

ОТЗЫВ

официального оппонента,

доктора технических наук, профессора Матросова Юрия Ивановича на диссертационную работу Зорина Александра Евгеньевича «Научно-методическое обеспечение системы поддержания работоспособности длительно эксплуатируемых газопроводов», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.19 – «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ»

Актуальность темы диссертации

Значительная часть национальной газотранспортной системы в настоящее время имеет срок службы превышающий 30 лет, при этом очевидна потребность в продолжении эксплуатации ряда газопроводов до возраста 60-ти лет, а может быть и более. Однако строгого научного обоснования и подтверждения такой возможности нет. Разработанные еще в середине 80-х годов прошлого века нормативные документы по проектированию и правилам эксплуатации магистральных газопроводов не учитывают влияние фактора времени в оценках их работоспособности. Данное положение обусловлено как отсутствием достаточного опыта длительных сроков эксплуатации газопроводов, так и недостаточной изученностью значимости и характера эволюции структуры металла труб в процессе эксплуатации. Как следствие, способы учета указанной эволюции при определении надежности и долговечности длительно эксплуатируемых газопроводов также не проработаны.

В тоже время, очевидно, что по мере прогрессирующего физического старения газовых магистралей вопрос о степени изменения служебных свойств металла труб и, как следствие, фактического технического состояния различных участков газопроводов будет приобретать все более актуальное звучание.

Вход. № 2374
«18» 05 2017г.

Принимая во внимание обозначенные обстоятельства, центральное место в изучении научных и прикладных аспектов проблемы обеспечения надежности и безопасности длительно эксплуатируемых газопроводов должны занимать такие вопросы, как:

- создание методологии организационно-технического обслуживания длительно эксплуатируемых газопроводов, основанной на четких физических и феноменологических представлениях о процессах накопления поврежденности в трубах и влиянии на эти процессы условий эксплуатации;

- определение ресурсных возможностей длительно эксплуатируемых газопроводов, с учетом совокупности действующих на них факторов и воздействий;

- разработка методов и средств обнаружения и контроля динамики процессов повреждения металла труб.

Таким образом, тематика диссертационной работы, связанная с развитием подходов к оперативной диагностике состояния металла труб, а также с созданием методической базы для выполнения практических исследований поведения газопровода под действием разнообразных внешних факторов и условий эксплуатации, является крайне актуальной.

Научная новизна, обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Выдвинутые в работе положения научной новизны не вызывают сомнений, так как они основаны на результатах лабораторных и полигонных испытаний, а также успешном опытно-промышленном внедрении:

1. Показано, что дальнейшее значимое повышение достоверности прогнозирования работоспособности газопроводов возможно при использовании критериев микро- и макромеханики разрушения, с учетом соответствующих конструктивных и технологических особенностей. Для этой цели разработана методика лабораторного моделирования процесса нагружения газопровода, позволяющая воспроизводить объемность

напряженно-деформированного состояния (НДС) труб от действия внутреннего давления, направление прикладываемых нагрузок, относительно ориентации проката, и сохранять поврежденность, накопленную в трубах в процессе изготовления и эксплуатации.

2. Установлено, что нестационарное нагружение газопровода в амплитудно-частотном спектре, формируемом режимом транспорта газа, приводит к развитию в трубах трещин и трещиноподобных дефектов. На основании параметров распространения трещин, определенных в ходе проведения полигонных испытаний, показано, что режим эксплуатации в качестве самостоятельного фактора способен обеспечить разрушение газопровода толщиной стенки 15,7 мм от поверхностной трещины глубиной 2 мм за период, сопоставимый с жизненным циклом объекта.

3. По результатам выполнения комплексных экспериментальных исследований установлен характер влияния энергии упругой деформации газопровода на его сопротивляемость разрушению, функционально описываемый полученной эмпирической зависимостью

$$K_W = \frac{1}{e^{100W_{уд}}} + \frac{1}{1 + e^{-100W_{уд}}} - 0,5, \quad \text{где } W_{уд} - \text{удельная энергия упругой}$$

деформации газопровода, МДж/м; K_W – коэффициент падения трещиностойкости труб. Корректность данного выражения подтверждена на различных типах трубных сталей в диапазоне эксплуатационных нагрузок газопроводов: для стали X70 при нагрузке, эквивалентной внутреннему давлению в 7,4 МПа; для стали 17Г1С при нагрузке, эквивалентной внутреннему давлению в 5,4 МПа.

4. Разработан способ и не имеющий аналогов переносной диагностический комплекс, успешно апробированные на трубных сталях различного класса прочности (СтЗсп5, 17Г1С и X70), позволяющие на основании сравнительного анализа представительного массива значений микротвердости поверхности трубы до и после эксплуатации качественно оценить протекание в металле таких процессов, как упрочнение, образование

микротрещин, старение. Для подтверждения результатов экспресс-диагностики предложен новый способ испытаний на ударный изгиб, обеспечивающий повышенную чувствительность работы разрушения к состоянию приповерхностных слоев металла труб, наиболее подверженных различным деградационным явлениям.

5. Разработана расчетно-экспериментальная модель обработки данных функционального диагностирования газопроводов. Реализованные в модели алгоритмы позволяют определить актуальные количественные характеристики условий эксплуатации участка газопровода, используемые для совершенствования методических подходов к планированию ремонтных работ: общая загруженность, характер нестационарного нагружения, уровень запасенной энергии упругой деформации, текущее состояние металла труб.

6. Показано, что сопротивляемость разрушению сварных соединений, полученных при ремонте труб, в значительной степени зависит от состояния металла в зоне сварки и не зависит от типа ремонтируемого дефекта. Экспериментально определено, что критериями ремонтпригодности газопровода с применением сварочных технологий являются отсутствие в дефектной зоне микротрещин и следов протекания процесса старения, поскольку они приводят к падению циклической трещиностойкости отремонтированного участка трубы в среднем на $25 \div 65\%$.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы подтверждается корректным использованием основ механики разрушения, механики деформируемого твердого тела, сопротивления материалов, металловедения, термической обработки и других базовых областей знания, используемых для решения поставленных задач.

Достоверность научных положений и выводов диссертационной работы определяется удовлетворительной корреляцией результатов

экспериментальных исследований с данными, полученными аналитическими методами, а также сходимостью с результатами работ других авторов.

Практическая ценность результатов работы

Практическая ценность результатов диссертационной работы заключается в обеспечении возможности получения дополнительных актуальных сведений о текущем состоянии и фактических особенностях эксплуатации различных участков газопроводов. Подобная информация оказывает принципиальное влияние на качество выполнения различных мероприятий по обслуживанию газопроводов: мониторинг технического состояния, планирование и выполнение ремонтных работ, экспертиза промышленной безопасности и т. д.

Полученные результаты позволили внести изменения и дополнить нормативно-техническую документацию, регламентирующую подходы к функциональному диагностированию, капитальному и выборочному ремонту газопроводов, а также подготовке труб к повторному применению.

Список замечаний по автореферату и диссертации

1. Исследования разработанного автором способа неразрушающей оценки состояния металла выполнялось на сталях Зсп5, 17Г1С и Х70, которые являются представителями различных классов прочности и имеют различную технологию производства. Указанные марки сталей разработаны давно и некоторые из них уже не используются для сооружения трубопроводов. В тоже время большой интерес представляет эффективность предложенного способа на новых сталях класса прочности К65 – К90, которые используются в настоящее время для сооружения стратегически важных объектов. Данный вопрос в диссертационной работе исследован не был.

2. В работе получен интересный результат в части неспособности метода микротвердости обнаруживать микротрещины в случае

использования индентора с углом при вершине в 136° . Однако для большей наглядности следовало бы выполнить компьютерное моделирование процесса микроиндентирования с применением метода конечных элементов, тем более что при исследовании других вопросов автор показывает умение пользоваться данным инструментом. Выполнение подобных исследований позволило бы также определить наиболее оптимальную форму индентора для решения поставленной задачи.

3. При разработке способа неразрушающей оценки состояния металла заявляется, что основными процессами, происходящими в трубах в процессе эксплуатации газопроводов являются упрочнение, образование микротрещин и старение. В тоже время не учтена возможность протекания процесса водородного охрупчивания, имеющего иную природу, и оказывающего существенное влияние на эксплуатационные характеристики труб.

Соответствие содержания диссертации указанной специальности

Диссертационная работа Зорина Александра Евгеньевича на тему: «Научно-методическое обеспечение системы поддержания работоспособности длительно эксплуатируемых газопроводов» соответствует паспорту специальности 25.00.19 - «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ», поскольку подпадает под п.6 «разработка и усовершенствование методов эксплуатации и технической диагностики оборудования насосных и компрессорных станций, линейной части трубопроводов и методов защиты их от коррозии» и п. 7 «исследования в области ресурса трубопроводных конструкций, в том числе прогнозируемого при проектировании и остаточного при их эксплуатации» областей исследования указанной специальности. Об этом свидетельствуют поставленные цель и задачи работы, сформулированные положения научной новизны и полученная практическая значимость результатов.

Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации

Структура автореферата включает общую характеристику работы, краткое описание проведенных исследований и список тематических публикаций автора, а его содержание в полной мере раскрывает основные положения и содержание всех глав диссертации.

Заключение о соответствии диссертационной работы критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Представленная к защите диссертационная работа соответствует специальности 25.00.19 - «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ», посвящена актуальной теме, изложена грамотно, структурировано и на высоком научно-техническом уровне, обладает внутренним единством и удовлетворяет всем предъявляемым требованиям к оформлению.

Основные положения работы достаточно освещены публикациями в изданиях, входящих в Перечень ВАК Минобрнауки РФ, защищены патентами РФ на изобретения и полезные модели, а также неоднократно докладывались на международных научно-практических конференциях, деловых встречах и форумах.

Таким образом, диссертационная работа Зорина Александра Евгеньевича «Научно-методическое обеспечение системы поддержания работоспособности длительно эксплуатируемых газопроводов» является законченной научно-квалификационной работой, а совокупность предложенных в работе методических, технических и технологических решений, позволяющих реализовать высокоэффективную систему ремонтно-технического обслуживания газопроводов, основанную на применении практических методов исследования, вносят значительный вклад в развитие как нефтегазовой отрасли, так и страны в целом.

Замечания по автореферату и диссертации не снижают научной и практической ценности работы, которая соответствует требованиям п.9

Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г. Автор диссертационной работы Зорин Александр Евгеньевич заслуживает присвоения ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.19 - «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ».

**Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник
ФГУП «ЦНИИчермет
им. И.П. Бардина»**

Матросов Юрий Иванович

«16» мая 2017 г.

Наименование организации: Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина».

Адрес организации: 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 23/9, стр.2.

Телефон: 8(495)777-9330

E-mail: pscenterchermet@gmail.com

Подпись руки Ю.И. Матросова заверяю:
Ученый секретарь ФГУП
«ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»

Т.П. Москвина