

УДК 622.242.2:861.3

А.П. Ушаков С.Н. Савеня, А.А. Савеня

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ РЕСУРСА ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

Рассматриваются различные методы оценки ресурса эксплуатации дефектных участков газопроводов, которые могут быть реализованы в условиях предприятий газовой промышленности.

К л ю ч е в ы е с л о в а: трубопроводные системы, оценка ресурса эксплуатации; эксплуатация газопроводов; газопроводы, безопасная эксплуатация.

Problem of an exact rating of a safe resource of operation of gas pipelines in conditions of their mass aging recently has become aggravated.

The deterioration of a status of pipelines reduces reliability of deliveries of gas and petroleum, increases quantity of failures with heavy ecological, economic and social consequences.

Article considers various methods of a rating of a resource of operation of defective sites of gas pipelines, which can be realized in conditions of the enterprises of gas industry.

К е у w o r d s: pipeline systems, evaluation of operational life; pipeline operation; pipelines, safe operation.

В последнее время, с развитием приборов и средств технической диагностики, а также методов математического анализа и компьютерного моделирования, появилась возможность для высокоточной оценки остаточного ресурса безопасной эксплуатации газопроводов, находящихся в сложном взаимодействии с окружающим грунтом и имеющих множественные дефекты различной природы [14].

Также впечатляющих успехов достигли мировые лидеры в области производства средств внутритрубной дефектоскопии [1, 6, 10]. Применение магнитных и ультразвуковых снарядов-дефектоскопов нового поколения для внутритрубной инспекции магистральных трубопроводов позволяет достоверно определять не только габаритные размеры и местоположение различных типов дефектов стенок труб, но и во многих случаях, например, для коррозионных повреждений, автоматизировано (без шурфовки и измерений «вручную») восстанавливать детальную пространственную геометрию одиночных и групповых дефектов.

Во многих случаях, когда особенности конструкций или режимов эксплуатации трубопроводных систем не позволяют проводить их внутритрубную техническую диагностику, для получения трехмерной геометрии дефектов используются ручные ультразвуковые дефектоскопы и толщиномеры, а также автоматизированные сканирующие устройства, широкая номенклатура которых сейчас серийно выпускается отечественными и зарубежными производителями. В условиях острой конкуренции фирмы-производители внутритрубных снарядов-дефектоскопов и других средств технической диагностики трубопроводов практически каждый год кардинально улучшают качество своей продукции, повышая точность измерений [6].

С другой стороны, и в России, и за рубежом, для расчетных оценок НДС трубопроводных конструкций повсеместно используются традиционные

нормативные методики, базирующиеся на упрощенных линейных соотношениях теории сопротивления материалов [2—5 и др.], которые не позволяют провести адекватный анализ прочности трубопроводных систем с требуемой на сегодняшний день точностью. Прежде всего, это касается анализа функционирующих систем магистральных трубопроводов, имеющих участки с дефектами стенок труб и испытывающих в процессе эксплуатации действие многих, в том числе и ненормативных, нагрузок.

Анализ всех недостатков практического использования данных методик представлен в [10, 14, 17, 19]. Здесь еще раз отметим только следующее ключевое положение. Применение традиционных методик для анализа указанных выше участков трубопроводных систем может привести к серьезным ошибкам не только в оценках количественных значений показателей прочности, но и дать неверную качественную картину НДС трубопроводов. Поэтому все колоссальные усилия и затраты как производителей, так и потребителей средств технической диагностики не приводят к заметному повышению безопасности и снижению аварийности на трубопроводном транспорте именно из-за консервативности и функциональной ограниченности действующих в настоящее время нормативных методик расчета на прочность трубопроводов.

Рассмотрим, например, только одну важную для обеспечения безопасности и эффективности объектов трубопроводного транспорта производственную задачу — оценку остаточной прочности участков магистральных трубопроводов с локальными коррозионными дефектами стенок труб. К сожалению, в Российской Федерации, до настоящего времени, не существует ни государственного стандарта, ни общей нормативной методики по оценке остаточной прочности и отбраковке участков трубопроводов, имеющих дефекты стенок в виде коррозионных каверн. Практически все действующие сейчас российские отраслевые нормы и руководящие документы по оценке остаточной прочности дефектных трубопроводов [2—5, 8, 12 и др.] разработаны на основе заимствованных из американского национального стандарта [4], а также его многочисленных модификаций [11—13 и др.], линейных полуэмпирических формул. Подробный анализ функциональной ограниченности и недостатков использования в современных условиях этих методик также приведен в [14—20].

Краткий перечень недостатков использования при анализе остаточной прочности дефектных участков реальных магистральных трубопроводов методик, созданных на основе (например, [14]), выглядит следующим образом.

Все рассмотренные методики:

- 1) ориентированы только на оценку одиночных дефектов в виде коррозионных каверн, расположенных на прямых неразветвленных участках трубопроводов;
- 2) не позволяют учитывать многофакторность нагружения трубопроводной конструкции;
- 3) не способны корректно учитывать взаимное влияние дефектов друг на друга (как правило, коррозионные повреждения стенок труб представляют собой группы (кластеры) близко расположенных коррозионных каверн);
- 4) требуют проведения серии полномасштабных натурных гидроиспытаний дефектных труб, чтобы определить значения эмпирических параметров для каждой марки трубной стали;

5) в большинстве практических случаев дают излишне консервативные (заниженные) оценки величин разрушающего и максимального безопасного давлений, что приводит к значительному увеличению затрат при ремонте;

6) в некоторых случаях приводят к недооценке действительно опасного дефекта (группы дефектов), следствием чего, как правило, является авария;

7) дают неоднозначные результаты во всех случаях, перекладывая, таким образом, ответственность за принятое решение на специалиста производственного предприятия;

8) не способны использовать большую часть данных современной технической диагностики.

Обоснование всех вышеперечисленных утверждений можно найти в [1, 3, 14, 18]. Здесь рассмотрим подробнее лишь два последних положения. Так, при использовании наиболее широко распространенного в мире коммерческого программного продукта «RSTRENG» (разработка «Technical Toolboxes, Inc.», США), реализующего методику [11] и предназначенного для оценки остаточной прочности поврежденных коррозией участков магистральных трубопроводов, пользователь получает как результат работы компьютерной программы сразу три варианта расчетных величин разрушающего и максимального безопасного (с учетом введенных им коэффициентов) давлений для одного и того же дефекта. Причем, значения этих величин для разных вариантов могут различаться более чем в 1,5 раза. В документации к программе, как и в самой методике [12], отсутствуют какие-либо рекомендации по выбору наиболее приемлемого варианта для конкретных случаев. Поэтому, специалисту, использующему данные методики, приходится самому выбирать, по какому из полученных вариантов следует определять запасы прочности участка, принимать решение о необходимости его ремонта, назначать величину безопасного давления в предремонтный период.

Нельзя не отметить и следующее обстоятельство. Для упрощенных полупырических методик не нужна большая часть данных, получаемых с помощью современных средств технической диагностики трубопроводов. Так, например, при использовании методик, разработанных на основе [2—5], надо знать только два параметра: эффективную протяженность в осевом направлении и максимальную глубину коррозионного дефекта, либо всего один параметр — эффективную площадь потери металла в осевом направлении. Детальной информации о трехмерной геометрии коррозионного дефекта не требуется. Закрепление подобных методик в нормативно-технической документации, регламентирующей ремонтно-восстановительные работы, помимо малой эффективности получаемых на практике результатов, является также сдерживающим (по сути) фактором для развития и совершенствования методов и средств технической диагностики магистральных трубопроводов [14].

Таким образом, для эффективного решения проблем повышения безопасности и эффективности трубопроводного транспорта требовалась разработка универсального высокоточного (с практической точки зрения) метода и автоматизированных вычислительных технологий анализа прочности эксплуатирующихся систем магистральных трубопроводов с учетом их многофакторного нагружения и всех данных технической диагностики. Такой метод, базирующийся на применении современных средств математического моделирования и вычислительной механики, был разработан в 90-х гг. про-

шлого века В.В. Алешиным [17—20]. Практическая реализация метода в виде вычислительных технологий для автоматизированного анализа НДС и оценки прочности широкого спектра промышленных трубопроводных систем выполнена в ЦВТМ В.В. Алешиным, В.В. Кобяковым и К.И. Дикаревым [18].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Диагностика технического состояния газопроводов : стандарт предприятия. Методика комплексного обследования участков магистральных газопроводов по результатам пропуска внутритрубного дефектоскопа. СТП 8828-160-01. Ухта, 2001.
2. Рекомендации по оценке работоспособности участка газопроводов с поверхностными повреждениями. М. : ВНИИГАЗ, 1996.
3. Руководство по анализу результатов внутритрубной инспекции и оценке опасности дефектов. ВРД 39-1.10-001—99. М. : ВНИИГАЗ, 1999.
4. Руководство по эксплуатации средств противокоррозионной защиты подземных трубопроводов. Т. 1. М. : ВНИИГАЗ, 1986.
5. Инструкция по освидетельствованию, отбраковке и ремонту труб в процессе эксплуатации и капитального ремонта линейной части магистральных газопроводов. М. : ВНИИГАЗ, 1991.
6. Анализ результатов диагностики магистральных газопроводов дефектоскопами высокого разрешения для выявления стресс-коррозионных повреждений / Канайкин В.А., Патраманский Б.В., Лоскутов В.Е. и др. // Материалы совещания ОАО «Газпром» «Опыт эксплуатации и технической диагностики магистральных газопроводов с дефектами КРН» (г. Югорск, октябрь 2001 г.). М. : ИРЦ Газпром, 2002.
7. Правила технической эксплуатации магистральных газопроводов. ВРД 39-1.10-006-2000. М. : ИРЦ Газпром, 2000.
8. Методика экспертной оценки относительного риска эксплуатации линейной части магистральных газопроводов / Аргасов Ю.Н., Эристов В.И., Шапиро В.Д. и др. М. : ИРЦ Газпром, 1995.
9. Обследование и ремонт магистральных газопроводов, подверженных КРН / Тухбатуллин Ф.Г., Галиуллин З.Т., Карпов СВ. и др. // Обз. информ. Сер.: Ремонт трубопроводов. М. : ИРЦ Газпром, 2001.
10. Тухбатуллин Ф.Г., Галиуллин З.Т. Результаты работы ООО «ВНИИГАЗ» по проблеме КРН / Материалы совещания ОАО «Газпром» «Опыт эксплуатации и технической диагностики магистральных газопроводов с дефектами КРН» (г. Югорск, октябрь 2001 г.). М. : ИРЦ Газпром, 2002.
11. Методические рекомендации по количественной оценке состояния магистральных газопроводов с коррозионными дефектами, их ранжирования по степени опасности и определению остаточного ресурса. ВРД 39-1.10-004—99. М. : ИРЦ Газпром, 2000.
12. Концепция методического руководства по оценке риска магистральных нефтепроводов / Лисин Ю.В., Верушин А.Ю., Лисанов М.В. и др. // Трубопроводный транспорт нефти. 1997. № 12.
13. Стратегия развития газовой промышленности России. М. : Энергоатомиздат, 1997. 344 с.
14. Мокроусов С.Н. О состоянии технической безопасности магистральных нефтепродуктопроводов // Сборник трудов Международной конференции «Безопасность трубопроводов». Москва, 17—21 сентября 1995. М. : ИАЭ, 1995. С. 12—21.
15. Оперативная информация об авариях, происшедших на предприятиях, подконтрольных Госгортехнадзору России : редакционная статья // Безопасность труда в промышленности. 2001. № 12. С. 14.
16. Оперативная информация об авариях, происшедших на предприятиях, подконтрольных Госгортехнадзору России : редакционная статья // Безопасность труда в промышленности. 2002. № 3. С. 22.
17. Селезнев В.Е., Алешин В.В. Применение программных комплексов ANSYS и LS-DYNA для анализа осколочного поражения при авариях на газопроводах // Сборник трудов Второй конференции пользователей программно-математического обеспечения CAD-FEM GmbH (Москва, 25—26 апреля 2002 года) / под ред. А.С. Шадского.
18. Селезнев В.Е., Алешин В.В., Клишин Г.С. Методы и технологии численного моделирования газопроводных систем / под ред. В.Е. Селезнева. М. : КомКнига, 2005. 323 с.

19. Селезнев В.Е., Аleshин В.В. Прялов С.Н. Основы численного моделирования магистральных трубопроводов / под ред. В.Е. Селезнева. М. : КомКнига, 2005. 490 с.
20. Численный анализ прочности подземных трубопроводов / В.Е. Селезнев и др. ; под ред. В.Е. Селезнева. М. : КомКнига, 2002. 360 с.

© Ушаков А.П., Савеня С.Н., Савеня А.А., 2008

Поступила в редакцию
в октябре 2008 г.