

УДК 622.691.4

УСЛОВИЯ РАБОТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

В.В. БЕРДАШКЕВИЧ*(Представлено: А.Н. Янушонок)*

Целью исследования является обзор основных методов определения технического состояния распределительных газопроводов и выбор оптимального метода для более объективной оценки ресурса газопровода и оборудования.

В настоящее время общая протяженность распределительных сетей природного газа Республики Беларусь составляет около 65 тыс. км. Из них находится в эксплуатации 35 тыс. км полиэтиленовых и 30 тыс. км стальных газопроводов, входящих в газораспределительную систему Республики Беларусь, через которую ежегодно поставляется потребителям 18–19 млрд м³ природного газа. Газификация Республики Беларусь, как процесс создания в масштабе страны разветвленной газораспределительной системы для снабжения потребителей газообразным топливом, осуществляется с 6 ноября 1958 года.

В связи с повышением сроков эксплуатации встает необходимость оценки технического состояния распределительных газопроводов с антикоррозионными покрытиями, защищаемые от коррозии станциями катодной защиты. Опыт организаций, которые эксплуатируют сетевые газопроводы, показывает, что при проведении диагностических работ состояние труб после длительной эксплуатации мало отличается от новых участков. В тоже время обобщение и систематизация результатов проводимых работ на текущий момент не проведена. В связи с этим целесообразно провести оценку технического состояния распределительных газопроводов, находящихся в длительной эксплуатации за пределами нормативного срока службы.

Научные основы определения технического состояния конструкций включают следующие элементы:

- обоснование параметров, с помощью которых оценивается его техническое состояние;
- определение критериев достижения предельного состояния;
- оценку напряженно-деформированного состояния конструкций;
- установление механизма деградации материала.

В целом процессы деградации обуславливаются условиями эксплуатации конструкции. К основным факторам, которые могут повлечь деградацию, обычно относят:

- жесткость нагружения конструкции;
- цикличность нагружения;
- температурный режим эксплуатации;
- возможность эрозионных процессов;
- изменение химического состава вследствие контакта со средой, содержащей вредные примеси, способные проникать в решетку металла;
- механизм и динамика развития коррозионных процессов;
- воздействие радиационного излучения.

Результатом совокупности воздействий эксплуатационных факторов обычно являются следующие процессы:

- изменение геометрии элемента конструкции;
- поверхностное коррозионное повреждение элемента конструкции;
- образование и развитие макродефекта;
- деградация (старение) структуры материалов.

Деградация структуры сталей может проявляться в виде их разупрочнения, упрочнения и охрупчивания.

Рассмотрим условия работы газопроводов распределительных сетей.

Газопроводы распределительных сетей нагружены внутренним давлением транспортируемого газа. В соответствии с [1] избыточное давление в сетевых газопроводах не превышает 1,2 МПа. При этом в городских условиях наибольшая часть распределительных сетевых газопроводов, подающих природный газ непосредственно потребителю, имеет избыточное давление не более 5 кПа. Определим необходимую толщину стенки газопровода по известной формуле 1:

$$\delta = \frac{npD_n}{2(R_1 + np)} \quad (1)$$

где n — коэффициент надежности по нагрузке, то есть по внутреннему рабочему давлению в трубопроводе;

p — внутреннее давление, МПа;

D_n — наружный диаметр трубы, мм;

R_1 — расчетное сопротивление растяжению, МПа.

Если использовать наиболее высокие коэффициенты запаса прочности и условий работы, то для наиболее широко используемых газопроводов диаметром 59, 89, и 108 мм с максимально возможным давлением в 1,2 МПа толщина стенки необходимая для безопасного восприятия внутреннего давления не превышает 1 мм, что в три и более раз ниже значений толщин стенки в сортаменте. Таким образом можно констатировать, что условия эксплуатации сетевых распределительных газопроводов таковы, что в металле труб отсутствуют напряжения, которые могли бы вызвать пластические деформации. Это обстоятельство говорит о том, что не должно происходить значительного повышения предела прочности и предела текучести, а также снижения относительного удлинения и ударной вязкости стали сетевых газопроводов вследствие деформационного старения, накопления повреждаемости стали и развития процессов макродефектности.

Следующим возможным фактором деградации металла строительных конструкций является деформационное старение в зонах и элементах металлических конструкций, испытывающих малоцикловую усталость и перегрузку. В результате действия циклических нагрузок с размахом более 15% от допускаемого напряжения при расчете на статическую прочность происходит процесс накопления при пластической деформации дефектов кристаллической решетки типа дислокаций и последующего закрепления их атомами внедрения. Режим работы сетевых газопроводов определяется регуляторами давления газа, поддерживающими стабильное значение на протяжении всего периода эксплуатации. Полный цикл нагрузки от нуля до максимальных значений возможен только в случае проведения ремонтных работ. Кроме того напряжения в металле распределительных газопроводов гораздо ниже значений, при которых происходят пластические деформации. Это свидетельствует о низком риске развития деформационного старения вследствие циклических нагрузок.

Рассмотрим температурный режим эксплуатации распределительных газопроводов. В данном исследовании рассматриваются только проложенные в подземном исполнении газопроводы, так как свободный доступ к ним осложнен необходимостью проведения земляных работ. Сетевые газопроводы укладываются на глубине не менее 0,8 метра [1], что сглаживает суточные колебания температуры и обеспечивает достаточно стабильный температурный режим. Как правило в условиях Республики Беларусь изменение температуры на глубине заложения газопроводов в течение года не превышает 15°C, а максимальная температура не превышает 20°C [2]. Малые перепады температур обуславливают незначительные осевые температурные напряжения, а низкое значение максимальной температуры эксплуатации исключает возможность развития тепловой хрупкости, обусловленной сегрегацией вредных примесей типа фосфора и его химических аналогов и выделением карбидов по границам зерен, и появляющейся при длительных воздействиях температуры выше 250°C [3].

Изменение химического состава вследствие контакта со средой, содержащей вредные примеси, способные проникать в решетку металла может также приводить к деградации механических свойств. Так, например, известно о хрупкости, вызванной воздействием водорода и водородосодержащих газовых и жидкостных сред, или вызванной насыщением азотом и углеродом [3]. В соответствии с [4] помимо метана и его гомологов в незначительных количествах в состав перекачиваемого газа может входить азот, диоксид углерода, водяные пары, серосодержащие соединения, инертные газы. При определении химического состава, например [5] также выявляют гелий, водород, кислород и ряд углеводородов. Несмотря на контактирование распределительных газопроводов со средой, которая содержит вредные примеси, которые потенциально могут приводить к охрупчиванию металла труб, содержание этих примесей в природном газе крайне мало. При этом условия протекания охрупчивания металлов подразумевают высокие давления и температуры [3], которые на порядок выше тех, при которых эксплуатируются распределительные газопроводы (не выше плюс 20°C) [2]. Таким образом хрупкость стали, вызываемая изменением химического состава вследствие контакта со средой, содержащей вредные примеси, должна быть не характерна для распределительных газопроводов. Радиационная хрупкость, вызываемая длительным воздействием потока нейтронов при высоких температурах, не характерна для распределительных газопроводов в связи с отсутствием как высоких температур, так и интенсивного длительного потока нейтронов.

Деградация структуры в углеродистых сталях может проявляться в виде графитизации или сфероидизации перлита. Графитизация, заключающаяся в распаде цементита с выпадением графита происходит в углеродистых сталях при их длительном нагреве при температурах выше 400°C, что значительно выше температур эксплуатации и не проявляется в металле труб распределительных газопроводов. Сфероидизация перлита свойственна углеродистым и низколегированным сталям с пластинчатым перлитом. Процесс превращения пластинчатой перлитной составляющей в сферическую сопровождающаяся снижением вязко-пластических свойств и возрастанием прочностных свойств. В связи с малой долей углерода в сталях, применяемых для сооружения распределительных газопроводов, можно ожидать незначительное изменение этих свойств в результате старения.

Эрозионные процессы возможны при наличии высокой скорости движения потока газа и содержании в нем твердых механических включений. В связи с тем, что скорости газа в распределительных газо-

проводах не превышают 25 м/с, а для газопроводов низкого давления 7 м/с [1], а также наличия фильтров на газорегуляторных пунктах, то эрозионные процессы также не будут проявляться при эксплуатации распределительных газопроводов.

Для распределительных газопроводов, как и любых стальных конструкций, возможно протекание коррозионных процессов. Их динамика и механизмы могут быть различными в зависимости от условий прокладки. Материал газопроводов контактирует с разнообразными грунтами различной степени обводненности в случае нарушения изоляционного покрытия. Для защиты от коррозии на стальные распределительные газопроводы наводят защитный потенциал, который делает термодинамически невозможным протекание процесса коррозии, а также при подземной прокладке наносят изоляционное покрытие с целью разграничения металла труб с почвенным электролитом. Как показывает практика этих мер достаточно для предотвращения обширной общей коррозии, и толщина стенки труб после эксплуатации в течение 30-60 лет находится в допусках на изготовление труб. При этом возможны процессы локальных коррозионных повреждений вследствие наличия блуждающих токов или колоний бактерий в почве. Участки, выработавшие свой ресурс по критерию коррозионных повреждений, должны быть выявлены и заменены. Как показывают практические данные с учетом защиты газопроводов пассивными (нанесение изоляционных покрытий) и активными методами (электрохимическая защита) коррозионные процессы в целом развиваются достаточно медленно и не являются в общем случае причиной изменений состояния металла распределительных газопроводов.

В литературе также отсутствуют упоминания об отказах или повреждениях распределительных газопроводов вследствие действия комплекса перечисленных факторов, таких как коррозионно-усталостное разрушение или коррозионное растрескивание под напряжением.

Заключение. Распределительные газопроводы эксплуатируются в шадящих условиях и скорость деградации их структуры, а также механических свойств будет мало меняться со временем. Ожидается снижение вязко-пластичных свойств и незначительный рост прочностных характеристик металла газопроводов. В тоже время наиболее достоверные выводы могут быть получены только на основании проведения исследований изменения свойств газопроводов в процессе эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Газораспределение и газопотребление: СН 4.03.01-2019. – Введ. 21.09.2020 (с отменой ТКП 45-4.03-267-2012 (02250), ТКП 45-4.03-257-2012 (02250) (в части проектирования газопроводов из полиэтиленовых труб)). – Минск: Стройтехнорм, 2020. – 113 с.
2. Справочник по климату Беларуси, 85с. ред., т. ч. I Температура воздуха и почвы, Мн., 2017.
3. РД 30-410-01. Инструкция по проведению комплексного технического освидетельствования изотермических резервуаров сжиженных газов, М.: РАО «ЕЭС России», 2001, р. 38 с.
4. ГОСТ 5542—2014 «Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения», 2014.
5. ГОСТ 31371.3-2008 Газ природный. Определение состава методом газовой хроматографии с оценкой неопределенности. Часть 3. Определение водорода, гелия, кислорода, азота, диоксида углерода и углеводородов до C3 с использованием двух насадочных колонок.