

УДК 622.691.4

И.И. Велиюлин¹, e-mail: admin@eksikom.ru; **Э.И. Велиюлин²**; **Б.Д. Аннаков²**; **А.А. Филатов³**

¹ ООО «ЭКСИКОМ» (Москва, Россия).

² АО «Краснодаргазстрой» (Краснодар, Россия).

³ ПАО «Газпром» (Санкт-Петербург, Россия).

Повторное применение труб на объектах ПАО «Газпром»: обоснованность, целесообразность и эффективность

В статье рассмотрены вопросы возможности повторного использования труб после длительного периода их эксплуатации на объектах трубопроводного транспорта газа.

Проведен анализ комплексных экспериментальных исследований на трубах с различным сроком эксплуатации с целью определения изменения их физико-механических свойств и остаточного ресурса. Исследовались как отечественные, так и импортные трубы, изготовленные из сталей различных марок и имеющие разные прочностные характеристики, диаметром 325–1420 мм. Трубы для проведения экспериментов отбирались как из аварийного запаса, так и с трасс различных магистральных газопроводов.

Отмечено, что АО «Краснодаргазстрой» к 2010 г. удалось создать обменный фонд труб для использования труб на ремонтируемых объектах и осуществлять их поставки. Была определена единая ценовая база на трубы ПП, не превышающая 40 % от стоимости новых труб. Разработано современное полиуретановое изоляционное покрытие с возможностью нанесения в заводских, трассовых условиях и на технологических трубопроводах, запущена линия по ремонту и изоляции труб в пос. Лямино (Пермский край), ведется активная подготовка к созданию базы в «Газпром трансгаз Санкт-Петербург», создан комплект оборудования для ремонта в трассовых условиях.

Сделаны выводы об обоснованности, целесообразности и экономической эффективности повторного использования труб, которое не изменяет параметров работоспособности объектов ПАО «Газпром».

Ключевые слова: магистральный трубопровод, эффективность повторного использования труб, капитальный ремонт.

.....

I.I. Veliyulin¹, e-mail: admin@eksikom.ru; **E.I. Veliyulin²**; **B.D. Annakov²**; **A.A. Filatov³**

¹ EKSIKOM LLC (Moscow, Russia).

² Krasnodargostroy JSC (Krasnodar, Russia).

³ Gazprom PJSC (St. Petersburg, Russia).

The Reuse of Pipes on the Facilities of the Gazprom PJSC: Reasonableness, Expediency and Effectiveness

The article studies the issues of the capabilities to reuse pipelines after a long-term exploitation on the pipeline gas transportation facilities.

The analysis of complex experimental researches on pipes with a various operational term was carried out. The analysis was carried out in order to identify changes of the physical and mechanical characteristics and residual life of both domestic and imported pipes with diameter from 325 to 1420 mm. The analysis was carried out for pipes that were made of steels of different grades and have different strength characteristics. Pipes for the experiments were selected from the emergency stock as well as from the routes of various main gas pipelines.

It was noted that in 2010 Krasnodargazstroy JSC managed to create a pipe replacement fund in order to use pipes on the facilities that are under construction as well as to supply the pipes to these facilities. The common price base for re-use pipes was determined. The base was not exceeding 40 percent of a cost of a new pipe. A modern polyurethane insulating coating was developed. This coating can be applied in factory and route conditions as well as on technological pipelines. The line for repair and insulation of pipes in Lyamino Village (Perm Region) was launched. There is also an active preparation for the creation of a base on the Gazprom transgaz Saint-Petersburg enterprise. A set of equipment for repair in road conditions was created.

The conclusions about the reasonableness and expediency of the re-use pipes were made. And the conclusion about the effectiveness of the re-use pipes was made. The reuse of pipes does not change the performance parameters of the facilities of the Gazprom PJSC.

Keywords: the pipeline, the reuse of pipes, overhaul.

Вопросы возможности повторного использования труб после определенного периода их эксплуатации на объектах трубопроводного транспорта газа в XX в. были регламентированы нормативным документом РД 558-97 «Руководящий документ по технологии сварки труб...» [1]. В соответствии с п. 2.4–2.6 данного документа трубы, находившиеся в эксплуатации (независимо от срока службы), после отключения участка и проведения капитального ремонта объекта вновь использовать на участках категорий В, 1 и 2 было запрещено. На участках категорий 3 и 4 использование труб, бывших в эксплуатации (б/у), допускалось только при наличии сертификатов завода-изготовителя, которые, как правило, отсутствовали. Естественно, такое положение вызывало вопросы и непонимание.

В середине 1990-х гг. руководством «Газпрома» была поставлена задача исследовать вопрос о допустимой длительности эксплуатации труб и о возможности и целесообразности их повторного применения после длительного периода эксплуатации.

Известно, что постепенное накопление усталостных повреждений в металле труб в конечном счете может привести к возникновению макротрещин, вызывающих нарушение герметичности объекта, внезапное разрушение отдельных элементов при появлении высоких статических нагрузок, снижение местной прочности материала, недопустимое при последующем действии высоких статических нагрузок.

Если усталостные свойства материала и разброс параметров условий эксплуатации конструкции являются естественными причинами, вызывающими разброс значений накопленного повреждения, то методы схематизации, вносящие существенную долю в эти отклонения, служат искусственным приемом приведения реального процесса к возможности сопоставления с предельным по усталости состоянием и должны быть по возможности устранены.

При решении вопросов влияния дефектов на прочность тонкостенных сосудов основное внимание следует уделять методике проведения экспериментальных работ. Для тонкостенных сосудов обязательным приемочным испытанием является нагружение внутренним давлением. Если при таком испытании дефекты себя не проявили, их считают допустимыми, поскольку они не достигли критического размера при данном давлении [2–5]. Разнообразие типов, размеров и форм поверхностных дефектов, встречающихся на газопроводах, делает задачу экспериментального исследования всех этих факторов крайне широкой. Однако с помощью проведенного анализа она была сужена для целенаправленного определения именно критических значений концентраторов. Длительное время многие авторы ведут споры о том, является ли процесс перекачки газа в плане воздействия на прочность трубопровода стационарным или циклическим. Не втягиваясь в процесс оспаривания правоты той или иной точки зрения, проведем анализ статистики суточного перепада давления перекачки газа на газопроводах ПАО «Газпром». Так, в системах газопроводов, эксплуатируемых в центральных и южных регионах, фактический перепад давления в течение суток составляет в среднем 3–5 %, на северных газопроводах перепад варьирует в пределах 5–10 %.

В процессе эксплуатации газопроводов металл труб, находясь под воздействием постоянных и циклических нагрузок, подвергается естественному и деформационному старению. В структуре металла со временем происходит накопление повреждений, что приводит к изменению физико-механических характеристик металла и в конечном счете к разрушению.

В течение ряда лет (с 1984 по 2003 г.) «Газпром ВНИИГАЗ» с привлечением специалистов РГУНГ им. И.М. Губкина, Всесоюзного (впоследствии Всероссийского) научно-исследователь-

ского института по строительству магистральных трубопроводов, Физико-технического института Академии наук Беларуси и Центрального научно-исследовательского и проектного института строительных металлоконструкций им. Н.П. Мельникова выполнялись комплексные экспериментальные исследования на трубах с различным сроком эксплуатации с целью определения изменения их физико-механических свойств и остаточного ресурса. Исследования проводились как на отечественных, так и на импортных трубах, изготовленных из сталей различных марок и имеющих разные прочностные характеристики. Диаметр испытываемых труб – от 325 до 1420 мм. Трубы для проведения экспериментов отбирались как из аварийного запаса, так и с трасс различных магистральных газопроводов.

В качестве примера приведем один из этапов исследования влияния различных размеров искусственных дефектов и количества циклов нагружения на работоспособность труб. Эксперимент был выполнен на двух трубах диаметром 820 х 9 мм, изготовленных из стали 19Г, со сроком эксплуатации 37 лет в условиях Северо-Западного региона с суточным перепадом давления от 2 до 10 %, практически не подвергшихся коррозионному износу [6].

После завершения испытаний из исследуемой трубы были вырезаны карты с дефектами для исследования процессов старения металла и динамики развития усталостных трещин. Образцы для испытаний изготавливались из металла в зоне дефектов.

Анализ результатов экспериментов показал, что значения параметров трещиностойкости металла в дефектной зоне незначительно изменяются в первые 10 лет эксплуатации газопроводов и достаточно существенно – после 20 лет (рис. 1). Например, величина параметра dl/dN , характеризующая скорость роста трещин, увеличивается в 1,4–1,5 раз после 20–25 лет эксплуатации

Ссылка для цитирования (for citation):

Велиюлин И.И., Велиюлин Э.И., Аннаков Б.Д., Филатов А.А. Повторное применение труб на объектах ПАО «Газпром»: обоснованность, целесообразность и эффективность // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2017. № 9. С. 96–102.

Veliyulin I.I., Veliyulin E.I., Annakov B.D., Filatov A.A. The Reuse of Pipes on the Facilities of the Gazprom PJSC: Reasonableness, Expediency and Effectiveness (In Russ.). Territorija «NEFTEGAZ» = Oil and Gas Territory, 2017, No. 9, P. 96–102.

газопроводов по сравнению с исходным показателем. Уменьшение критической длины трещины достигает 40–53 %, прочностные характеристики металла также значительно снижаются.

После проведения испытаний труб на циклическую трещиностойкость из них вырезались карты металла для изготовления образцов и проведения исследований физико-механических характеристик металла труб. Карты металла вырезались из труб аварийного запаса и из труб, находившихся в эксплуатации. Таким образом, значение показателя ударной вязкости металла труб, находившихся в эксплуатации, меньше того же показателя для труб из аварийного запаса.

Аналогичные данные получены [6] при проведении экспериментов с образцами, вырезанными из-под дефектов стенки трубы (рис. 2).

В процессе эксплуатации газопроводов происходит изменение физико-механических свойств металла рабочей трубы по сравнению с металлом трубы, отобранной из аварийного запаса, в обоих направлениях.

В продольном направлении в процессе эксплуатации при практически неизменном пределе текучести происходит уменьшение истинного напряжения разрушения, предельной пластической деформации и удельной работы пластического разрушения W_c .

Изменение механических свойств металла в процессе эксплуатации в направлении, перпендикулярном оси трубы, происходит аналогичным образом (за исключением равномерной пластической деформации), но выражено сильнее. Уменьшение таких характеристик, как предельная пластическая деформация и удельная работа пластического разрушения в направлении, перпендикулярном оси трубы, в три раза превышает изменение соответствующих характеристик в продольном направлении. Таким образом, направление, по которому происходит наибольшее изменение механических свойств металла стенки трубы, совпадает с направлением максимальных растягивающих напряжений от действия эксплуатационного давления.

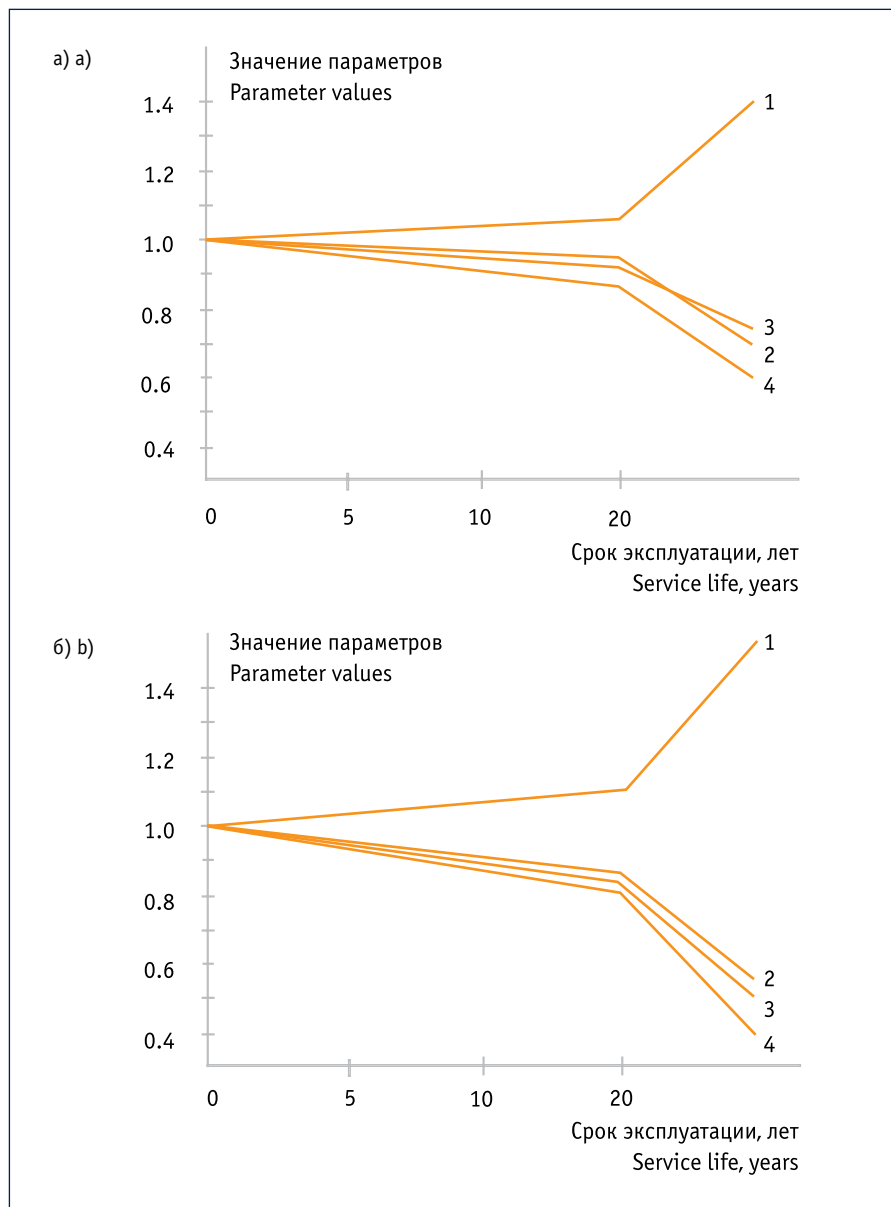


Рис. 1. Относительные изменения значений параметров трещиностойкости труб:

а) из сталей с пониженным содержанием углерода; б) из сталей с повышенным содержанием углерода:

1 – скорость роста трещин (dl/dN); 2 – допускаемый коэффициент интенсивности напряжений [K_I]; 3 – критический коэффициент интенсивности напряжений [K_{IC}]; 4 – критическая длина трещины l_{cr}

Fig. 1. The relative changes in the values of crack resistance parameters of pipes:

a) from steels with reduced carbon content; b) from steels with the raised carbon content;

1 – crack growth rate (dl/dN); 2 – allowable coefficient of stress intensity [K_I];

3 – critical coefficient of stress intensity [K_{IC}]; 4 – critical length of crack l_{cr}

Имеющаяся в исходном металле значительная анизотропия механических свойств, обусловленная технологией изготовления труб, сохраняется и после 20 лет эксплуатации газопроводов. Причем для таких показателей, как предельная пластическая деформация раз-

рушения, истинное напряжение разрушения и удельная работа пластического разрушения, исходная анизотропия усиливается за счет более интенсивного уменьшения этих показателей в период эксплуатации в направлении, перпендикулярном оси трубы.

ExpoCoating Moscow

**15-я Международная выставка
технологий, оборудования
и материалов для обработки
поверхности и нанесения покрытий**

**24–26
октября
2017**

**Москва,
Крокус Экспо**



Организаторы:



+7 (812) 380 6002/00
coating@primexpo.ru

Получите электронный билет

expocoating-moscow.ru

12+

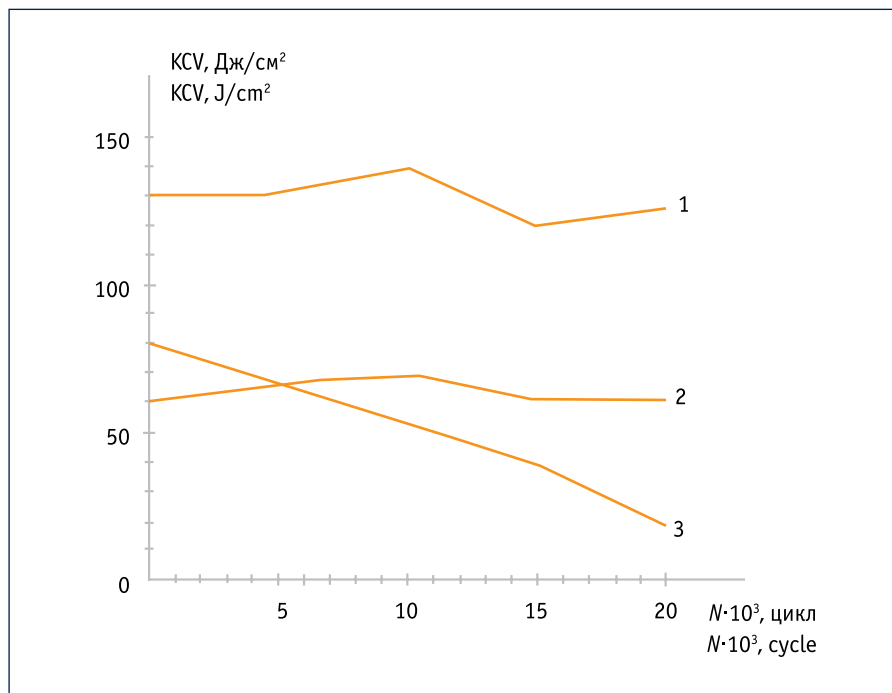


Рис. 2. Изменение показателей ударной вязкости при испытании образцов, вырезанных из-под дефекта стенки трубы:

1 – вдоль образца (труба из аварийного запаса); 2 – поперек образца (труба из аварийного запаса); 3 – поперек образца (труба после 20 лет эксплуатации)

Fig. 2. Change in the impact toughness index while testing samples which were cut from the tube wall defect:

1 – along the sample (a pipe from the emergency reserve); 2 – across the sample (a pipe from the emergency reserve); 3 – across the sample (a pipe after 20 years of operation)

Сопоставление результатов исследований механических свойств металла труб в начальный период и после длительной эксплуатации показало, что значительных изменений (старения) не происходит в металле труб, не имеющих поверхностных дефектов: показатель прочности металла труб $\delta_{вп}$ несколько возрастает, а величина ударной вязкости KCV снижается, но незначительно, в пределах 20–30 %. Существенное падение значений ударной вязкости отмечено в зоне поверхностных дефектов (до 3–5 раз).

По результатам анализа экспериментальных исследований труб с различным сроком эксплуатации, изготовленных более чем из двух десятков марок сталей, в 2004 г. была разработана и введена в действие «Инструкция по использованию труб, бывших в эксплуатации...» (рис. 3). Не все марки стали и некоторые трубы, изготовленные по определенным техническим условиям (ТУ), прошли испытания, и они попали



Рис. 3. Титульный лист Инструкции по использованию б/у труб

Fig. 3. The front page of The Instruction for the usage of used pipes

под запрет на повторное применение. По инструкции применение б/у труб, прошедших испытания, допускалось, в том числе, при строительстве новых газопроводов. На основе этого документа были разработаны рабочие инструкции для условий трассы, баз и заводов, и начиная с 2005 г. началась реализация работ по повторному применению (ПП) труб на объектах транспорта газа.

Опыт первых лет работы показал, что мелкие фирмы, включившиеся в процесс, старались без проведения необходимых диагностических обследований и испытаний образцов металла поставлять трубы газотранспортным предприятиям по ценам, не согласованным с «Газпромом». В целях наведения порядка в данном вопросе руководством ОАО «Газпром» в 2007 г. был определен централизованный оператор в лице АО «Краснодаргазстрой» для организации работы по сбору, переработке и поставке б/у труб на объекты капитального ремонта. Несмотря на ряд сложностей, оператору уже к 2010 г. удалось охватить все газотранспортные общества, создать обменный фонд труб для использования труб на ремонтируемых объектах и осуществлять их поставки.

В процессе производства работ стали выявляться случаи недобросовестной деятельности диагностических организаций, которые вкупе с эксплуатирующими предприятиями без должного контроля со стороны надзорных органов выводили трубы в металлолом. Непрозрачность схем сбыта, кустарные методы ремонта труб и отсутствие организации и технологии контроля привело к необходимости принятия руководством «Газпрома» в 2013 г. решения об объединении работ по отбраковке и переработке б/у труб с поручением возглавить организацию работ этого кластера АО «Краснодаргазстрой». Была определена единая ценовая база на трубы ПП, не превышающая 40 % от стоимости новых труб. Создана разветвленная сеть по диагностике, логистике, переработке труб на площадках складирования, базах и заводах. Разработано современное полиуретановое изоляционное покрытие с возможностью нанесения в заводских, трассовых условиях и на технологических трубопроводах, запущена линия по ремонту и изоляции труб в пос. Лямино (Пермский край), ве-

23–26.10.2017

ТЕХНОФОРУМ



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



ufi
Approved
Event

ЭКСПОЦЕНТР

Организаторы:

ЭКСПОЦЕНТР
МОСКВА



Российская Ассоциация
производителей
станкостроительной продукции
«Станкоинструмент»

При поддержке
Министерства промышленности
и торговли РФ

Под патронатом
Торгово-промышленной палаты РФ



Реклама 12+



Международная
специализированная
выставка «Оборудование
и технологии обработки
конструкционных
материалов»

Россия, Москва,
ЦВК «Экспоцентр»

www.technoforum-expo.ru

дется активная подготовка к созданию базы в «Газпром трансгаз Санкт-Петербург», создан комплект оборудования для проведения ремонта в трассовых условиях.

Таким образом, за десять лет сформирована система успешной реализации программы реновации газопроводов с использованием труб ПП.

По существующим правилам после производства ремонтных работ в течение 2–3 лет по участку прогоняется внутритрубный снаряд, и зоны зашлифовок незначительных дефектов металла труб, которые остаются на трубах ПП, фиксируются дефектоскопами как отсутствие металла, т. е. как коррозионный дефект, и при шурфовках именно эти трубы попадают под контроль. Это связано с тем, что, во-первых, отсутствует какой-либо элементарный анализ информации о местах использования труб ПП при ремонтах и, во-вторых, нередко трубы ПП при ремонте шлифовкой используются с большей толщиной стенки, и если труба с толщиной стенки 19 мм в зоне повреждения сошлифована, к примеру, на глубину до 20 %, т. е. на 3,8 мм, то дефектоскоп регистрирует это как глубокий дефект, а если номинальная толщина стенки на участке составляет 15 мм, то данный дефект попадает в категорию недопустимых, требующих устранения. Такие случаи неоднократно происходили и продолжают происходить в

ООО «Газпром трансгаз Ухта», а в «Газпром трансгаз Ставрополь» помимо этого было выявлено низкое качество контроля процесса ремонта труб ПП на заводе со стороны ООО «Газпромгазнадзор». Некомпетентность и несогласованность действий в газотранспортных обществах приводят к снижению эффективности ремонтных работ и к прямым экономическим потерям, связанным со стравливанием газа, снижением давления на участках при проведении шурфовок и затратам на земляные работы, очистку от изоляции с последующим ее восстановлением. А решение вопроса лежит всего лишь в плоскости определения в трансгазах центра ответственности и в исполнении работниками своих прямых обязанностей.

Как видно, важными звеньями для достижения эффективности применения труб ПП являются качество исполнения работ по диагностике труб, установлению (при отсутствии сертификатов) марки стали и прочностных свойств металла труб и жесткий контроль выполнения всего комплекса работ по освидетельствованию труб, бывших в эксплуатации.

Выводы

1. Обоснованность повторного использования труб, длительное время находящегося в эксплуатации, подтверждена многочисленными исследованиями секций труб из различных марок сталей и

подвергшимся нагрузкам в разных климатических и функциональных условиях. Не все стали показали положительные результаты, и на них был дан запрет на повторное использование. Также не были допущены для повторного применения трубы, изготовленные по определенным ТУ отдельных производителей.

2. Целесообразность применения труб б/у продиктована огромным зарубежным и отечественным опытом длительной (более 100 лет) эксплуатации трубопроводов и разумной необходимостью использования проверенных временем и прочных конструкций для решения задач транспорта газонефтепродуктов.

3. Экономическая эффективность от использования данных труб определяется тем очевидным фактом, что в среднем на участках ремонта заменяется 25–30 % дефектных труб, и если их заменять на новые при цене около 80 тыс. руб./1 т, то оставшиеся 70–75 % труб все равно остаются старыми, и срок эксплуатации конкретного участка будет определяться по техническим показателям старых труб. Так что не имеет никакого смысла «вкраплять» дорогие новые трубы в состав старого участка. Задача контролирующих органов состоит в том, чтобы работа по освидетельствованию и ремонту б/у труб проводилась в строгом соответствии с требованиями нормативных документов.

Литература:

1. РД 558-97. Руководящий документ по технологии сварки труб при производстве ремонтно-восстановительных работ на газопроводах. М., 1997. 192 с.
2. Велиулин И.И. и др. Экспериментальные исследования труб с дефектами // Газовая промышленность. 1991. № 3. С. 9–10.
3. Велиулин И.И. Определение остаточного ресурса работы металла трубопроводов неразрушающим методом // НТС. (Сер.: Транспорт и подземное хранение газа.) 1995. № 1–2. С. 25–27.
4. Велиулин И.И., Решетников А.Д., Александров Д.Ю., Кошелева М.А. Статистика отказов магистральных газопроводов // НТС. (Сер.: Ремонт трубопроводов.) 2001. № 3. С. 13–18.
5. Велиулин И.И., Седых А.Д., Альшанов А.П. и др. Статистический анализ размеров дефектов при разрушении магистральных трубопроводов // Экспресс-информация. (Сер.: Транспорт и подземное хранение газа.) 1989. № 6. С. 6–14.
6. Велиулин И.И. Совершенствование методов ремонта газопроводов: Монография. М.: Нефть и газ, 1997. 223 с.

References:

1. RD 558-97. The Leading Document on the Technology of Welding Pipes in the Manufacture of Repair and Recovery Works on Gas Pipelines. Moscow, 1997, 192 pp. (In Russian)
2. Veliyulin I.I., et al. Experimental Investigations of Pipes with Defects. Gazovaya promyshlennost' = Gas Industry, 1991, No. 3, P. 9–10. (In Russian)
3. Veliyulin I.I. The Determination of the Residual Service Life of Pipelines Metal by Nondestructive Method. In.: STE, series «Transport and Underground Gas Storage», 1995, No. 1–2, P. 25–27. (In Russian)
4. Veliyulin I.I., Reshetnikov A.D., Aleksandrov D.Yu., Kosheleva M.A. Statistics of Failure of Main Gas Pipelines. In: STE, series «The Repair of Pipelines», 2001, No. 3, P. 13–18. (In Russian)
5. Veliyulin I.I., Sedyh A. D., Alshanov A.P., Magdalinskaya I.V., Safarov A.S. The Statistical Analysis of the Size of Defects in the Destruction of Main Pipelines. In: Express information, series «Transport and underground storage of gas», 1989, No. 6, P. 6–14. (In Russian)
6. Veliyulin I.I. The Improvement of Repair Methods of Gas Pipelines – Monography. Moscow, Oil and Gas, 1997, 223 pp. (In Russian)