

Ю.Н. Шапошникова
(Московский государственный университет природообустройства,
Агентство гражданской защиты СЗАО г. Москвы; e-mail: 289111090@mail.ru)

ПРОБЛЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТИ, ГАЗА И НЕФТЕГАЗОПРОДУКТОВ

Основной фактор обеспечения безопасности трубопровода – это его конструктивная надёжность. Проведён анализ проблемы обеспечения конструктивной надёжности нефтепроводов и газопроводов.

Ключевые слова: экологическая безопасность, нефть, газ, трубопровод, нефтепровод, газопровод.

Yu. N. Shaposhnikova

THE PROBLEMS OF ECOLOGICAL SAFETY OF PIPELINES TO TRANSPORT OIL, GAS AND PRODUCTS OF GAS AND OIL

The main factor in ensuring security of the pipeline - it is his constructive reliability. The analysis of the problem of providing constructive of reliability oil and gas pipelines are given.

Key words: ecology safety, oil, gas, pipeline, oil pipeline, gas pipeline.

Трубопроводные конструкции и системы находят широкое применение практически во всех отраслях промышленности. Трубопроводы относятся к категории энергонапряженных объектов, отказы которых сопряжены со значительным материальным и экологическим ущербом. Многочисленные отказы на технологических трубопроводах, транспортирующих пожаровзрывоопасные продукты, ядовитые компоненты и токсичные среды, приводят к локальным и общим загрязнениям окружающей среды, создают повышенный риск возникновения опасности для персонала и населения. Таким образом, обеспечение безопасности эксплуатации трубопроводов является важной задачей.

Определяющим критерием безопасности эксплуатации нефтегазопроводов является их конструктивная надёжность, заключающаяся в их способности выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные свойства в течение требуемого промежутка времени "жизненного цикла".

Особую остроту приобретает проблема экологической безопасности

при использовании магистрального трубопроводного транспорта нефти, газа и нефтегазопродуктов. Отказ магистрального нефтегазопровода, проявляющийся в местной потере герметичности стенки трубы, трубных деталей или в общей потере прочности в результате разрушения, приводит, как правило, к значительному экологическому ущербу с возможными неправыми последствиями для окружающей природной среды.

До настоящего времени проблема надёжности магистральных нефтегазопроводов рассматривалась только с точки зрения формирования нормативных свойств трубопроводных конструкций по конечным эксплуатационным критериям и количественной оценке таких свойств по заданным конструктивным и технологическим показателям. При этом основным математическим аппаратом анализа является статистическая оценка вероятностей, использующая в качестве своей информационной базы ретроспективные сведения об отказах трубопроводных конструкций.

Однако статистика отказов, являющаяся до настоящего времени основным источником информации для оценки надёжности трубопроводов, была лишь сигналом обратной связи, дающим представление о том, насколько исходные материалы строительства, конструктивные и, реже, технологические решения обеспечивают требуемые показатели надёжности. В такой методологической постановке надёжность трубопроводов является категорией слабоуправляемой, в большей степени формальной. Это обстоятельство привело к тому, что отраслевая наука о надёжности магистральных трубопроводов исчерпала свои методологические резервы и определила круг задач, неразрешимых в рамках классических теорий и традиционных методов расчета.

Принципиальный выход из создавшегося положения заключается в реализации системного подхода к проблеме, основывающейся на комплексных решениях по оптимальному управлению качеством и надёжностью трубопроводного строительства и эксплуатации. С этой точки зрения расчет и прогнозирование возможного развития технологических процессов в реальных условиях строительства и эксплуатации трубопроводов, технологическое обеспечение заданных показателей качества, специальная организация контроля и испытаний (обеспечивающих требуемые гарантии нормированных свойств), гибкая регламентация условий эксплуатации трубопроводных конструкций (с дифференцированием их по конструктивно-технологическим, гидрогеологическим, метеорологическим и другим признакам) являются необходимой основой для формирования экологически оправданного уровня конструктивной надёжности магистральных нефтегазопроводов.

Экологический аспект проблемы повышения конструктивной надёжности магистральных трубопроводов тесно связан с особенностями трубопроводного транспорта.

Наибольшую потенциальную опасность для окружающей среды представляют магистральные нефтегазопроводы. Поэтому поиск эффективных путей, направленных на гарантированное обеспечение конструктивной надёжности трубопроводов, – весьма актуальная задача.

Надёжность нефтепровода – это основной фактор обеспечения его безопасности для окружающей среды. Магистральный трубопровод представляет собой систему последовательно соединенных элементов – труб, трубных деталей, арматуры. Поэтому отказ любого из них приводит к аварийным ситуациям. Наибольшая вероятность отказов падает на трубы и сварные соединения, выполняемые при строительстве трубопровода. Магистральные трубопроводы являются уникальными сооружениями из-за их большого диаметра и производительности, их энергетической мощности.

Рассматривая проблему работоспособности и надёжности трубопроводов, следует отметить уникальный характер и интенсивность взаимодействия этих сооружений с окружающей средой, протяженность прокладки в различных климатических и гидрогеологических условиях, площадь поверхности контакта с грунтом, массу транспортируемого продукта, его теплосодержание и количество вносимого тепла (холода) в грунт, пересечение множества естественных и искусственных преград. Уникальность состоит в том, что трубопроводы (особенно больших диаметров) постоянно в течение всего срока службы во всех своих частях испытывают значительные внутренние напряжения, близкие к нормативным характеристикам прочности металла. Поэтому даже незначительные отклонения действительных условий от принятых за исходные в расчетах приводят систему в состояние предельного состояния.

Конструктивной надёжностью трубопровода является его свойство сохранять потенциальную способность выполнять заданные функции в течение требуемого промежутка времени. Указанная способность, в свою очередь, раскрывается через систему объективных критериев качества трубопровода, обуславливающих его нормативную работоспособность в режиме активного воздействия эксплуатационных факторов, в число которых входят также факторы окружающей среды. С этой точки зрения, конструктивная надёжность, как свойство трубопроводной конструкции, должна удовлетворять экологическим критериям, поскольку полная или частичная утрата трубопроводом его работоспособности неизбежно сопровождается отрицательным воздействием на окружающую среду.

Расчетные модели конструктивной надёжности трубопроводов должны строиться с учетом экологических ограничений. Количественной мерой таких ограничений должны быть значения предельных допустимых воздействий, оцениваемых по всем компонентам окружающей природной среды, находящимся в контакте с трубопроводом.

Конструктивная надёжность трубопровода, как критерий его экологической безопасности, опирается на систему нормированных количественных показателей, определяющих уровень работоспособности трубопровода в реальном диапазоне эксплуатационных нагрузок и воздействий. В этой связи можно считать, что экологическая безопасность трубопровода является объективной мерой его эксплуатационных свойств, обеспечиваемых в процессе проектирования, строительства и эксплуатации трубопровода.

Поэтому проблему обеспечения экологической безопасности при использовании трубопроводных конструкций следует рассматривать в контексте с вопросами формирования показателей надёжности на всех этапах "жизненного цикла".

Экологическая надёжность трубопроводов - собирательное понятие для обозначения совокупности свойств, определяющих качество функционирования объекта. Магистральный трубопровод представляет собой сложную техническую систему с восстанавливаемыми и резервированными элементами. Под экологической надёжностью магистральных трубопроводов следует понимать их свойство сопротивляться внешним и внутренним нагрузкам и воздействиям, сопутствующим транспортировке продукта без нарушения герметичности при соблюдении правил эксплуатации, технического обслуживания и ремонта.

Повышение конструктивной надёжности магистральных трубопроводов во многом способствует повышению их функциональной надёжности. Важность проблемы надёжности магистральных трубопроводов, прежде всего, связана с возросшей ролью трубопроводного транспорта в экономике страны.

Современные магистральные газо- и нефтепроводы качественно изменились: выросла их энергетическая мощность, строятся они в разнообразных почвенно-климатических условиях, причем основные объёмы строительства трубопроводов перемещаются в арктические и субарктические, сильно заболоченные районы Западной Сибири и европейского Севера. Увеличение диаметра трубопроводов и повышение давления транспортируемого продукта, с одной стороны, увеличивает запас кинетической энергии, способной вызывать высокие напряжения в стенках труб, а в га-

зопроводах - лавинные разрушения, с другой стороны, потери продукта при аварийных разрушениях таких трубопроводов резко возрастают.

К тому же увеличение диаметра и протяженности нефтепроводов и газопроводов, прокладка их в труднодоступных местах на Крайнем Севере, в болотах Западной Сибири привели к увеличению времени ликвидации аварий. Кроме того, с увеличением средней дальности трубопроводов, которая уже превысила тысячи километров, естественно, повышается и вероятность отказов.

Помимо прямой потери продукта при авариях, недодача сырья и топлива потребителям, продолжительные остановки в работе влекут за собой чрезвычайно большие экономические потери за пределами собственно трубопроводной системы. Вынужденная остановка промыслов и предприятий-потребителей нефтегазового сырья и топлива – может обойтись в десятки раз дороже, чем прямые потери от аварийных ситуаций в системе трубопроводного транспорта. Поэтому в связи с тем, что повышение надёжности приводит и к дополнительным материальным затратам, а недооценка надёжности – к большим убыткам от аварий и экологическим катастрофам, следует искать оптимальные решения.

Проблема надёжности магистральных трубопроводов многопланова и в настоящее время еще не имеет четкого теоретического и методологического выражения. Не разработана оценка уровня надёжности и не определены конкретные мероприятия по обеспечению ее требуемого уровня. Нет систематизированных данных по расчету надёжности проектируемых трубопроводов, а также удобных для практики методик расчетов погрешности результата при расчете надёжности трубопроводных систем.

С точки зрения обеспечения экологической надёжности трубопроводов в эксплуатационный период важна разработка мероприятий, обеспечивающих предупреждение аварий, а не ликвидацию их последствий. Оценка надёжности трубопроводов важна на каждом этапе эксплуатации. Речь идет о технической диагностике магистральных трубопроводов, об оценке их работоспособности.

Одним из основных направлений исследования в области конструктивной надёжности магистральных трубопроводов следует считать прогнозирование их эксплуатационной надёжности. По заданному уровню эксплуатационной надёжности формируются требования к качеству исходных материалов (труб, изоляции, электродов и т.п.), проектных решений, культуре строительства и эксплуатации.

Главным критерием оценки качества исходных материалов следует считать стабильность их свойств. Масштабный фактор современных тру-

бопроводов по закону больших чисел, очевидно, не дает возможности достичь такого качества строительства и эксплуатации, при котором полностью исключалась бы вероятность появления дефектов и нарушений прочности магистралей. В то же время строители и эксплуатационники не полагают абсолютно надёжными методами и средствами контроля качества производства работ и поведения трубопровода в период эксплуатации. Не установлена физическая природа надёжности элементов трубопроводов и, прежде всего, линейной части, и не определен в свете новых условий и требований экологически целесообразный уровень надёжности трубопроводных систем.

Магистральные трубопроводы воздействуют на окружающую среду не только при аварийных ситуациях. При строительстве трубопроводов наблюдается деструкция грунтового массива и нарушение сложившихся равновесных взаимосвязей между компонентами ландшафта. Первые аэрокосмические исследования районов прокладки трубопроводов в Западной Сибири показали значительное обводнение трасс трубопроводов и особенно коридоров, в которых проложено несколько ниток в первые годы после строительства.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 29 декабря 2009 г.