов без остановки перекачки. Проведенные исследования позволили создать научные основы сварочных работ на нефтепроводах, находящихся под давлением перекачиваемой нефти.

Работа выполнена в соответствии с тематическим планом научно-исследовательских работ ВНИИСПТнефть, программой Главтранснефти "Восстановление работоспособности действующих магистральных нефтепроводов под давлением".

Актуальность проблемы. Обеспечение надежной и безотказной работы систем трубопроводного транспорта нефти является важной народно-хозяйственной задачей, при решении которой значительное место отводится ремонту линейной части нефтепроводов как одного из путей обеспечения эксплуатационной надежности, повышения эффективности, экономии металла.

В настоящее время наиболее прогрессивным способом ремонта нефтепроводов является ремонт без остановки перекачки. В процессе ремонта выполняются земляные работы по вскрытию нефтепровода в траншее, производится очистка труб от старого изоляционного покрытия. Выявленные повреждения стенки нефтепровода, как правило, завариваются.

На действующих нефтепроводах сварочные работы до настоящего времени проводились, в основном, при незначительном гидростатическом давлении нефти, что вело к значительному ущербу связанному с недопоставками нефти. С увеличением объемов ра-

монта потери в результате простоя нефтепроводов стали возрастать. Существовавший разрозненный опыт отдельных сварщиков по ведению сварки на нефтепроводах, находящихся под давлением перекачиваемой нефти, не мог решить проблему. Кроме того, нормативно-технические документы запрещали ведение огневых работ (сварку, резку, пайку и т.д.) на сосудах, заполненных горючими веществами или находящимися под давлением. Это связано с тем, что отсутствовали исследования по проблемам безопасности сварочных работ и исследования влияния перекачиваемой нефти на качество сварных швов.

В силу этих причин потребность в решении проблем безопасности и качества при проведении сварочных работ на нефтепроводах без остановки перекачки приобрела особую актуальность.

Проблемы сварочных работ на трубопроводах, находящихся под давлением перекачиваемого продукта, решались в работах ряда отечественных и зарубежных исследователей: В.Л.Березина, А.Г.Гумерова, Р.С.Зайнуллина, Д.А.Черняева, Д.Ж.Кифнера, Я.И.Бурака, Ю.Д.Зозуляка, И.М.Савича, В.С.Бута и других.

За последнее время накопился определенный научно-практический опыт по сварочным работам на трубопроводах, находящихся под давлением. Установлены некоторые параметры сварочных работ, режимов сварки, исследовано влияние транспортируемого газа на качество сварки. Однако, наличие противоречивых и взаимоисключающих результатов и отсутствие исследований по проблемам безопасности препятствовало внедрению сварочных работ при ремонте нефтепроводов без остановки перекачки, что потребовало проведения дальнейших исследований.

Цель работы. Установить условия безопасного и качественно-

го производства сварочных работ при ремонте нефтепроводов без остановки перекачки.

Основные задачи исследований

1. Получить аналитическую зависимость температурного поля стенки нефтепровода при сварке от теплофизических свойств и скорости перекачиваемой нефти, позволяющую установить параметры режимов сварки, гарантирующие безопасность сварочных работ при ремонте нефтепроводов без остановки перекачки.

2. Установить зависимость допустимой толщины стенки нефтепровода от внутреннего давления на основе модели предельного состояния и исследований механизма разгерметизации нефтепровода в процессе сварки.

3. Разработать методику расчета вероятности разгерметизации нефтепроводов, находящихся под давлением в процессе сварки, и определить параметры технологии сварочных работ, при которых вероятность разгерметизации нефтепроводов соответствует нормативной.

4. Установить степень влияния перекачиваемой нефти на качество, механические свойства сварных швов и работоспособность труб, отремонтированных сваркой.

Агробация работы. Содержание работы докладывалось и обсуждалось на научном семинаре отдела теории физико-механических полей института Прикладных проблем механики и математики АН УССР (12 июля 1988 г., г.Львов), международном семинаре "Проблемы сбора, подготовки и магистрального транспорта нефти" (8-9 сентября 1988 г., г.Уфа), II школе-семинаре по проблемам трубопроводного транспорта (11-12 сентября 1988 г., г.Уфа).

Реализация работы. Результаты работы послужили основой разработанных руководящих документов: 1) РД 39-30-1119-84 "Инструкция по заварке коррозионных язв металла труб нефтепроводов под давлением"; 2) РД 39-0147103-330-86 "Инструкция по приварке заплат и муфт на стенки труб нефтепроводов под давлением перекачиваемой нефти до 2,0 МПа"; 3) РД 39-0147103-86 "Инструкция по отбраковке труб при капитальном ремонте нефтепроводов".

Научная новизна. Получена аналитическая зависимость температурного поля стенки нефтепроводов при сварке с учетом особенностей теплообмена между металлом стенки и перекачиваемой нефтью. Данная зависимость позволила установить параметры режимов сварки, гарантирующие безопасность сварочных работ на нефтепроводах без остановки перекачки.

На основе исследований механизма разгерметизации и предельного состояния нефтепровода, находящегося под давлением в процессе сварки, установлена зависимость допустимой толщины стенки нефтепровода от внутреннего давления.

Разработана методика расчета вероятности разгерметизации нефтепровода при производстве сварочных работ.

Установлена закономерность влияния перекачиваемой нефти на механические свойства сварных швов и циклическую долговечность труб, отремонтированных сваркой при ремонте нефтепроводов без остановки перекачки.

Практическая ценность. Разработана технология сварочных работ при ремонте нефтепроводов без остановки перекачки, что позволило свести к минимуму снижение производительности нефтепроводов из-за уменьшения давления на время сварочных работ,

исключить простой нефтепроводов.

Внедрение разработанной технологии только в одном управлении магистральными нефтепроводами позволило получить экономический эффект, составляющий 141,9 тыс. рублей.

Результаты работы (1986 г.) отмечены премией комсомола Башкирии в области науки, техники, производства. В 1986-87 г.г. работа экспонировалась на отраслевой выставке ВДНХ СССР.

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в 10 печатных работах, в том числе 3-х руководящих документах.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 4-х глав, основных выводов, списка использованных источников из 100 наименований и 4-х приложений. Общий объем работы - 168 страниц, включая 91 страницу основного машинописного текста, 3 таблицы, 30 иллюстраций.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы основные положения, выносимые на защиту. Показано, что в связи с увеличением объема ремонта нефтепроводов существовавший опыт и требования к сварочным работам не могли удовлетворять практическим требованиям.

Необходимо разработать научные основы сварочных работ на нефтепроводах, находящихся под давлением, и на этой основе создать и внедрить технологию сварочных работ при ремонте нефтепроводов без остановки перекачки.

В первой главе рассмотрены основные проблемы сварочных

работ при ремонте трубопроводов без остановки перекачки. Дан анализ закономерностей возникновения коррозионных повреждений стенки труб магистральных нефтепроводов.

Показано, что дуговая сварка является наиболее эффективным способом ликвидации повреждений стенки действующих трубопроводов. Однако до настоящего времени отсутствовала научно обоснованная технология безопасного ведения сварочных работ при ремонте действующих трубопроводов, находящихся под давлением. Проводимые организациями, эксплуатирующими трубопроводы, сварочные работы не гарантировали безопасность сварочных работ и качество сварки. Ряд параметров режимов сварки устанавливались в качественном виде.

Наличие противоречивых результатов исследований предельного состояния трубопроводов, находящихся под давлением при сварке, отсутствие теоретических и экспериментальных исследований тепловых процессов при сварке на трубопроводах с учетом одностороннего теплоотвода, обусловленного теплопроводностью, и скорости перекачиваемой среды (нефти) сделали необходимым проведение настоящих исследований, которые явились составной частью научных основ технологии сварочных работ на трубопроводах, находящихся под давлением перекачиваемой среды.

Основной целью настоящей работы явилось решение проблем обеспечения безопасности и качества сварочных работ при ремонте нефтепроводов без остановки перекачки.

В процессе работы были решены следующие основные задачи:

1. Получена аналитическая зависимость температурного поля стенки нефтепровода при сварке от теплофизических свойств и скорости перекачиваемой нефти.

2. Установлена зависимость допустимой толщины стенки неф-

тепровода от внутреннего давления в процессе сварки.

3. Разработана методика расчета вероятности разгерметизации нефтепроводов, находящихся под давлением в процессе сварки.

4. Установлена степень влияния перекачиваемой нефти на качество сварных швов и циклическую долговечность труб, отремонтированных сваркой при ремонте нефтепроводов без остановки перекачки.

Вторая глава посвящена проведению исследований с целью обеспечения безопасности сварочных работ при ремонте нефтепроводов без остановки перекачки.

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований тепловых процессов при сварке трубопроводов с учетом теплофизических свойств и скорости потока перекачиваемой нефти.

На основе решения двумерной системы неоднородных уравнений теплопроводности при граничных условиях второго и четвертого рода получена формула для определения температуры нагрева стенки трубопровода в процессе сварки с учетом теплоотдачи, обусловленной теплопроводностью, и скорости перекачиваемой среды в виде:

$$T_1 = T_0 + \frac{2 I U K}{2 \sqrt{\pi} \lambda} h \sqrt{F_0} \exp(-K x^2) \left[(1 - 2 H) \times \right. \\ \left. \times \left(\operatorname{ierfc} \frac{2 - \frac{z}{h}}{2 \sqrt{F_0}} + \operatorname{ierfc} \frac{2 + \frac{z}{h}}{2 \sqrt{F_0}} \right) - H 4 b^{3/2} \tau^3 \right]$$

$$\times \left[i^3 \operatorname{erfc} \frac{2 - \frac{z}{h}}{2 \sqrt{F_0}} + i^3 \operatorname{erfc} \frac{2 + \frac{z}{h}}{2 \sqrt{F_0}} + i \operatorname{erfc} \frac{\frac{z}{h}}{2 \sqrt{F_0}} \right]$$

- где T_0 - начальная температура стенки, К;
 η - эффективный к.п.д. процесса нагрева;
 I - сварочный ток, А;
 U - падение напряжения на дуге, В;
 K - коэффициент сосредоточенности удельного теплового потока дуги, м^{-2} ;
 x - координата вдоль поверхности нагрева, м;
 z - координата поперек поверхности нагрева ($0 \leq z \leq h$), м;
 h - толщина стенки нефтепровода, м;
 $F_0 = \frac{a_1 \tau}{h^2}$ - коэффициент Фурье;
 $H = \frac{\lambda_2 \sqrt{a_1}}{\lambda_1 \sqrt{a_2}}$
 τ - время горения дуги, с;
 λ_1, λ_2 - коэффициенты теплопроводности металла стенки трубопровода и перекачиваемой среды, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$;
 a_1, a_2 - коэффициенты температуропроводности металла стенки трубопровода и перекачиваемой среды, $\frac{\text{м}^2}{\text{с}}$;
 $v = \frac{V}{L}$; с^{-1}
 V - скорость перекачиваемой среды, м/с;
 L - линейный размер нагреваемой области, м.

На рис. 1а показано изменение температуры пластины (стенки трубопровода) на границе стенка-контактируемая среда в зависимости от времени горения сварочной дуги при различных значениях коэффициента H . Значение $H = 1$ соответствует тепловой изоляции, значение $H = 0$ соответствует равенству теплофизических свойств металла пластины и контактируемой среды. Формула в данном случае совпадает с зависимостью температуры нагрева полубесконечного тела в процессе сварки, полученной Н.Н. Рыкалиным. На рис. 1б показано распределение температуры нагрева стенки нефтепровода при различном времени горения сварочной дуги.

Расчеты по полученной формуле дают удовлетворительный результат в интервале температур, когда теплоотдача происходит в основном за счет теплопроводности контактируемой среды.

Температура стенки нефтепровода уменьшается на 100 градусов с увеличением скорости потока в 5 раз (рис. 2а).

Экспериментально полученные термические циклы при сварке труб, контактируемых с нефтью, водой и воздухом, показаны на рис. 2б.

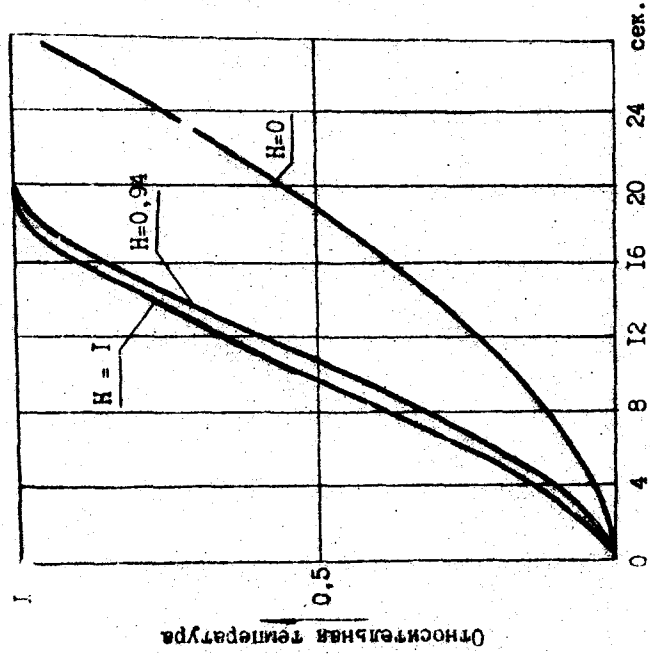
Теоретические результаты (пунктирные линии) отличаются от экспериментальных примерно на 10 % в интервале температур до начала фазового перехода и в процессе пленочного кипения до температур 573...673 К.

В данных интервалах температур теплоотдача происходит в основном за счет теплопроводности контактируемых сред (жидкости, паров).

Таким образом, получены зависимости, позволяющие установить закономерность влияния перекачиваемой нефти на температуру нагрева стенки нефтепровода в процессе сварки.

Для ручной дуговой сварки основными параметрами режима яв-

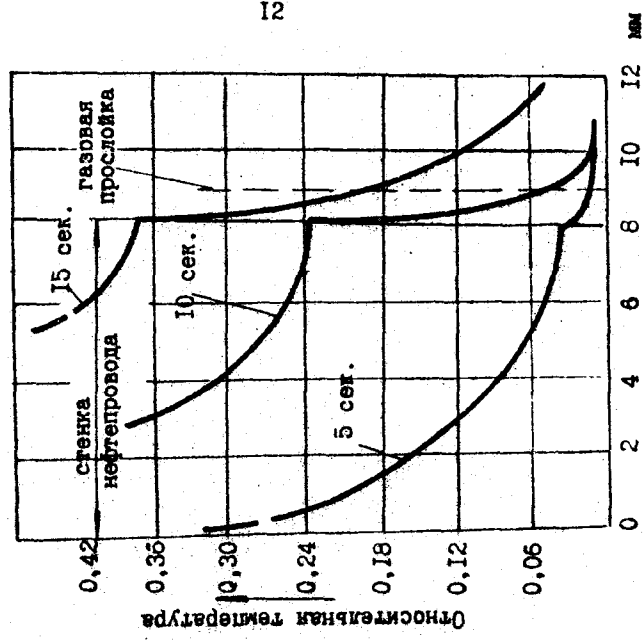
Изменение температуры нагрева
стенки во времени при различных значениях
коэффициента H



а) время горения дуги

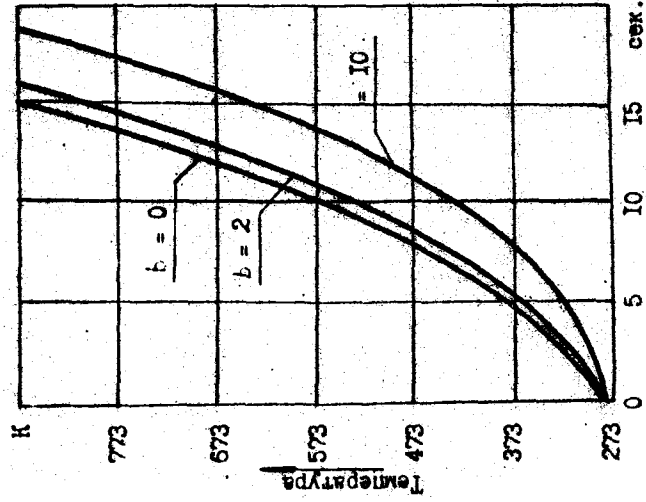
Рис. 1

Распределение температуры
в системе стенка нефтепровода-нефть



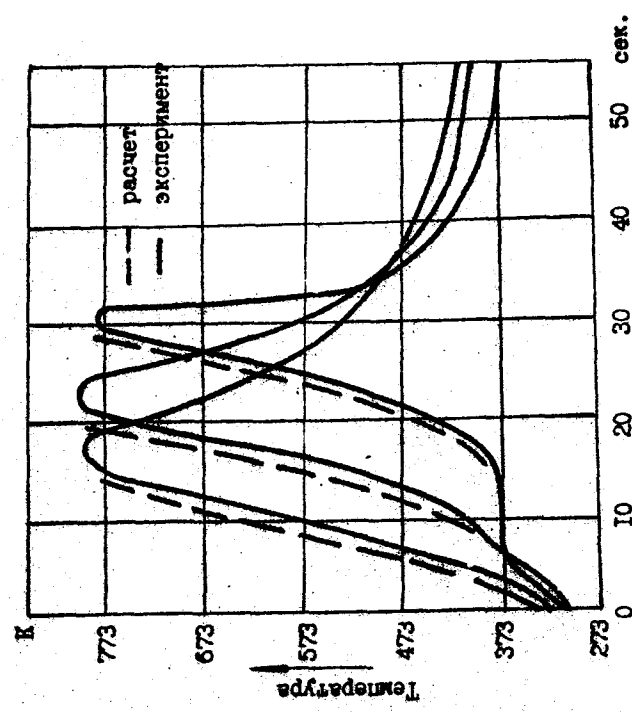
б) Расстояние

Изменение температуры стенки
нефтепровода в процессе сварки
при различных значениях параметра b ($\frac{I}{\text{см}^2}$)



а) время горения дуги

Термические циклы
при наплавке в случае контакта
с различными средами



б) время горения дуги

Рис. 2

ляются сварочный ток и напряжение сварочной дуги. Установленные зависимости позволяют ввести новый параметр – время непрерывного горения сварочной дуги. Данный параметр является определяющим, когда производится заварка небольших (диаметром до 20 мм) повреждений стенки нефтепровода. Электрод в этом случае почти не движется, и может произойти сквозное проплавление стенки и разгерметизация нефтепровода. Задавая параметры режимов сварки с учетом вида перекачиваемого продукта и условий прочности нефтепровода, находящегося под давлением, можно обеспечить полную безопасность сварочных работ при ремонте нефтепроводов без остановки перекачки.

На основе экспериментальных исследований механизма разгерметизации нефтепровода, находящегося под давлением при сварке, предложена расчетная модель для определения предельной (рабочей) толщины стенки нефтепровода в процессе сварки. Получена линейная зависимость рабочей толщины стенки от давления перекачиваемой среды (нефти).

Разработана программа для расчета с помощью ЭВМ параметров режимов сварки на трубопроводах, находящихся под давлением.

Исследования механизма разгерметизации нефтепроводов показали, что, вследствие проплавления стенки нефтепровода, происходит образование сквозного отверстия диаметром 0,8...1,0 мм независимо от скорости движения электрода и внутреннего давления. Диаметр отверстия определяется размерами пятна максимального нагрева сварочной дуги для данного электрода и способа сварки.

Данный эффект определяет качественный уровень опасности производства сварочных работ при ремонте нефтепроводов без ос-

тановки перекачки.

Полагая, что сварочный ток имеет отклонение от некоторого среднего значения, получена зависимость вероятности сквозного проплавления от режима сварки.

Экспериментально установлена зависимость времени горения дуги до сквозного проплавления от величины сварочного тока при различных толщинах стенки труб, находящихся под давлением нефти. Предложена номограмма для определения времени горения дуги при соответствующем сварочном токе, когда вероятность сквозного проплавления не превышает установленную.

По разработанной методике проведен расчет времени непрерывного горения дуги при среднем сварочном токе 155 А и толщине стенки нефтепровода $5 \cdot 10^{-3}$ м. Установлено, что при данных параметрах технологии сварочных работ возможно сквозное проплавление стенки нефтепровода, находящегося под давлением с вероятностью $1 \cdot 10^{-6}$, если время горения дуги равно 7,5 с.

На основе проведенных исследований установлен количественный уровень опасности производства сварочных работ на нефтепроводах под давлением.

Показано, что при точном соблюдении условий и параметров технологического процесса сварки на нефтепроводах без остановки перекачки безопасность технологического процесса обеспечивается. Сквозное проплавление стенки нефтепровода и возникновение в связи с этим экстремальной ситуации возможны только при производстве работ с грубым нарушением технологии сварочных работ.

В третьей главе приведены экспериментальные исследования влияния перекачиваемой нефти на механические свойства сварных швов труб при сварке нефтепроводов без остановки перекачки. Ус-

тановлено, что перекачиваемая нефть практически не влияет на механические свойства сварных швов труб, отремонтированных сваркой. Как показано, данное явление связано с тем, что в зоне сварки на внутренней поверхности стенки нефтепровода происходит образование газового пузыря, который экранирует сварной шов от охлаждения перекачиваемой средой (нефтью). Теплофизические свойства газов в образовавшемся во время сварки пузыре практически не отличаются от теплофизических свойств воздуха.

Трубы, отремонтированные сваркой при ремонте нефтепроводов, обладают требуемой из условий эксплуатации циклической долговечностью (свыше $12 \cdot 10^3$ ц.).

В четвертой главе даны результаты исследований по разработке технологии сварочных работ при ремонте нефтепроводов без остановки перекачки.

Приводятся экономическое обоснование работы и перспективы исследований.

В процессе создания технологического процесса проводились исследования по определению вероятности образования взрывоопасной смеси внутри нефтепровода, анализ пожарной ситуации при сквозном проплавлении стенки труб нефтепроводов, находящихся под давлением нефти до 7,5 МПа.

Исследования показали, что характер загорания нефти при сквозном проплавлении незначителен (высота пламени до 0,2 м), поэтому при разработке технологического процесса заварки коррозионных язв создания и применения дополнительных средств защиты не потребовалось.

Для обеспечения безопасности сварочных работ должен проводиться анализ воздушной среды, обследование стенки труб нефте-

провода, организуется постоянный контроль за давлением перекачиваемой нефти.

На основе проведенных исследований и установленных мер безопасности доказано, что разработанный технологический процесс отвечает всем требованиям безопасности, изложенным в действующих нормативных документах.

Разработанный технологический процесс был сдан ведомственной комиссии и рекомендован ко внедрению при ремонте нефтепроводов без остановки перекачки.

Технологический процесс проведения сварочных работ при ремонте нефтепроводов без остановки перекачки изложен в РД 39-30-III9-84 "Инструкция по заварке коррозионных язв металла труб нефтепроводов под давлением", РД 39-0I47I03-330-86 "Инструкция по приварке заплат и муфт на стенки труб нефтепроводов под давлением перекачиваемой нефти до 2,0 МПа", РД 39-0I47I03-334-86 "Инструкция по отбраковке труб при капитальном ремонте нефтепроводов".

Разработана методика расчета экономической эффективности при внедрении технологического процесса сварки на действующих нефтепроводах, находящихся под давлением перекачиваемой нефти до 2,0 МПа. Ущерб от простоя нефтепровода после внедрения технологического процесса сокращается на 73 %.

Полученные результаты могут найти применение при сварочных работах на трубопроводах, транспортирующих газ, бензин, сжиженные газы и т.д.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ РАБОТЫ

1. Получена и экспериментально подтверждена аналитическая зависимость температурного поля стенки нефтепровода при сварке от теплофизических свойств и скорости перекачиваемой среды (нефти). На основе данной зависимости введен новый параметр режима сварки - время непрерывного горения сварочной дуги, гарантирующий безопасность сварочных работ на нефтепроводах, находящихся под давлением.

2. Установлена зависимость допустимой толщины стенки нефтепровода от внутреннего давления в процессе сварки. Показано, что в результате сквозного проплавления в стенке нефтепровода образуется отверстие, равное диаметру пятна максимального нагрева (~ 1 мм) сварочной дуги независимо от величины внутреннего давления. Данный механизм явился определяющим для безопасности производства сварочных работ при ремонте нефтепроводов без остановки перекачки.

3. Разработана и экспериментально проверена методика расчета вероятности сквозного проплавления стенки и разгерметизации нефтепровода, находящегося под давлением при сварке, что позволило доказать соответствие разработанного технологического процесса требованиям нормативных документов на пожарную безопасность.

4. Установлено, что перекачиваемая нефть практически не влияет на механические свойства сварных швов труб, отремонтированных сваркой при ремонте нефтепроводов без остановки перекачки. Трубы, отремонтированные сваркой, обладают требуемой из условий эксплуатации циклической долговечностью (свыше $12 \cdot 10^3$ ц.).

5. Доказана возможность безопасного ведения сварочных ра-

бот при ремонте нефтепроводов без остановки перекачки.

Результаты работы легли в основу технологического процесса заварки коррозионных повреждений стенки труб нефтепроводов под давлением, выполняемого согласно "Инструкции по заварке коррозионных язв металла труб нефтепроводов под давлением", РД 39-30-1119-84.

Фактический экономический эффект от внедрения технологического процесса только в Управлении приволжскими магистральными нефтепроводами составил 141,9 тыс. рублей.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

Собачкин А.С. Распределение коррозионных повреждений на стенке магистральных нефтепроводов, возникших в процессе эксплуатации // Пятая республиканская научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов по проблемам сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов по трубопроводам: Тез. докл. - Уфа, 1982. - С.65-66.

Собачкин А.С., Шумайлов А.С., Тоноркова К.А. Распределение коррозионных повреждений, обнаруженных на стенке магистральных нефтепроводов в процессе эксплуатации // Надежность нефтепроводов и нефтеперекачивающих станций: Сб. научн. тр. БНИИ-СНТнефть. - Уфа, 1982. - С.27-30.

Султанов М.А., Собачкин А.С. Исследование режимов заварки коррозионных язв действующих нефтепроводов // Седьмая республиканская научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов по проблемам сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов по трубопроводам: Тез. докл. - Уфа, 1986. - С.7-8.

Собачкин А.С. Исследование параметров режима сварки на трубопроводах, находящихся под давлением // Исследования в области надежности и эффективности эксплуатации магистральных нефтепроводов: Сб. научн. тр. ВНИИСТнефть. - Уфа, 1987. - С.31-37.

Заварка коррозионных язв металла труб магистральных нефтепроводов под давлением / А.Г.Гумеров, Ф.Г.Хайруллин, М.Х.Султанов, А.С.Собачкин // Нефт.пром-сть. Сер. Нефтепромысловое дело и транспорт нефти: НТИС / ВНИИОЭНГ. - 1985. - Вып.5. - С.37-38.

Султанов М.Х., Собачкин А.С. Технология ремонта магистральных нефтепроводов // Обеспечение надежности магистральных нефтепроводов в условиях эксплуатации: Сб. научн. тр. ВНИИСТнефть. - Уфа, 1986. - С.78-83.

Восстановление работоспособности нефтепроводов под давлением с применением сварки. Гумеров А.Г., Зайнуллин Р.С., Собачкин А.С., Давлетшина Ф.А. / Нефт.пром-сть. Сер. Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов // Обзорная информ. / ВНИИОЭНГ. - М., 1989. - 31 с.

Соискатель

Собачкин

А.С.Собачкин