

УДК 539.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДОВ РЕМОНТА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗМЕРОВ ДЕФЕКТНЫХ УЧАСТКОВ

О.В. Конохова, П.Ф. Ворончагин, В.И. Конохов

Инженерно-технический центр "Диагностика", Харьков, Украина

In present article offers a repair laying necessity determination methods and air of required repair arterial conduits in dependence on size of corrosive defeating. A Given methods founded on being normative documents and allows to take into account majority of factors, determining bearing conduits areas ability, containing the corrosive defects.

Наружная поверхность магистральных трубопроводов, проработавших 10 и более лет, вследствие различных причин - нарушение регламентированного режима электрохимзащиты, механические воздействия, последствия нарушения технологии изготовления и др. - может иметь различные дефекты, обнаруживаемые при обследовании. Все дефекты, независимо от их происхождения, являются концентраторами напряжений. В зависимости от вида и величины дефекты можно разделить на допустимые, то есть те, которые не снижают несущей способности, и недопустимые, то есть требующие устранения.

Основным видом дефектов, обнаруживаемых при комплексном обследовании магистральных трубопроводов, являются каверны, представляющие собой несквозные отверстия с пологим дном. Этимология их образования различна - это и последствие язвенной коррозии, и выпадение шлаковых включений и т.д. В зависимости от размеров дефектов в случае необходимости их устранения требуется тот или иной вид ремонта.

В настоящее время недостаточно нормативной документации, отвечающей задаче определения вида ремонта в зависимости от величины обнаруженного дефекта. В Инструкции НПО "Союзтехнологии" по освидетельствованию, отбраковке и ремонту труб в процессе эксплуатации и капитального ремонта линейной части магистральных газопроводов [1], утвержденной в 1991 году, приведен график, по которому рекомендуется определять степень опасности обнаруженного дефекта. Но, так как при построении этого графика не учтены ни параметры нагружения трубопровода, ни его геометрия, то, следовательно, нельзя считать его достоверным. Кроме вышеприведенного документа, в 1996 г. Минским физико-техническим институтом была разработана "Методика по оценке несущей способности магистральных газопроводов по данным внутритрубной диагностики" [2]. В этой Методике приведена формула расчета допускаемого давления с учетом наличия дефекта Эта формула практически совпадает с аналогичной

формулой американского стандарта ASME B31.6-1991 & Manual for Determining the Remaining Strength of Corroded Pipelines [3]. Согласно этому документу наличие практически любого дефекта приводит к необходимости снижения номинального давления газа в трубе либо ремонту, что не всегда отвечает действительности.

В соответствии с ГОСТ 24755-89 [4], основанном на методе компенсирующих площадей, на любой цилиндрической обечайке возможно наличие некоторого отверстия, которое не ослабляет рассматриваемое сечение. Площадь поперечного сечения этого отверстия - F_0

$$F_0 = d_{0R} \cdot S, \quad (1)$$

где S – фактическое значение толщины участка магистрального трубопровода, мм;

d_{0R} – расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующего дополнительного укрепления, мм

$$d_{0R} = 2 \cdot \left(\frac{S}{S_R} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{D \cdot S}, \quad (2)$$

где D – внутренний диаметр участка трубопровода, мм;

S_R – расчетное значение толщины участка магистрального трубопровода, мм

$$S_R = \frac{n \cdot P \cdot D_H}{2 \cdot ([\sigma] + n \cdot P)}, \quad (3)$$

где D_H – наружный диаметр участка трубопровода, мм;

P – расчетное давление, МПа;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение материала трубопровода, МПа;

n – коэффициент надежности по нагрузке (см. табл. 13 СНиП 2.05.06-85 [5]);

$$[\sigma] = R_m / n_m, \quad (4)$$

где R_m – предел прочности материала трубы;

n_m – коэффициент запаса прочности по пределу прочности

$$n_m = \frac{k_H \cdot k_1}{m}, \quad (5)$$

k_H – коэффициент надежности по назначению;

k_1 – коэффициенты надежности по материалу;

m – коэффициент условий работы трубопровода.

Для магистральных трубопроводов, пролегающих по территории Украины, характерными являются такие нагрузки, как масса трубопровода и обустройств, давление грунта (для подземных участков), внутреннее давление и т.д. В зависимости от категории рассматриваемого участка трубопровода, коэффициент условий работы при расчете трубопровода на прочность, согласно табл.1 СНиП 2.05.06-85 [5], принимается равным следующим величинам:

категория В – $m = 0,6$;

категории I, II – $m = 0,75$;
категории III, IV – $m = 0,9$.

Категория участка трубопровода, в зависимости от его условий эксплуатации, принимается в соответствии с табл.2 и 3 СНиП 2.05.06-85 [5].

Значение коэффициента надежности по назначению k_n выбирается в соответствии с таблицей 11 СНиП 2.05.06-85 [5] в зависимости от диаметра трубопровода и давления продукта.

Так как достоверная документация на магистральные газопроводы, проработавшие 10 и более лет, как правило, отсутствует, то допускаемые напряжения определяются по пределу прочности, который, в свою очередь, определяется по замеренному значению твердости НВ в соответствии с ГОСТ 22761-77 [6]. Коэффициент надежности по материалу k_1 для определения запаса по пределу прочности рекомендуется брать равным 1,55.

Если же марка стали, из которой изготовлен магистральный трубопровод, известна, то значение предела прочности материала определяется как наименьшее из двух значений, одно из которых получено в результате испытаний (по диаграмме растяжения или по измеренному значению твердости в соответствии с ГОСТ 22762-77), а второе - из ГОСТа 14249-89 [7], либо другой нормативной документации.

В соответствии с Приложением к п.2.3 СНиП 2.05.06-85 [5], при испытании трубопровода допускается повышение давления до величины, вызывающей напряжение в металле трубы до предела текучести с учетом минусового допуска на толщину стенки, то есть напряжение не может превышать значения

$$[\sigma]_1 = \frac{R_e}{1,1}, \quad (6)$$

так как минусовый допуск на толщину стенки не превышает 10 процентов номинального значения толщины.

Значение предела текучести материала можно определить так же как и значение предела прочности, а именно, как наименьшее из двух значений, одно из которых получено в результате испытаний (по диаграмме растяжения или по измеренному значению твердости в соответствии с ГОСТ 22762-77), а второе - из ГОСТа 14249-89 [7] либо другой нормативной документации.

Согласно п.2.5 приложения 3 ДНАОП 1.3.07-8.02-93 [8], значение предела текучести по значениям НВ определяется следующим образом:

$$\text{для твердостей НВ} \geq 1500 \text{ МПа} \quad R_e = 0,367 \cdot \text{НВ} - 240; \quad (7)$$

$$\text{для твердостей НВ} < 1500 \text{ МПа} \quad R_e = 0,2 \cdot \text{НВ}. \quad (8)$$

Площадь обнаруженного при комплексном обследовании дефекта с некоторым запасом можно считать равной $\Gamma_{\text{деф}}$

$$F_{\text{деф}} = d_{\text{деф}} \cdot S_{\text{деф}}, \quad (9)$$

где $S_{\text{деф}}$ – глубина дефекта, мм;

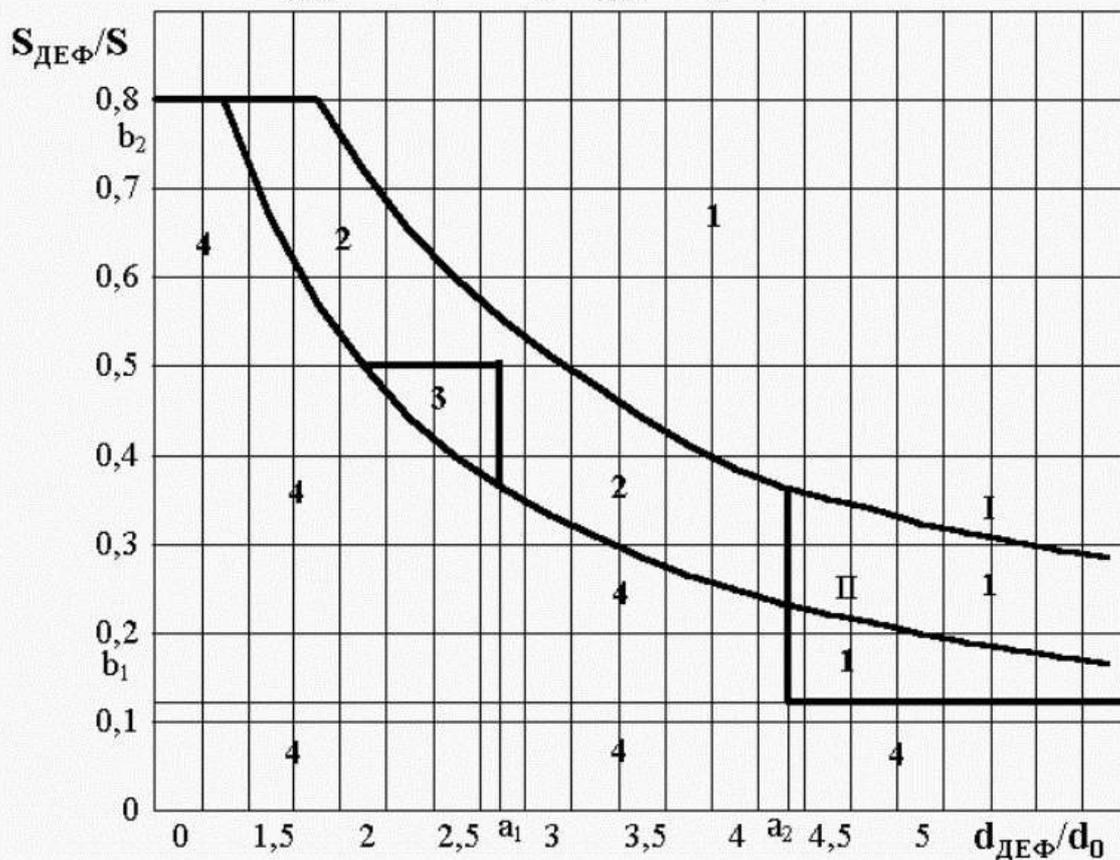
$d_{\text{ДЕФ}}$ – диаметр дефекта, мм.

Условие, обеспечивающее прочность трубопровода, в этом случае имеет вид

$$F_{\text{ДЕФ}} \leq F_0. \quad (10)$$

По двум значениям допускаемого напряжения, определяемым по формулам (4) и (6) можно определить и 2 значения площади отверстия, не требующего укрепления, - гарантированное, соответствующее допускаемому напряжению, полученному по формуле (4), и предельное, соответствующее формуле (6). Таким образом, в соответствии с (10), можно построить 2 кривые - зависимости глубины допускаемого дефекта от его протяженности.

Зависимость относительной глубины допускаемого дефекта $S_{\text{ДЕФ}}/S$ от диаметра $d_{\text{ДЕФ}}$. Виды ремонта



I – Допускаемый дефект, соответствующий предельному значению допускаемого напряжения.

II – Допускаемый дефект, соответствующий гарантированному значению допускаемого напряжения.

a_1 - соответствует дефекту, размер которого вдоль образующей ограничен 200 мм, а в окружном направлении - 150 мм

a_2 - соответствует дефекту длиной 400 мм и шириной до $1,5 \cdot S$

b_1 - относительная глубина дефекта равна $1 - \frac{S_R}{S}$

b_2 - соответствует такой глубине дефекта, при которой остаточная толщина стенки составляет:

для труб толщиной до 10 мм включительно - 2 мм

для труб толщиной свыше 10 мм - 20 % толщины.

Область 1 – недопустимые дефекты, требующие вырезки дефектных мест и сварки катушки;

Область 2 – дефекты, требующие ремонта заваркой или вваркой заплат; Область 3 – дефекты, требующие устранения путем зашлифовки;

Область 4 – допустимые дефекты.

Кроме того, условие (10), обеспечивая прочность трубопровода в целом, тем не менее, допускает наличие даже некоторого сквозного отверстия, которое недопустимо с точки зрения герметичности. Разгерметизация, то есть локальное разрушение в зоне дефекта, может произойти в том случае, если жесткость трубопровода в целом существенно (на порядок) превышает жесткость дефектного места. Отсюда вытекает еще одно ограничение, накладываемое на величину дефекта

$$S_{\text{деф}} \leq 0,8 \cdot S. \quad (11)$$

Это ограничение совпадает как с американским стандартом ASME V31.6 - 1991 [3], так и с отечественными ограничениями по ремонту [9,10].

Выше приведены ограничительные кривые зависимости глубины дефекта от его протяженности. Там же указаны области, соответствующие различным видам ремонта, который необходимо проводить, если обнаруженный дефект окажется в той или иной из них. Виды ремонта для различных размеров дефектов, рекомендуемые для выполнения в настоящей работе и указанные на рисунке, выбраны в соответствии с действующими в настоящее время документами [9-13].

Так как приведенные выше формулы для сквозных отверстий правильной формы получены в соответствии с принципом “компенсирующих площадей”, то для реальных несквозных дефектов неправильной формы условие прочности будет иметь вид

$$V_{\text{деф}} \leq \frac{\pi \cdot d_{\text{деф}}^2}{4} \cdot S, \quad (12)$$

где $V_{\text{деф}}$ – объем рассматриваемого дефекта.

Однако, кроме задачи определения вида необходимого ремонта для участков содержащих недопустимые дефекты, стоит задача определения допустимого срока эксплуатации участков с дефектами, не требующими устранения на момент их обнаружения.

Процесс коррозионного разрушения зависит от многих факторов. Это кислотность и влажность грунтов, эффективность работы станций электрохимзащиты, наличие источников блуждающих токов и многое другое. За время эксплуатации магистрального трубопровода эти параметры могут

изменяться, однако эти изменения происходят достаточно медленно и можно предположить, что скорость коррозии для каждого участка магистрального трубопровода между обследованиями является величиной постоянной. Основываясь на этом предположении, определим остаточный ресурс эксплуатации участков трубы:

для участков, содержащих дефекты, диаметр которых ниже диаметра отверстия, не требующего укрепления

$$\tau_s = \frac{S - S_R}{S_{\text{ДЕФ}}} \cdot \tau_o, \quad (13)$$

где τ_o – отработанный ресурс;

для участков, содержащих дефекты, диаметр которых выше диаметра отверстия, не требующего укрепления

$$\tau_v = \frac{[V] - V_{\text{ДЕФ}}}{V_{\text{ДЕФ}}} \cdot \tau_o, \quad (14)$$

где $V_{\text{ДЕФ}}$ – объем рассматриваемого дефекта

$[V] = \frac{\pi \cdot d_o^2}{4} \cdot S$ – объем допускаемого дефекта.

Литература

1. Инструкция по освидетельствованию, отбраковке и ремонту труб в процессе эксплуатации и капитального ремонта линейной части магистральных газопроводов. - М., НПО "Союзгазтехнология", ВНИИГАЗ, 1991. **2.** Методика по оценке несущей способности магистральных газопроводов по данным внутритрубной диагностики. - Минск, Академия наук Беларуси. Физико-технический институт. 1996. **3.** ASME B31.6-1991 & Manual for Determining the Remaining Strength of Corroded Pipelines. **4.** ГОСТ 24755-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность укрепления отверстий **5.** СНиП 2.05.06-85. Магистральные трубопроводы **6.** ГОСТ 22762-77. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Бринеллю переносными твердомерами статического действия. **7.** ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. **8.** ДНАОП 1.3.07-8.02-93. Проведение работ по оценке остаточной работоспособности технологического оборудования нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических производств. - Киев, Госнадзорохрантруда Украины, 1993. **9.** СНиП III-42-80. Магистральные трубопроводы. Правила производства и приемки работ. **10.** ВСН 006-88. Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Сварка. **11.** ВСН 012-88. Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Контроль качества и приемки работ. **12.** Инструкция по отбраковке труб при капитальном ремонте линейной части магистральных газопроводов. - М., ВНИИГАЗ, 1982. **13.** Инструкция по устранению

коррозионных повреждений труб сваркой при капитальном ремонте магистральных газопроводов. - М., ВНИИГАЗ, 1985. **14**. РД 51-108-86. Инструкция по технологии сварки и резки труб сваркой при капитальном ремонте магистральных газопроводов.

Поступила в редколлегию 06.09.2001

УДК 629.114.2.02.-191

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОЛЕСНЫХ ТОРМОЗОВ ТРАКТОРОВ ТИПА Т-150К

В.Г. Кухтов¹, О.В. Щербак², А.Н. Лесь²

¹ *ОАО "Харьковский тракторный завод", Украина;* ² *Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Украина*

The article contains results of settlement researches of the pressure and deformed condition of a wheel brake drum with use of spatial solid-state designing. The recommendations for perfection of its design are given.

Серьезной альтернативой проведению экспериментальных исследований в последнее время является использование современных универсальных программных комплексов, позволяющих проводить расчеты напряженно-деформированного состояния сложных деталей машин по уточненным расчетным схемам от действия всех видов силового и температурного нагружений.

Особенно эффективно использование таких комплексов на стадии выбора рациональных размеров деталей и узлов при проектировании и модернизации. Единственным препятствием быстрому внедрению таких комплексов является их относительно высокая стоимость и отсутствие справочной литературы, что требует определенного времени по овладению их большими вычислительных возможностей широкому кругу инженеров-исследователей.

На ОАО "Харьковский тракторный завод" внедрен в практику проектирования графический пакет для трехмерного твердотельного моделирования "SolidWORKS". В настоящее время ряд чертежей переведен в этот пакет, а новое проектирование проводится на основе трехмерного твердотельного моделирования. Примером такого моделирования является колесный тормоз рис. 1.

Компьютерное представление деталей дает возможность существенно уменьшить время для подготовки базы данных к компьютерным расчетам. Форматы хранения чертежей согласованы между компаниями-изготовителями графических и программных комплексов. Создателями