

плотин при строительстве: монография. – Иваново: Изд-во ИГЭУ им. В. И. Ленина, 2005. – 156 с.

2. Щербина В. И., Зарецкий Ю. К. Исследование мелов как материалов для возведения плотины и ее основания: отчет НИР, этап 4. – М.: НИС Гидропроект-та им. С. Я. Жука, 1989. – 10 с.

3. Плотины из грунтовых материалов: СНиП 2.06.05-84 / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 32 с.

Материал поступил в редакцию 01.03.11.

Жарницкий Валерий Яковлевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Экспертиза и управление недвижимостью»

E-mail: Zharnitskiy@msuee.ru

Тел. 8-905-720-30-72

УДК 502/504:622.691.4.053

О. В. ИЛЬНИЧ

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЙ ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Представлен анализ системы мониторинга подводных переходов магистральных газопроводов. Получены вероятностные характеристики их аварийности в зависимости от факторов природной и технической систем, по которым ведется постоянное наблюдение в отрасли. Приводятся рекомендации по совершенствованию системы мониторинга.

Подводный переход газопровода, факторы, мониторинг, статистический анализ, вероятность аварии.

The analysis of the monitoring system is made for underwater main gas pipeline crossovers. Probability characteristics of their accident rate were obtained depending on the factors of natural and technical systems on which a constant observation is maintained in the industry. There are given recommendations on improvement of the monitoring system.

Underwater gas pipeline crossover, factors, monitoring, statistical analysis, probability of accident rate.

Огромные размеры территории, удаленность основных районов добычи углеводородов от потребителя, высокие объемы экспорта – определяющие факторы развития нефтегазотранспортной сети России. Особенность территории страны – густая сеть рек и других водных объектов, являющихся наиболее сложными и опасными участками трубопроводов. Количество подводных переходов магистральных газопроводов (далее ППМГ), их значимость для безопасности жизнедеятельности населения обусловили рассмотрение вопросов эксплуатации и строительства как отдельного специфического водопользователя, во многом определяющего правила использования водных

ресурсов и природообустройства прилегающих ландшафтов. Подводные переходы магистральных газопроводов через водные объекты являются весьма специфическими инженерными сооружениями и сложными природно-техническими комплексами. В условиях различного типа водных преград эксплуатация магистральных трубопроводов сопряжена с многофакторными рисками их повреждения, несущими угрозу экологической безопасности природных комплексов и значительные экономические риски, связанные с необходимостью бесперебойной поставки углеводородного сырья потребителю. Качественное системное ведение мониторинга за такими подводными переходами

и факторами, влияющими на их состояние, должно обеспечивать надежность и рентабельность эксплуатации, в частности способствовать более эффективному планированию ремонтных и профилактических работ на переходах.

Целью настоящей работы является оценка релевантности проводимых наблюдений и их статистических обобщений в рамках мониторинга магистральных газопроводов и факторов, влияющих на их состояние.

Подводный переход магистрального газопровода представляет собой участок линейной части магистрального газопровода, пересекающий водную преграду и уложенный, как правило, с заглублением в дно водоема (реки, озера, канала, водохранилища и т.д.). Переход включает в себя одну или несколько ниток трубопровода, выполненных с соблюдением специфических требований строительных норм и правил, учитываемых при его проектировании и эксплуатации [1, 2].

Многолетний опыт эксплуатации подводных переходов магистральных газопроводов показывает, что аварийные ситуации возникают из-за природных условий объектов и их технических характеристик. Одной из основных причин неисправности и аварийности ППМГ является размыв защитного слоя грунта, находящегося сверху трубопровода. Оценке этого явления и описанию его процесса были посвящены работы [3–6]. Косвенными интегральными показателями возможной степени размыва защитного слоя грунта можно считать глубину потока и ширину русла. Именно по этим характеристикам имеются достаточно обширные статистические материалы в отрасли, которые ежегодно фиксируются предприятиями, обеспечивающими техническую эксплуатацию ППМГ. Следует отметить, что ширина русла по дну определяет количество стыкуемых трубопроводов муфт, число которых в определенной степени влияет на вероятность появления аварийной ситуации. Еще в большей степени на размыв защитного слоя оказывают влияние механический состав грунта и уклон дна. Однако по таким факторам в настоящее время данные не систематизированы.

В отрасли имеются систематизированные статистические данные технических характеристик, оказывающих влияние на вероятность аварийности ППМГ, в

частности давления в трубопроводе и диаметра труб. Кроме того, вероятность безотказной работы ППМГ зависит и от срока его эксплуатации. Таким образом, выявлены и систематизированы группы факторов, которые можно связывать с вероятностью аварийной ситуации и по которым имеются отраслевые статистические данные: глубина водного объекта, его ширина, давление в трубах ППМГ, диаметр труб ППМГ и срок эксплуатации.

В данной статье использовалась информация из отраслевого банка данных о техническом состоянии ППМГ и пяти описанных выше факторов за период с 2001 по 2009 год. За указанный период было обследовано 2637 подводных переходов газопроводов в различных регионах России. За вероятность исправной работы принималась частота этого события: $P = n/N$, где N – общее количество наблюдений за подводными переходами, n – число исправных объектов. На основе этих данных были определены вероятностные характеристики исправности работы ППМГ в зависимости от перечисленных выше факторов (рис. 1...5).

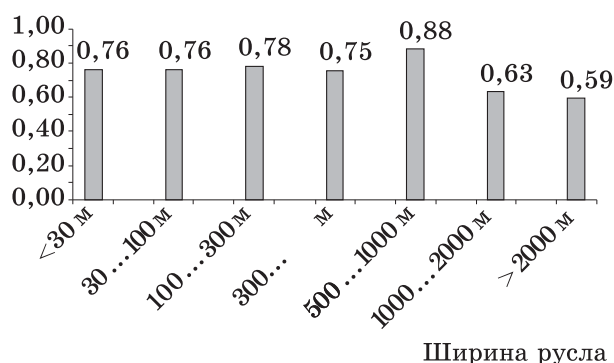


Рис. 1 Вероятность исправной работы ППМГ в зависимости от ширины русла

На представленной диаграмме можно наблюдать относительно высокую вероятность безотказной работы для ширины русла 500...1000 м (см. рис. 1). Это можно объяснить тем, что большинство водных преград с такой шириной русла – это судоходные реки, следовательно, к проектированию, строительству и обслуживанию таких ППМГ предъявляются повышенные требования, исключающие аварийную ситуацию на объекте.

Самая низкая вероятность исправной работы ППМГ относится к ширине русловой части водных преград более

2000 м (см. рис. 1). Этот факт можно объяснить тем, что на подводном переходе, пересекающем водную преграду шириной более 1000 м, установлено большое количество промежуточных муфт, связывающих трубы друг с другом. На данной диаграмме можно наблюдать динамику резкого снижения вероятности безотказной работы ППМГ на участках с шириной русла 1000...2000 и более 2000 м.

На диаграмме, представленной на рис. 2, очень трудно объяснить крайне низкий показатель вероятности безотказной работы в диапазоне глубин 20...30 м. Скорее всего этот низкий показатель для данных глубин обусловлен преимущественно не фактором глубины, а комплексом других факторов, воздействующих на ППМГ.

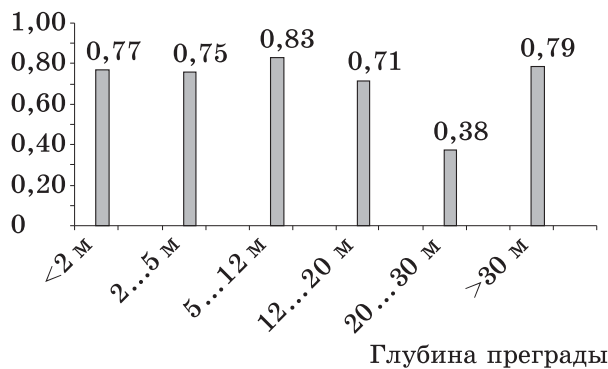


Рис. 2 Вероятность исправной работы подводных переходов магистральных газопроводов в зависимости от глубины преграды

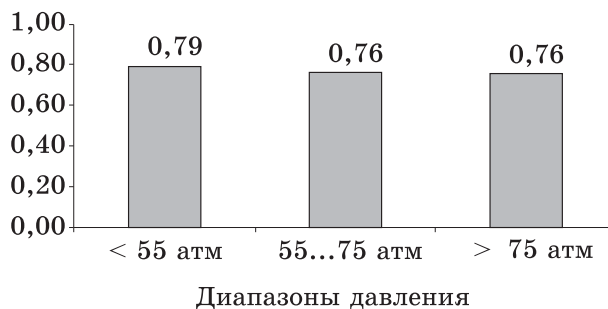


Рис. 3. Вероятность исправной работы подводных переходов магистральных газопроводов в зависимости от внутритрубного давления газа

На диаграмме рис. 3 можно наблюдать примерно одинаковые показатели вероятности безотказной работы ППМГ по всем диапазонам давления газа. Предположительно различие давления газа в трубах не оказывает существенного влияния на общее техническое состояние подводных переходов магистральных газопроводов.

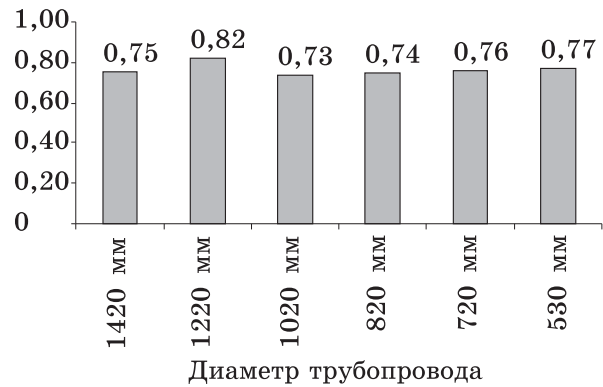


Рис. 4. Вероятность исправной работы подводных переходов магистральных газопроводов в зависимости от диаметра трубопровода

Из рис.4 можно заключить, что вероятность исправной работы ППМГ в пределах изменения диаметра труб существенно не меняется.

На диаграмме, представленной на рис. 5, видна динамика снижения вероятности безотказной работы исследуемых объектов с повышением значений сроков эксплуатации. Этот факт очень логичен и легко объясним: ведь чем больше возраст технического сооружения, тем выше вероятность аварии. Динамика снижения вероятности безаварийной работы объекта на данной диаграмме наблюдается до 40 лет. На объектах, находящихся в эксплуатации более 40 лет, происходит небольшой рост вероятности безотказной работы. Это можно объяснить тем, что в отрасли неисправные объекты, имеющие возраст более 40 лет, как правило, выводятся из эксплуатации.

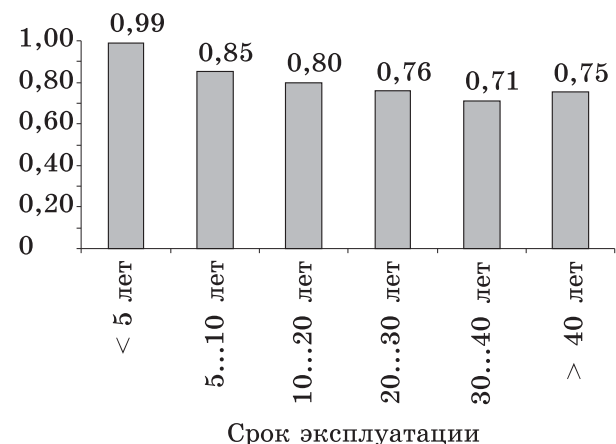


Рис. 5. Вероятность исправной работы подводных переходов магистральных газопроводов в зависимости от сроков эксплуатации

Представленные статистические результаты нельзя считать достаточно объективными оценками зависимости аварийности ППМГ от конкретного фактора, поскольку все факторы, по которым обрабатываются статистические данные в отрасли, рассматриваются обособленно по отношению к исследуемому объекту, не исключая и влияния остальных факторов. Это является существенным недостатком современного мониторинга подводных переходов магистральных газопроводов.

Анализируя систему проводимого в отрасли мониторинга факторов, влияющих на состояние ППМГ, следует признать, что гораздо более объективными показателями возможности размыва защитного слоя грунта над трубопроводом может служить уклон водотока, а также механическая и гидравлическая крупность грунта. Эти характеристики непосредственно влияют на значения донных размывающих скоростей [3–6]. Немаловажно оценить и вероятностные характеристики прохождения максимальных расходов воды в реках и каналах или колебаний уровней в озерах и водохранилищах. Однако информация по этим характеристикам в отрасли не систематизирована или отсутствует.

Выводы

Действующая система мониторинга не дает возможности проводить достаточно объективный факторный анализ аварийного состояния ППМГ и ранжировать факторы по степени их влияния.

Следует более детально дифференцировать характеристики факторов, влияющих на состояние ППМГ, в частности фиксировать в отраслевой базе данных уклоны водотоков в месте пересечения их ППМГ, прохождение максимальных расходов определенной вероятности превышения за период эксплуатации ППМГ, показатели состава, характера и плотности грунтов, находящихся на поверхности дна в месте ППМГ, показатели изменения

уровней воды в районе подводных переходов магистральных газопроводов.

1. **РД 51-3-96.** Регламент по техническому обслуживанию подводных переходов магистральных газопроводов через водные преграды. – М.: ИРЦ Газпром, 1996. – 70 с.

2. **СанПиН 2.05.06-85.** Магистральные трубопроводы: – М.: ВНИИСТ, 1996. – 16 с.

3. **Румянцев И. С., Штеренлихт Д. В., Яковлева Л. В.** Лабораторные исследования местных размывов в створе свободно уложенных подводных переходов / Вопросы гидравлики: сб. науч. трудов. – М.: МГМИ, 1970. – С. 97–126.

4. **Румянцев И. С.** О неразмывающих скоростях в «ближнем следе» за трубопроводом, уложенным по дну водной преграды / Вопросы гидравлики: сб. науч. трудов. – М.: МГМИ, 1970. – Вып. 2. – С. 17–19.

5. Диагностика провисов и оголений подводных переходов магистральных трубопроводов через реки и технические решения по их устранению / С. Медведев [и др.] / Пути обеспечения надежности и безопасности подводных переходов магистральных газопроводов ОАО «Газпром»: Материалы совещания. – Москва, март 2000 года. – М.: ИРЦ Газпром, 2000. – С. 31–39.

6. **Медведев С., Ермаков Г. Г.** Проблемы проектирования, строительства и эксплуатации подводных переходов магистральных газопроводов и пути их решения / Пути обеспечения надежности и безопасности подводных переходов магистральных газопроводов РАО «Газпром»: Материалы совещания. – Самара, март 1997 года. – М.: ИРЦ Газпром, 1997. – С. 48–58.

Материал поступил в редакцию 25.03.11.

Ильнич Олег Витальевич, аспирант

E-mail: ovilinitich@gmail.com

Тел. 8 (963) 627-94-91