

На правах рукописи

НОВИЦКИЙ ДМИТРИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕФЕКТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ДЕТАЛЕЙ
ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ ЖЕЛЕЗНЕНИЯ**

05.02.13 – «Машины, агрегаты и процессы»
(нефтяной и газовой отрасли)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Тюмень. 2006г.

Работа выполнена в государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Тюменский государственный нефтегазовый университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Новоселов Владимир Васильевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Сысоев Юрий Георгиевич
кандидат технических наук
Терентьев Сергей Дмитриевич

Ведущая организация: ОАО «Сибнефтепровод»

Защита состоится 21 февраля 2006 года в 15³⁰ ч.

на заседании диссертационного совета Д 212.273.08 при Тюменском государственном нефтегазовом университете по адресу: 625000, г.Тюмень, ул. Мельникайте, 72.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Тюменского государственного нефтегазового университета.

Автореферат разослан 20 января 2006 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Пономарева Т.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Трубопроводный транспорт является одним из наиболее развитых видов транспорта жидких и газообразных углеводородов. Существующая система магистральных трубопроводов обеспечивает транспорт нефти и газа потребителям России, странам СНГ и Западной Европы. Безопасная эксплуатация трубопроводных систем зависит от множества факторов, основным из которых является своевременное и качественное проведение различного вида ремонтов. Трубопроводные системы изнашиваются, и задачу обеспечения высоконадежного и безопасного транспорта углеводородов в условиях дефицита финансовых и материальных ресурсов может быть эффективно достигнута только за счет перехода на выборочные методы ремонта.

Существующие технологии выборочного ремонта локальных участков трубопровода предусматривают проведения большого объема работ, что значительно увеличивает сроки выполнения и их стоимость. Техничко-экономические показатели проведения выборочного ремонта трубопровода ещё более ухудшаются в зимний период, особенно в условиях Западной Сибири.

Таким образом, разработка современного метода выборочного ремонта, для увеличения срока службы элементов и деталей трубопроводов путем восстановления прочности металла, является актуальной задачей.

Состояние изученности вопросов темы. Вопросами изучения физических характеристик электролитно-плазменного разряда при очистке, сварке и упрочнении металлов занимались ученые В.Н. Дураджи, Б.Р. Лазаренко, В.Д. Сапрыкин, Д.И. Словецкий, С.Д. Терентьев, В.Г. Плеханов, И.З. Ясногорский. Электролитическим осаждением железа в электролитах для ремонта деталей занимались ученые В.А. Бабенко, И.М.

Ковенский, А.А. Милушкин, М.П. Мелков, М.П. Панкратов, Ю.Н. Петров, С.Н. Стойков, В.А. Шадричев, на результаты работ которых основывался автор в своих исследованиях.

Целью работы является разработка метода восстановления дефектной стенки трубопровода на основе восстановления структуры металла с помощью электролитического железнения.

Основные задачи исследования:

- сравнительный анализ методов восстановления работоспособности магистральных трубопроводов;
- анализ существующих способов очистки поверхности трубопровода для последующего восстановления структуры металла;
- исследовать метод электролитического железнения для ликвидации локальных дефектов трубопровода;
- исследовать прочность отремонтированного трубопровода.

Методика исследования. Поставленные задачи решались путем проведения теоретических и экспериментальных исследований.

Теоретические и экспериментальные исследования основаны на теории электрохимических процессов.

Научная новизна работы:

1. Разработана принципиальная схема автономного энергоснабжения электролитно-плазменного устройства (ЭПУ) для электролитической обработки поверхности трубопровода;
2. Назначены рабочие параметры технологических режимов очистки и электролитического железнения дефектной стенки трубопровода по разработанному режимному алгоритму управления процессом восстановления дефектов стенки трубопровода;

3. Получены физические зависимости параметров электролитно-плазменной обработки трубопровода для обеспечения надежности восстановленной стенки методом электролитического железнения.

Практическая ценность работы. Результаты проведенных исследований рекомендуется использовать при проектировании и производстве строительно-монтажных работ по ремонту локальных дефектов стенки трубопровода. Рекомендуется использовать в курсах обучения студентов по специальности: «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов, баз и хранилищ».

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы были представлены на: расширенных заседаниях кафедры «СиРНГО» ТюмГНГУ в 2003-2004г.г.; 4-ой региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых ТюмГНГУ (Тюмень, 2005г.), III Международной научно-технической конференции «Новые материалы, неразрушающий контроль и наукоемкие технологии в машиностроении» ТюмГНГУ (Тюмень, 2005г.), на VI научно-технической конференции молодежи ОАО «АК «Транснефть» (Тюмень, 2005г.).

Публикации и личный вклад автора. По результатам исследований опубликовано 14 печатных работ, в том числе 8 статей, 6 тезисов докладов.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, 3 разделов, выводов и приложения. Работа изложена на 117 страницах и содержит 36 таблиц, 31 рисунок и список литературы из 151 наименования.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы ее цель и основные задачи исследований, дана краткая характеристика работы.

В первом разделе проводится анализ технического состояния системы магистральных трубопроводов.

Анализ возрастной структуры трубопроводов, позволил описать временные группы трубопроводов по их вводу в эксплуатацию и их характерные конструкционные особенности.

Факторы, вызывающие снижение эксплуатационной надежности, показали, что подавляющее большинство отказов магистральных трубопроводов связано с наличием концентраторов напряжений в виде локальных дефектов стенки трубы (царапин, трещин и вмятин).

Степень опасности дефектов определяется расчетами. При этом необходимо учитывать тот факт, что в таких дефектах как: включения и расслоения; гофры, вмятины и риски; потеря металла вероятность распространения трещин под действием внутреннего рабочего давления очень высока.

Задача выбора метода ремонта стенки трубопровода, в условиях финансового дефицита заключается в поиске экономически рационального конструктивного решения, обеспечивающего надежность и безопасность работы системы в целом. Если известно что, при проектировании новых трубопроводов, стремятся максимально снизить расход металла, то при выборе метода ремонта необходимо сохранить целостность конструкции. При решении этой задачи задается допустимый уровень монтажных напряжений ($\sigma_{доп}^M$). Применительно к ремонту, он составляет 45% от предела текучести трубной стали. При этом необходимо учитывать напряжения возникающие в области ослабленного сечения трубы. Расчет напряжений в зоне дефектов и концентраторов различных типов производится по различным методикам, базирующихся на положениях прочности материалов. Анализ основных дефектов и конструктивных

концентраторов напряжений металла стенки трубопроводов выявил возможность оценки степени их опасности с единых позиций.

Это, в свою очередь, позволяет классифицировать дефекты и концентраторы в соответствии с особенностями распределения напряжений, рассчитывать напряженно-деформированное состояние в этих зонах, и принимать оптимальные решения по консервации или ликвидации повреждений.

Сравнительный анализ дефектов стенки трубопровода и методов их ремонта показал, что они не только трудоемки и дорогостоящи, но и приводят к возникновению дополнительных напряжений в зоне установки и интенсифицируют процессы коррозии вследствие наличия гальванической пары. Используемые методы и технологии не восстанавливают структуру металла стенки трубопровода, а метод замены «катушки» сопровождается остановкой перекачки продукта.

Во втором разделе проведен анализ существующих методов очистки наружной поверхности трубопровода и показано, что существующие технологии не позволяют подготовить поверхность трубы в месте локального дефекта для восстановления прочности стенки методом электролитического железнения. На основании этого в качестве задачи исследований принята разработка прогрессивного метода очистки с помощью электролитно-плазменного разряда.

Ранее этот метод применялся при очистке металлических деталей и конструкций в машиностроении. При этом оборудование, обеспечивающее этот процесс, является стационарным. При ремонте трубопроводных систем основным условием является мобильность ремонтного комплекса. Это достигается путем внедрения новых автоматизированных энергосберегающих технологий и специально разработанных автором унифицированных вспомогательных устройств.

Очистка электролитной плазмой, основана на генерации электрических разрядов между двумя электродами, погруженных в жидкую электропроводящую среду. Разряды возникают при условии неравенства площадей электродов, при этом электролитно-плазменный разряд формируется на электроде с меньшей площадью поверхности, называемом «активным» и является обрабатываемой деталью.

В работе определены основные закономерности очистки электролитно-плазменным разрядом. Проведено теоретическое и экспериментальное изучение вольт-амперных и вольт-температурных характеристик процесса, определившие основные параметры процесса очистки без перегрева обрабатываемой поверхности.

В результате установлена зависимость параметров процесса от концентрации заряженных частиц, удовлетворительно описываемой уравнением:

$$Y(X) = 253,3 + 9,396 \cdot X - 0,03760 \cdot X^2$$

Принимая во внимание порядок последнего члена полученной автором регрессионной формулы им можно пренебречь, и считать зависимость мощности разряда от концентрации заряженных частиц линейной.

Поиск наиболее эффективных параметров очистки проводился в широком диапазоне изменений как состава электролита, так и его концентрации. Исходя из требований к электролиту по его низкому потенциалу ионизации, малой токсичностью, доступностью для проведения последующих экспериментов были выбрана соль Na_2CO_3 в низких концентрациях $C = 5-10\%$, исключающих процесс нагрева обрабатываемой поверхности в процессе очистки при затратах удельной мощности $N = 0,5 \text{ кВт/см}^2$.

Изучение зависимости интенсивности очистки от приложенного напряжения при катодном и анодном процессах (рис.1.) показало, что эффективность катодной очистки в среднем в два раза превышает анодную в области рабочих напряжений 80-120В.

При экспериментах по очистке было отмечено, что при удалении загрязнения, вследствие воздействия разряда, на металлической поверхности происходит изменение рельефа.

Для определения оптимальных условий очистки был реализован полный многофакторный эксперимент, который имел минимальные отклонения между экспериментальными и расчетными значениями.

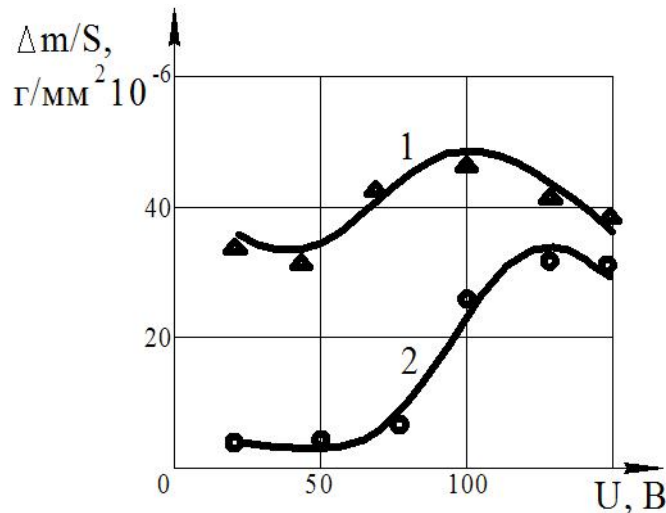


Рис.1. Зависимость скорости очистки при катодном (1) и анодном (2) процессах

Полнофакторный эксперимент дает возможность определить необходимую для него область исследуемых параметров, но не дает наглядности физической картины при всех значениях независимых переменных. Поэтому были проведены дополнительные серии экспериментов с последующей аппроксимацией их по методу наименьших квадратов в зависимости от одного значимого фактора. По полученным автором результатам аппроксимации было определено изменение

микрokonфигурации поверхностных слоев ремонтируемой поверхности трубопровода (R_a) в зависимости от удельной электропроводности раствора (X), мощности разряда (N_p) и времени обработки (t), влияющей на увеличении адгезии металлических покрытий рис. 2.

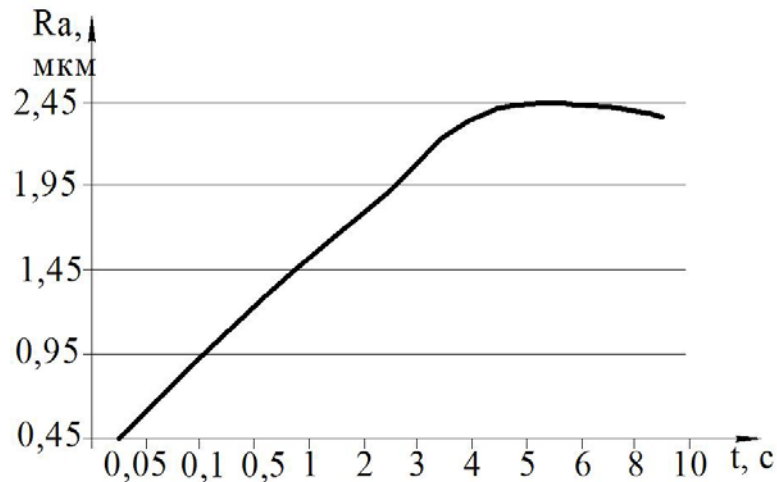


Рис. 2. Зависимость величины шероховатости поверхности (R_a) от времени (t) обработки при $N_p = 0,15 \text{ кВт/см}^2$

При увеличении мощности разряда или продолжительности обработки наблюдалось уменьшение шероховатости. Это происходило из-за образования чрезмерно высоко выступающих граней которые, принимая максимальную величину электролитно-плазменного разряда – испарялись, тем самым, уменьшалась шероховатость поверхности.

Для обработки экспериментальных данных была использована программа «Statistica», позволяющая производить аппроксимацию экспериментальных данных различными функциями и строить графики в назначенном интервале переменных величин.

Таким образом исследование воздействия разряда на обрабатываемую поверхность позволило разработать технологические процессы очистки ремонтируемой поверхности, а так же предложить

технологии модификации поверхности для последующего нанесения металлических покрытий.

В третьем разделе разработана технология восстановления дефектной стенки трубопровода.

Предложена принципиальная схема основного оборудования для очистки и восстановления поверхности трубопровода в полевых условиях, рис. 3.

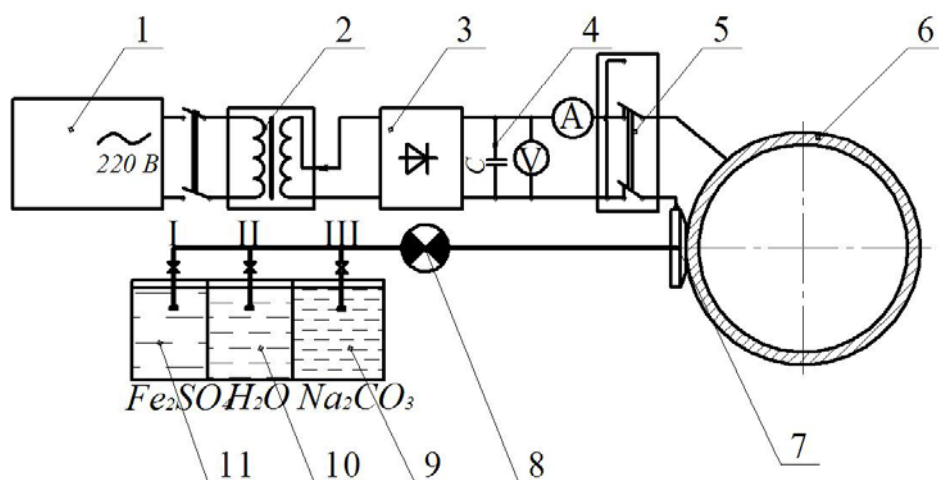


Рис.3. Принципиальная схема ЭПУ для производства работ на трассе трубопровода

- 1 – автономный источник питания; 2 – трансформатор; 3 – выпрямитель;
4 – конденсатор; 5 – контактор реверсирования; 6 – трубопровод (катод);
7 – рабочая камера; 8 – насос; 9,10,11 – емкости с электролитами;

Принцип работы установки. Электрический ток вырабатывается автономным источником питания 1, напряжением 220В, мощностью 5-10 кВт. Регулирование величины тока, потребляемого ЭПУ, производится трансформатором 2. Переменный ток через выпрямитель 3 преобразуется в постоянный, а сглаживание напряжения производится конденсатором 4. К трубопроводу подключается проводник, обладающий отрицательным потенциалом, а трубопровод в этом случае является катодом. Провод, обладающий положительным потенциалом, подключен к аноду входящему в конструкцию рабочей камеры ЭПУ.

Рабочая камера представляет собой комбинированное устройство по электролитно-плазменной очистке (ЭПО) и электролитическому осаждению металла (ЭОМ), рис.4.

В качестве анода для очистки электролитно-плазменной обработкой используется нержавеющая сталь, а для процесса электролитического железнения используется анод из металла с идентичными для восстанавливаемой поверхности физикомеханическими свойствами.

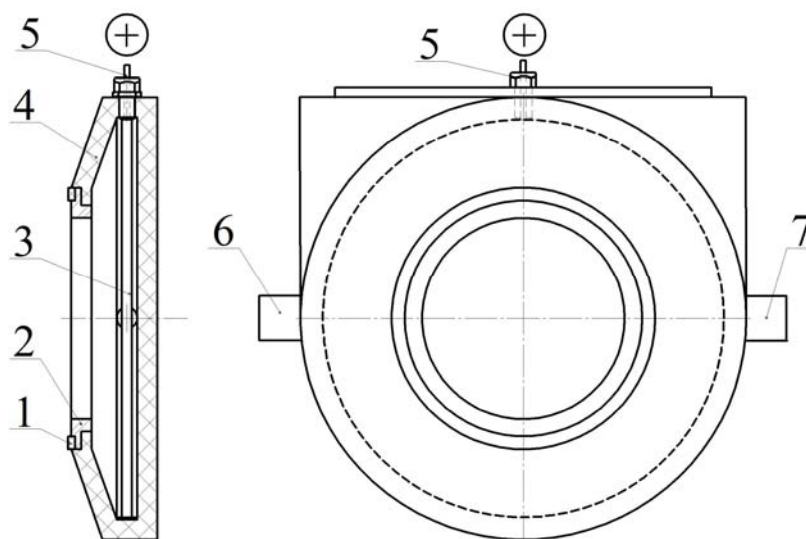


Рис.4. Принципиальная схема рабочей камеры
 1 – резиновый герметизатор; 2 – кольцо керамическое;
 3 – сменный анод; 4 – текстолитовый корпус; 5 – контакт анода;
 6 – патрубок входной; 7 – патрубок отводной.

Разработанная конструкция позволяет оперативно при минимальных затратах энергии и высоком качестве производить технологические операции по подготовке трубопровода к ремонту.

Ремонт локального дефекта стенки трубопровода проводится с использованием метода электролитического наращивания металла на поврежденные участки поверхности, путем образования в растворах солей, кислот и щелочей (электролитов) при прохождении через них постоянного электрического тока заряженных частиц – ионов. Это метод твердого оставления или железнения, при восстановлении рабочих параметров деталей различного назначения.

Экспериментальным путем подобраны составы электролитов железнения и их концентрации, а также режимы железнения и получаемые свойства покрытий.

Автором разработан технологический процесс ремонта локального дефекта стенки трубопровода, с учетом подготовительных работ. Схема расстановки составляющих единиц приведена на рис. 5.

Проведение работ проводится в следующей последовательности: вскрытие трубопровода в месте локального дефекта; очистка участка трубопровода от старого изоляционного покрытия; очистка и подготовка дефектного участка ремонта электролитно-плазменной обработкой; ремонт локального дефекта методом электролитического железнения; восстановление изоляционного покрытия на месте проведения ремонтных работ; обратная засыпка трубопровода.

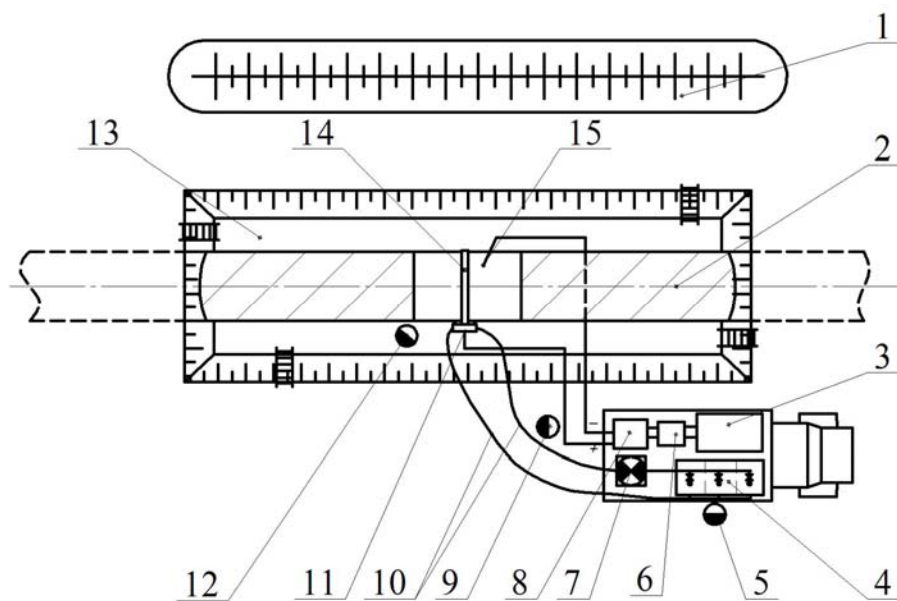


Рис.5. Схема расстановки ремонтной техники при производстве работ электролитическими методами

1 – отвал грунта; 2 – ремонтируемый трубопровод; 3 – автономная электростанция; 4 – емкость с электролитами; 5 – оператор электролитных емкостей; 6 – выпрямитель; 7 –насосная установка; 8 – трансформатор; 9 – оператор энергоустановки; 10 – напорные рукава; 11 – рабочая камера; 12 – оператор ЭПУ; 13 – рабочий котлован; 14 – хомут; 15 – место дренажа (катода)

Исследованные количественным методом на микротвердость характеристики полученных покрытий показали, что по глубине осажденного слоя железа параметры микротвердости распределились согласно экспериментальным исследованиям, полученным на образцах. Зависимости распределения микротвердости по глубине образцов представлены на рисунке 6.

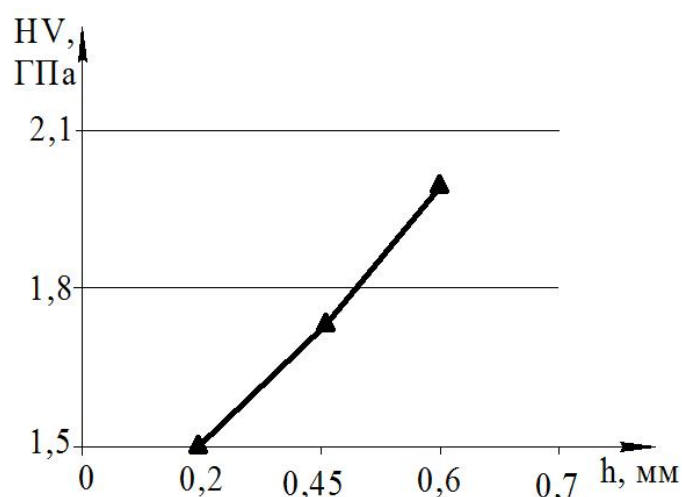


Рис.6. Зависимость распределения микротвердости от глубины осажденного слоя

В результате исследований выбраны параметры процесса для получения осаждаемого покрытия с идентичными по твердости свойствами к основе.

Одновременно с этим установлено, что твердость железного покрытия резко уменьшается при увеличении плотности тока. Такому изменению твердости покрытий способствует то, что с ростом плотности тока сдвиг потенциала катода достигает величины, при которой становится возможным интенсивный разряд других имеющихся в растворе ионов, а так же включение в состав покрытия гидроокисей металлов за счет защелачивания прикатодного слоя.

В процессе железнения для обеспечения полного заполнения V-образных дефектов установлена целесообразность комбинированного реверсирования (изменение полярности тока).

Процесс обратной смены полярности электродов с использованием «толчка» $\tau_{\text{Т}}$ при выходе на катодную полярность способствует образованию мелкокристаллических структур на уже осажденной и выровненной при анодной поляризации поверхности, рис. 7.

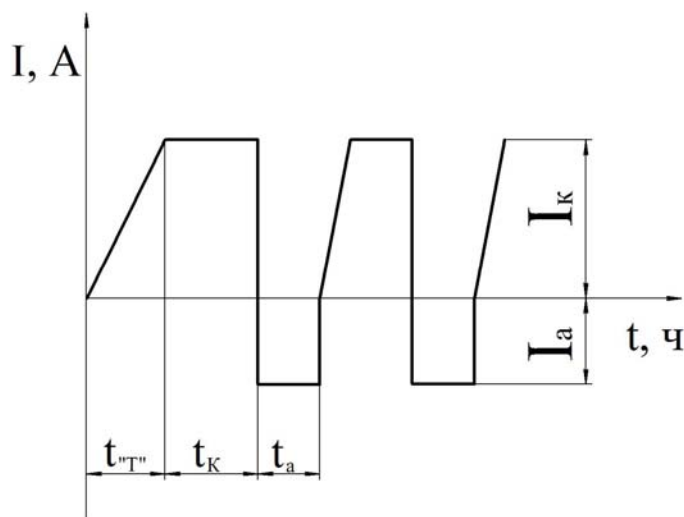


Рис.7. Схема комбинированного реверсирования

На начальном этапе выполняется постепенное увеличение катодного тока, т.е. так называемый «толчок» $t_{\text{Т}}$, его время вне зависимости от характеристик дефекта составляет 30 сек. Следующим этапом является катодный процесс $t_{\text{К}}$, здесь время осаждения металла принимается до момента выполнения условия, что слой осажденного металла на поверхности дефекта не будет превышать 0,01 слоя осажденного в вершине дефекта. При выполнении данного условия начинается анодный процесс $t_{\text{а}}$, здесь происходит растворение металла на поверхности дефекта. Затем следует время $t_{\text{Т}}$, которое равно времени предыдущего анодного процесса.

При выборе оптимальных режимов работы установки по разработанному алгоритму, учитывались следующие постоянные: концентрация и состав электролита; расстояние между анодом и дефектной поверхностью трубопровода; значение катодного и анодного тока.

«Залечивание» V-образного дефекта методом железнения представлено на рис. 8.

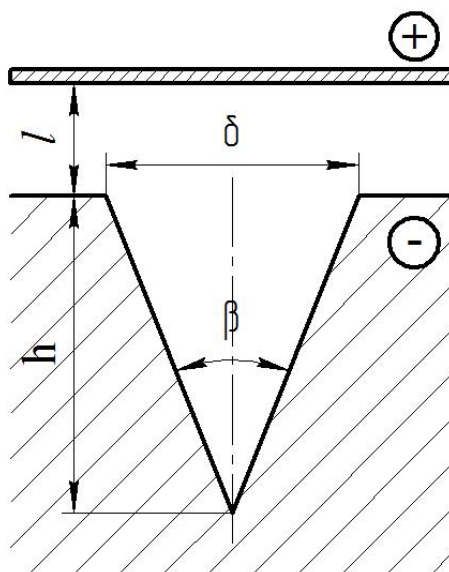


Рис.8. Расчетная схема для определения режимов железнения V-образного дефекта стенки трубы

l - расстояние между анодом и восстанавливаемой поверхностью; h - глубина дефекта; β - угол раскрытия; δ - ширина раскрытия.

Скорость осаждения металла V_k и анодного растворения V_a осажденного слоя определялось по уравнениям:

$$V_k = \frac{D_k \cdot c \cdot \eta}{\gamma \cdot 10^3}, \quad V_a = \frac{D_a \cdot c}{\gamma}, \text{ м/с}$$

где: D_k , D_a - плотность катодного и анодного тока, А/м^2 ; c - электрохимический эквивалент, $\text{кг/А}\cdot\text{с}$; η - выход по току, %; γ - удельный вес железа, кг/м^3 .

Установлено что, скорость осаждения металла в вершине дефекта уменьшается по сравнению со скоростью осаждения на поверхности дефекта в зависимости от отношения сопротивления между анодом и дефектной поверхностью, анодом и вершиной дефекта. При этом скорость осаждения в вершине дефекта представлена как:

$$V_{\min} = \left(\frac{l}{l+h} \right) \cdot V_{\max}, \text{ м/с}$$

Для определения оптимальных режимов работы установки железнения использовался метод инженерных приближенных итераций, основанный на программном обеспечении Microsoft Visual Basic, а обработка экспериментальных исследований проводилась в MS Excel. Шаг одного итерационного процесса регламентировался переменной Δt , т.е. изменение временного интервала процесса железнения.

Катодный процесс осаждения и анодный процесс растворения представлены в виде схем изображенных на рисунке 9.

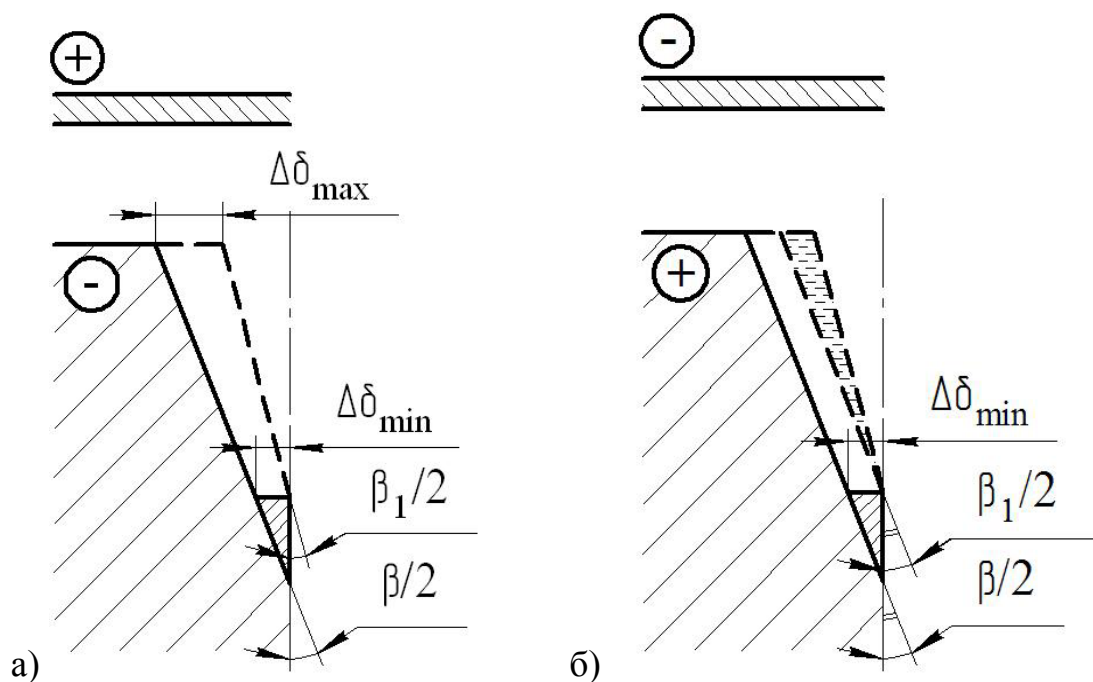


Рис. 9. Схема расчета катодного осаждения «а» и анодного растворения «б» восстанавливаемого дефекта

Установлено что, при увеличении угла раскрытия и, следовательно, сглаживании дефектной поверхности период катодного осаждения увеличивается, обеспечивая равномерное заполнение дефекта.

Для проведения процесса железнения с использованием реверсирования тока, разработана последовательность его реализации представленная блок схемой восстановления V-образного дефекта трубопровода рис. 10.

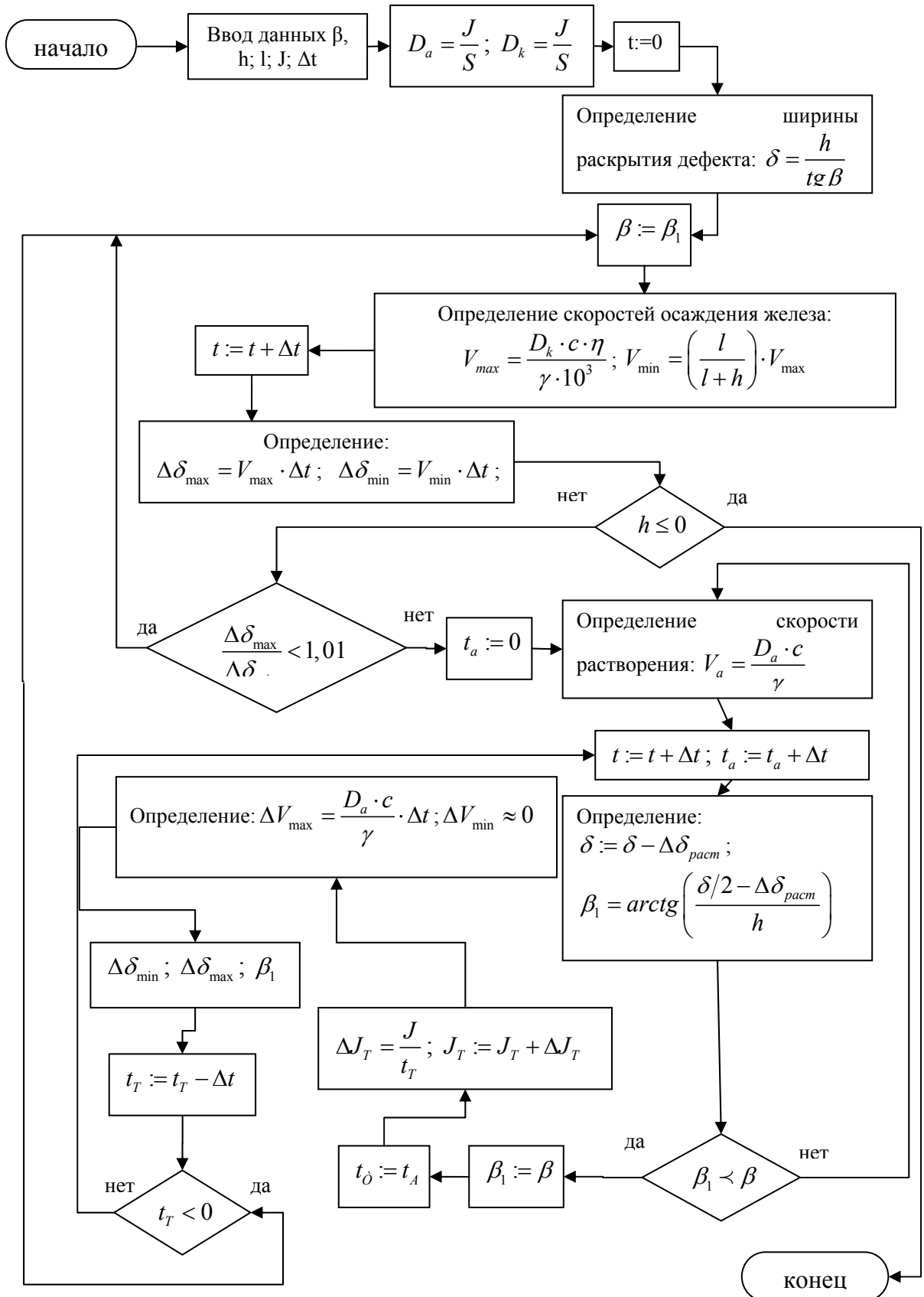


Рис. 10. Блок схема алгоритма выбора режимов при ремонте дефектов стенки трубы методом электролитного железнения

В качестве примера представлено восстановление V-образного дефекта с глубиной дефекта 4 мм, углом раскрытия 5^0 . По разработанной методике получено, что для этого дефекта время восстановления равно 4,2 часа.

Проведенные исследования по величине адгезии зависящей от шероховатости восстанавливаемой поверхности показали, что при шероховатости $Ra \approx 1,6$ мкм адгезия осаждаемого железного покрытия к основе $\sigma_{сц} = 180 \div 190$ МПа. Далее чрезмерное увеличение шероховатости снижает величину адгезии, так как осаждаемое покрытие имеет неравномерно распределенную толщину осадка.

Исследования по надежности работы отремонтированного V-образного дефекта проводилось методом определения механических характеристик металла, на плоских образцах. Установлено увеличение временного сопротивления (кривая IV) рис. 11, относительно образцов, с идентичными дефектами (кривая II), и образцов где ремонт V-образных дефектов проводился шлифованием (кривая III). Сравнение прочности восстановленных образцов происходило с идентичными не дефектными образцами (кривая I).

Результаты проведенных исследований подтвердили целесообразность использования разработанного метода ремонта стенки трубопровода, т.к. механические свойства отремонтированного V-образного дефекта практически равны прочности бездефектного участка.

Установлено влияние напряжения на величину максимального допустимого давления в трубопроводе. В этом случае граничным критерием работоспособности восстановленного трубопровода является условие:

$$P_{\max} \geq 1,5P_{\text{раб}}$$

максимально допустимое давление определялось согласно:

$$P_{\max} = \frac{h/\delta \cdot \sigma_{\text{сц}} + (1-h/\delta) \cdot \sigma_{\text{вр}} \cdot 2\delta}{n_p \cdot D_e}, \text{ МПа}$$

где: h - глубина дефекта, м; δ - толщина стенки трубопровода, м;
 $\sigma_{\text{сц}}$ - сила сцепления осажденного покрытия с основой, МПа;
 $\sigma_{\text{вр}}$ - временное сопротивление, МПа; D_e - диаметр трубопровода, м;
 n_p - коэффициента перегрузки по нагрузке.

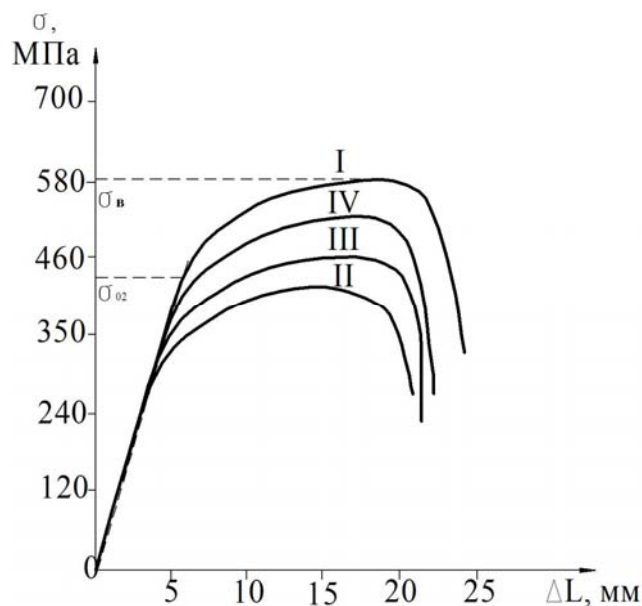


Рис. 11. Схема зависимости механических характеристик от дефектов и метода их восстановления

I – контрольный образец; II – образец с V-образным дефектом; III – образец восстановленный методом шлифования; IV – образец с восстановленным V-образным дефектом.

На основании проведенных исследований был сделан вывод, что метод ремонта дефекта стенки трубопровода электролитическим железнением обеспечивает работоспособность трубопровода, в то время как согласно действующей нормативно-технической документации исследуемый дефект должен подлежать обязательной вырезке.

В приложении представлены результаты проведенной оценки экономической эффективности и экологической безопасности

предлагаемого метода ремонта (вариант 3), в сравнении с методом замены «катушки» (вариант 1) и установки муфты КМТ (вариант 2). Которые показали, что при использовании электролитического метода ремонта происходит снижение средней стоимости устранения одного дефекта в 3,7 раза по сравнению с первым вариантом и в 1,96 раз по сравнению со вторым, что оправдывает необходимость проведения ремонта участка нефтепровода с применением разработанного метода.

Результат анализа экологической безопасности выявил сокращение выбросов в атмосферу при использовании метода электролитического железнения, которые составили 90%, по сравнению с методом замены «катушки».

Основные выводы по работе:

1. Анализ методов очистки трубопровода, доказал неоспоримое преимущество электролитно-плазменного способа.
2. По результатам проведенных экспериментов назначены технологические режимы очистки и электролитического железнения дефектной стенки трубопровода, позволяющие получать покрытия из железа с аналогичными физико-механическими к восстанавливаемому металлу свойствами. Разработан алгоритм управления процессом электролитического железнения для обеспечения качественного заполнения микрополостей дефектов стенки трубопровода.
3. Разработанная мобильная установка энергоснабжения ЭПУ для электролитической обработки поверхности трубопровода позволяет проводить восстановление дефектов с минимальными экономическими затратами, при экологически чистом процессе.
4. Проведенные исследования физико-механических свойств восстановленной дефектной стенки трубопровода подтвердили ее работоспособность в проектном режиме давлений.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Новицкий Д.В. Статистический анализ отказов магистральных трубопроводов/ Гимадутдинов А.Р.// Сб. науч. тр. "Вопросы состояния и перспективы развития нефтегазовых объектов Западной Сибири. Вып. 3. Тюмень: ТюмГНГУ, 2004. - С.125-130.
2. Новицкий Д.В. Анализ факторов, вызывающих преждевременное разрушение магистральных трубопроводов/ Годлевский А. В.// Сб. науч. тр. "Вопросы состояния и перспективы развития нефтегазовых объектов Западной Сибири. Вып. 5. Тюмень: ТюмГНГУ, 2004. - С.105-107.
3. Новицкий Д.В. Классификация отказов трубопроводов - Сб. науч. тр. "Вопросы состояния и перспективы развития нефтегазовых объектов Западной Сибири. Вып. 5. Тюмень: ТюмГНГУ, 2004. - С.111-115.
4. Новицкий Д.В. Показатели коррозионного разрушения - Сб. науч. тр. "Вопросы состояния и перспективы развития нефтегазовых объектов Западной Сибири. Вып. 5. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2004. - С.119-123.
5. Новицкий Д.В. Магистральные трубопроводы, претерпевшие длительные эксплуатационные воздействия - Сб. науч. тр. "Вопросы состояния и перспективы развития нефтегазовых объектов Западной Сибири. Вып. 5. Тюмень: ТюмГНГУ, 2004. - С.116-118.
6. Новицкий Д.В. Повышение надежности работы трубопроводных систем - Материалы 4-ой региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Тюмень, «Вектор Бук», 2005. - С.58..
7. Новицкий Д.В. Очистка поверхности трубопровода электролитно-плазменной обработкой. Материалы III Международной научно-технической конференции «Новые материалы, неразрушающий контроль и

наукоемкие технологии в машиностроении», Тюмень, ТюмГНГУ, 2005. - С.53-55.

8. Новицкий Д.В. Ремонт поверхности трубопровода электролитическим наращиванием металла. Материалы III Международной научно-технической конференции «Новые материалы, неразрушающий контроль и наукоемкие технологии в машиностроении», Тюмень, ТюмГНГУ, 2005. - С.51-52.

9. Новицкий Д.В. Электролитические методы очистки и восстановления поверхности магистрального трубопровода и его деталей. Региональная научно-практическая конференция студентов и аспирантов «Проблемы эксплуатации систем транспорта» - Тюмень, ТюмГНГУ, 2005. - С.39.

10. Новицкий Д.В. Анализ фактического состояния магистральных трубопроводов РФ/ Семяшкин В.В.// Региональная научно-практическая конференция студентов и аспирантов «Проблемы эксплуатации систем транспорта» - Тюмень, ТюмГНГУ, 2005. - С.42.

11. Новицкий Д.В. Способы восстановления дефектов стенки трубопровода. Сборник научных трудов «МегаПаскаль», Вып.1, Тюмень, 2005. - С.7.

12. Новицкий Д.В. Применение электролитно-плазменной очистки при диагностике и ремонте локальных участков поверхности трубопроводов. Сборник научных трудов «МегаПаскаль», Вып.1, Тюмень, 2005. - С.8-9.

13. Новицкий Д.В. Ремонт поверхности трубопровода электролитическим наращиванием металла. Сборник научных трудов «МегаПаскаль», Вып.1, Тюмень, 2005. - С.10-12.

14. Новицкий Д.В. Разработка метода ремонта стенки трубопровода. Материалы VI научно-технической конференции молодежи ОАО «АК «Транснефть», Тюмень, 2005. - С.53-54.

подписано к печати 2006г.

Заказ № _____

Формат 60×841/16

Отпечатано на RISO GR 3750

Бум. писч. №1

Уч. – изд. л. 1,00

Усл. печ. л. 1,00

Тираж 100 экз.

Издательство «Нефтегазовый университет»

Государственного образовательного учреждения высшего профессионального
образования

«Тюменский государственный нефтегазовый университет»

Отдел оперативной полиграфии издательства «Нефтегазовый университет»

625039, Тюмень, ул. Киевская, 52