УДК622.692.4.074

О.И.ДЗАРДАНОВ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (*технический университет*)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ БЕЗОПАСНОСТИ ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ ГАЗОПРОВОДОВ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Надежность и безопасность – важнейшие требования к трубопроводному транспорту. Анализ эксплуатации подводных газопроводов за последнее десятилетие показывает, что причинами отказов являются различные силовые факторы, к которым относятся: внутреннее давление газа, недопустимый изгиб на неровностях рельефа дна, случайные динамические воздействия от якорей проходящих судов, резонансные колебания под воздействием потока при размывах дна, эрозионный процесс на дне и берегах водоемов и т.д.

Reliability and safety are the most important requirements for pipeline transport. The underwater pipelines exploitation analysis based on the last 10 years data shows that the reasons of refusals normally are different force factors, to which concern internal pressure of gas, inadmissible bend on roughnesses of a water bottom relief, random dynamical influences of boat anchors, resonant fluctuations under influence of a stream during washouts of a bottom, erosive process at the bottom and coasts etc.

Примерно третья часть всех нефтегазопроводов требует ремонта, в основном из-за значительных оголений и провисаний трубопроводов в результате русловых деформаций (см. рисунок). Многие подводные переходы трубопроводов построены без достаточного учета гидроморфологических характеристик реки, так как изыскания проводились в урезанных объемах на ограниченном по протяженности участке. Для рек Крайнего Севера характерно грядовое движение донных наносов грунта, которое привносит свои проблемы в надежность и безопасность функционирования подводного перехода.

Подводные переходы магистральных нефтегазопроводов относятся к гидротехническим сооружениям, существует вероятность их разрушения под воздействием потока, так как возникают непредусмотренные проектом нагрузки, вызванные провисанием оголенной трубы, ее вибрацией и другими видами воздействий. Эти факторы проявляются вследствие неучтенной деформации русла реки, поэтому требуются проведение мониторинга состояния русла, анализ результатов происходящих деформаций и их прогнозирование.

Русловые деформации делятся на вертикальные (высотные) и горизонтальные (плановые). Вертикальные связаны с изменением продольного профиля русла реки, сопровождаются повышением или понижением участков дна и являются следствием процессов автоматического выравнивания трансформирующей способности потока.

Существует ряд причин развития вертикальных деформаций в естественных условиях: изменение уровней водоприемных бассейнов (колебания базисов эрозии), тек-

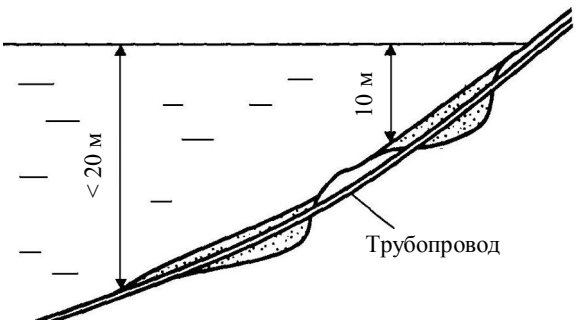


Рис.1.Размыв подводного перехода трубопровода

тонические движения, климатические изменения и другие причины.

Вертикальную деформацию вызывают и антропогенные факторы: регуляция стока, вмешательство в русловой процесс при строительстве объекта в русле, дноуглубительные работы, добыча песка для строительных нужд. Развитие деформаций русла при воздействии этих факторов непредсказуемо.

Горизонтальные деформации обусловлены в первую очередь боковой эрозией и проявляются в виде блуждания речного русла по дну долины.

По данным Управления по надзору в нефтяной и газовой промышленности Ростехнадзора России основными техническими причинами аварий в трубопроводном транспорте являются:

- повреждения в результате внешних воздействий – 33 %;
- ошибки проектирования и монтажа при строительстве – 24 %;
- заводской брак при изготовлении труб – 17 %;
- наружная коррозия – 20 %;
- нарушение регламента по эксплуатации трубопровода – 6 %.

Предлагается [3] устанавливать характеристику высотных деформаций русла по статистическим данным промеров глубин. Деформация русла на любом поперечном сечении в период между двумя (первым и каждым последующим) циклами наблюдений определяется по формуле

$$\overline{h}_{is} = \frac{1}{n}\Sigma(H_{ijs} - H_{ij1}). \qquad (1)$$

Средняя величина общей деформации определяется по формуле

$$\overline{h}_s = \frac{1}{mn}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}(H_{ijs} - H_{ij1}), \qquad (2)$$

где i – номер промерной точки, $i = 1, 2 ..., n$; j – номер промерного галса, $j = 1, 2, ..., m$; s – номер цикла промеров $s = 1, 2, ..., k$; n – количество промерных точек на профиле; m – количество профилей.

При перечисленных условиях удобен в применении способ сопоставления планов, при котором плановая деформация определяется по отклонениям одноименных контуров (бровки берега):

$$V_{\text{і/ãîâ}} = \frac{\sum lK}{nt}, \qquad (3)$$

где l – отклонения, измеряемые на совмещенных планах; K – коэффициент деформации исследуемых планов; n – число измеренных отклонений; t – временной интервал (лет) между съемками.

По территории Западной Сибири превалируют в основном заболоченные грунты типов торф, песок, суглинок. Раздел различных типов грунтов наблюдается в основном на подводных переходах, в основном это раздел между торфяными фунтами и песчаными. Следует учитывать и то, что на севере Западной Сибири трубопроводы проходят в зонах вечной мерзлоты, а температура трубопровода всегда положительна, и вследствие температурных деформаций труба изменяет свое пространственное положение, при этом в трубопроводе могут возникать избыточные напряжения вызывающие пластические деформации и как результат аварийно опасные дефекты [2].

Для обеспечения безопасной эксплуатации подводных переходов необходимо знать не только показатели физического старения трубы, но и деградацию других ее элементов (изоляционного покрытия, арматуры, заглубление в дно водоема и т.п.), фактическое состояние повреждений, профилактики, ремонта, модернизации, организации долговечной работы всего объекта.

Надежность и безопасность подводных трубопроводов характеризует ряд факторов техногенного и природного характера, приведенных в таблице.

Как видно из таблицы, факторы для упрощения сведены в группы, которые могут характеризовать в какой-то мере степень возможного риска и степень планирования мероприятий как по каждому из факторов воздействия, так и по отдельной группе.

Для обеспечения надежной работы подводных переходов важное значение име-

Основные факторы, определяющие состояние подводного перехода

Группа факторов	Факторы
Дефекты тела трубы и сварных швов	Категория участка по сложности производства работ; контроль качества строительных и сварочно-монтажных работ; технология и сезон строительства (прокладки).
Внешние антропогенные механические воздействия	Глубина заложения трубопровода; уровень антропогенной активности; степень защиты наземного оборудования; согласование со сторонними организациями проведения работ в охранной зоне.
Коррозия	Нормативная обеспеченность средствами ЭХЗ; состояние изоляционного покрытия; коррозионная активность грунта; наличие подземных металлических сооружений и энергосистем вблизи трассы трубопровода; стресс-коррозия (коррозия под напряжением); биокоррозия
Качество труб	Потери металла; его расслоение; задиры; продольные и поперечные трещины ;дефекты геометрии трубы, вмятины, гофры.
Качество строительно-монтажных работ	Технология изготовления и марка стали труб; поставщик труб; продолжительность эксплуатации трубопровода.
Конструктивно-технологические факторы	Толщина стенки трубы; надежность защиты от гидравлических ударов; надежность телемеханики; система контроля утечек; наличие деталей полевого изготовления; наличие на участке линейной арматуры и наземных узлов разветвленной конфигурации.
Природные воздействия	Несущая способность грунтов; наличие оползней, карста; водная и ветровая эрозия; сейсмичность района
Эксплуатационные факторы	Эксплуатационная документация; состояние охранной зоны; частота патрулирования (обходов, облетов) трассы; периодичность и качество диагностики и ремонта; квалификация работников.

ет прогнозирование возможных повреждений и своевременное устранение причин, которые могут вызвать предаварийное и аварийное состояние. К ним относятся:

- переформирование русла и берегов реки в створах переходов, в результате чего размытые участки трубопровода подвергаются силовому воздействию потока, льда, опасности механического разрушения;
- укладка трубопровода в дно реки и врезка в берега с отступлением от проекта при строительстве или в результате экстремальных природно-климатических изменений;
- коррозионное разрушение металла трубы вследствие химического или электрохимического взаимодействия с внешней (коррозионной или агрессивной) средой;
- возникновение и развитие эрозионных зон вдоль прибрежной трассы перехода (растущие овраги, промоины и т.п.).

Ретроспективный анализ причин повреждений показывает, что в результате вибрации размытых участков под воздействием потока произошло 72 % аварий, повреждения проходящими судами и их якорями – 11 %, местная коррозия – 5 %, коррозии поверхности – 4 %, некачественная сварка стыков и приварки усилительных муфт – 4 %, повреждения трубопроводов льдом – 2 %, эрозии береговых зон – 2 % [1].

Изменение прочностных и структурных свойств грунтов в период строительства приводит к нарушению равновесия береговой зоны. Поэтому особенно в первоначальный период эксплуатации наблюдаются ее локальные разрушения как результат воздействия водного потока и атмосферных осадков на грунт с нарушенной структурой.

Выводы

1. Необходимость определения степени безопасности состояния подводных переходов диктуется элономическими требованиями, обусловленными возможностью замены капитальных ремонтов данных объектов профилактическими мероприятиями, обеспечивающими повышение надежности и значительную экономию средств, направляемых на эксплуатацию этих переходов. Разработка

рекомендаций по обеспечению надежной эксплуатации подводных переходов, эксплуатируемых в условиях Крайнего Севера крайне важна для предотвращения аварийных ситуаций, возникающих вследствие принятия ошибочных проектных решений.

2. Большинство аварий и остановок работы трубопроводов можно исключить, повысив требования к выполняемым строительным и ремонтным работам, улучшив контроль за их проведением, приняв более строгие требования и нормативы проектирования и сооружения газотранспортных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Забела К.А. Безопасность пересечений трубопроводов водных преград / К.А.Забела, К.А.Красков, В.М.Москвич, А.Е.Сощенко. М: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2001.

2. *Красков В.А.* Оценка технического состояния подводных переходов магистральных трубопроводов Западной Сибири: Сборник научных трудов «Вопросы состояния и перспективы развития нефтегазовых объектов Западной Сибири» / В.А.Красков, С.В.Кузьмин, В.В.Якимов и др.; ТюмГНГУ. Тюмень, 2004.

3. *Седышев М.Е.* Геодезический мониторинг русловых деформаций в местах строительства и эксплуатации подводных переходов магистральных трубопроводов через реки Западной Сибири: Монография / М.Е.Седышев, А.И.Уваров, Е.О.Хлынцева; ФГОУ ВПО ОмГАУ. Омск, 2005.