

на основе продольного намагничивания с помощью постоянных неодим-железобор-магнитов.

• Для исследования возможностей определения состояния изоляции с помощью внутритрубной диагностики целесообразно создать стенд на основе ЭМА-датчиков.

Список литературы

1. Абакумов А.А., Абакумов А.А. (мл.) Магнитная диагностика газонефтепроводов. – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 432 с.
2. Абакумов А.А., Абакумов А.А. (мл.) Принципы построения внутритрубных магнитных интроскопов для сплошной диагностики трубопроводов тепловых сетей // Новости теплоснабжения. – 2008. – № 2. – С. 49-51

Experimental research into stray magnetic fields caused by pipeline flaws

Krapivskiy E.I., Venkova Yu.A. (NMSU Gornyi, RF, St. Petersburg), Abakumov A.A. (ООО INTRON-PLYUS, RF, Moscow)
E-mail: ju_letta@mail.ru

This paper mainly centres on a simulator table fitted with pipe endoscope ordered by the Mining University and fabricated by Intron Plus, a domestic instrumentation engineering company. This research was targeting stray magnetic fields associated with pipe flaws differing in type and size, producing unique visualisation of magnetic fields affected by these defects. The source data were then correlated with actual flaw sizes, and respective conclusions were made, along with future endoscope design improvement areas evaluated.

Keywords: diagnostics, pipelines, flaws, endoscope, stray magnetic field.

References

1. Abakumov A.A., Abakumov A.A. Jr. *Magnitnaya diagnostika gazonefteprovodov* [Magnetic diagnostics of gas and oil pipelines]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 2001, 432 p.
2. Abakumov A.A., Abakumov A.A. Jr. *Printsipy postroyeniya vnutritrubnykh magnitnykh introskopov dlya sploshnoy diagnostiki truboprovodov teplovykh setey* [Internal pipe magnetic endoscopes for heat grid pipeline continuous diagnostics: Key design principles]. *Novosti teplosnabzheniya*, 2008, no. 2. – P. 49-51.

УДК 622.691.4

Пути совершенствования работ по балластировке газопроводов

П.В. Крылов, В.Э. Карташян, В.Ю. Шарохин
(ООО «Газпром Салават СтройТЭК», РФ, Москва),
А.Д. Решетников (ОАО «Оргэнергогаз», РФ, Москва)
E-mail: sharokhin.v@gazpromss.ru

В статью рассмотрена возможность применения различных средств балластировки (СБ) для восстановления проектного положения участков газопровода, потерявших устойчивость в условиях эксплуатации на болотах и обводненных участках. Проанализированы основные факторы, влияющие на выбор СБ, как природно-климатического, так и технологического характера. Приведено разграничение областей применения СБ и сделано технико-экономическое обоснование выбора различных СБ, применяющихся для обеспечения проектного положения участков линейной части магистральных газопроводов (ЛЧМГ), эксплуатируемых в условиях обводненной и заболоченной местности, с учетом специфических особенностей конструкции и балластирующей способности конкретного СБ.

Ключевые слова: балластировка трубопроводов, газопровод, срок эксплуатации, капитальный ремонт, устойчивость газопровода, средства балластировки, минеральный грунт засыпки.

Практика эксплуатации линейной части магистральных газопроводов в сложных природно-климатических условиях (сильная обводненность, наличие болот различных типов, водотоков, озерно-болотных комплексов и участков многолетней мерзлоты) показывает значительное увеличение объемов и стоимости работ по балластировке трубопроводов. Кроме того, резко возросли затраты на балластировку при капитальном ремонте ЛЧМГ методом переизоляции, когда в процессе производства работ необходимо выполнить не только демонтаж и замену установленных при строительстве железобетонных утяжелителей или анкерных устройств, но и восстановить проектную балластировку. При этом затраты труда на выполнение работ по балластировке (в расчете на 1 км газопровода диаметром 1420 мм) превышают затраты на производство сварочных

работ на 30 %. Таким образом, работы по балластировке газопроводов стали одними из ведущих при строительстве и ремонте ЛЧМГ в условиях обводненной и заболоченной местности и определяющих надежную и безопасную эксплуатацию газопроводов.

Анализ технического состояния забалластированных участков ЛЧМГ, выводимых в капитальный ремонт методом сплошной переизоляции, показывает, что практически во всех случаях наблюдаются многочисленные повреждения, а иногда и разрушения защитного покрытия труб, имеющих как пленочную изоляцию трассового нанесения, так и заводское полиэтиленовое покрытие. Наличие таких повреждений является результатом долговременного воздействия на изоляционное покрытие труб силовых металлических поясов-утяжелителей охватывающего типа и анкерных устройств

различной конструкции при продольных перемещениях газопроводов в процессе их эксплуатации. Разрушение изоляции наблюдалось и в местах установки клиновидных утяжелителей за счет жесткого контакта с трубой вследствие создания эффекта «расклинивания».

В общем случае выбор средств балластировки определяется следующими основными факторами: категорией местности, характером и типом грунтов, уровнем грунтовых вод, рельефом местности, схемой прокладки газопровода, наличием углов поворота в горизонтальной и вертикальной плоскостях, кривых искусственного гнущья, сезоном производства работ, условиями эксплуатации, а также технико-экономическими показателями (стоимости, трудоемкости и материалоемкости) производства работ.

Кроме того, на выбор СБ влияет метод строительства или капитального ремонта ЛЧМГ. Например, использование метода переизоляции при капитальном ремонте газопроводов требует выбора и согласования с проектными организациями только тех СБ, которые исключают возможность повреждения защитного покрытия.

В настоящее время для обеспечения устойчивого положения газопроводов на проектных отметках могут применяться следующие СБ:

- минеральный грунт засыпки (СБ₁);
- геотекстильный синтетический материал (ГСМ) в сочетании с минеральным грунтом засыпки (СБ₂);
- сплошное бетонное покрытие труб (СБ₃);
- кольцевые (железобетонные, чугунные) утяжелители (СБ₄);
- утяжелители охватывающего типа (СБ₅);
- утяжелители охватывающего типа в сочетании с ГСМ и минеральным грунтом засыпки (СБ₆);
- утяжелители, опирающиеся на трубу (СБ₇);
- контейнерные (полимерные, стеклопластиковые, тканевые) балластирующие устройства (СБ₈);
- анкерные устройства различной конструкции (винтовые, свайные, дисковые) (СБ₉).

Важным аспектом совершенствования работ по балластировке газопроводов является определение оптимальной области применения тех или иных СБ. Особенно актуальным решение этой задачи является на стадии проектирования строительства

Таблица 1

Расчетная балластирующая способность минерального грунта

Диаметр и толщина стенки газопровода, мм	P, т/м	F _{выт} , т/м	F _{бр} , т/м	F _{гр} , т/м			
				h ₀ = 0,3 м	h ₀ = 0,4 м	h ₀ = 0,5 м	h ₀ = 0,6 м
1420 × 17	0,59	1,70	1,11	0,53	0,70	0,86	1,02
1220 × 14	0,42	1,26	0,84	0,47	0,61	0,75	0,89
1020 × 12	0,30	0,88	0,58	0,40	0,52	0,64	0,75

Примечание. P – вес 1 пог. м трубы; F_{выт} – выталкивающая сила при Y_{взв} = 1,1 т/м³; F_{бр} – необходимая величина балласта; F_{гр} – балластирующая способность грунта при различных значениях высоты засыпки h₀.

Таблица 2

Области применения средств балластировки газопроводов

Категория местности	Средства балластировки газопроводов								
	СБ ₁	СБ ₂	СБ ₃	СБ ₄	СБ ₅	СБ ₆	СБ ₇	СБ ₈	СБ ₉
Участок возможного обводнения	+	+	-	+	+	+	+	+	+
Обводненный участок	+	+	-	+	+	+	+	+	+
Пойма неразмываемая	+	+	-	+	+	+	+	+	+
Пойма размываемая	-	+	+	+	+	-	+	+	+
Малая водная преграда	-	+	+	+	+	-	+	+	-
Болото I типа	-	+	-	+	+	+	+	+	+
Болото II типа	-	+	-	+	+	+	+	+	+
Болото III типа	-	-	+	+	-	+	-	-	-
Озерно-болотный комплекс	-	-	+	+	-	-	-	-	-
Многолетняя мерзлота	-	-	+	-	-	-	-	-	+

Примечания. Знак «+» – целесообразность применения СБ; «-» – нецелесообразность применения СБ; «±» – целесообразность применения СБ при соблюдении условия h < H; где h – мощность торфа; H – глубина траншеи.

и ремонта ЛЧМГ в условиях обводненной и заболоченной местности.

Минеральные грунты засыпки в «чистом виде» могут применяться для балластировки участков ЛЧМГ на участках перспективного (возможного) обводнения, обводненных участках и неразмываемых поймах рек. При этом особое внимание следует уделять возможности учета балластирующей способности грунтов засыпки. В нормативной документации [1], действующей в ОАО «Газпром», такая возможность регламентирована.

При использовании для балластировки газопроводов минеральных грунтов, склонных к самоуплотнению и не теряющих при нагружении своих прочностных характеристик, их балластирующая способность определяется с учетом коэффициента K_{гр}, изменяющегося в пределах от 0,4 до 0,9 в зависимости от сезона производства работ и изменения физико-механических свойств грунтов. Минимальная глубина траншеи при этом определяется расчетом.

Величина расчетной балластирующей способности определяется по формуле:

$$F_{гр} = Y_{взв} D_n \left(2 \frac{H}{3} - 2 \frac{D_n}{5} \right),$$

где Y_{взв} – объемный вес грунта во взвешенном состоянии, т/м³; D_n – наружный диаметр газопровода, м; H – расстояние от продольной оси газопровода до верхней границы засыпки, м.

В табл. 1 приведены данные о расчетной балластирующей способности минерального грунта.

Данные табл. 1 показывают, что наиболее целесообразным является использование минерального грунта для балластировки газопроводов диаметром до 1020 мм включительно.

Увеличение балластирующей способности минерального грунта может быть достигнуто за счет увеличения высоты засыпки (h₀), что приводит к значительному увеличению объемов земляных работ. Увеличение глубины заложения газопровода должно обосновываться необходимыми технико-экономическими расчетами.

Балластировка газопроводов минеральным грунтом засыпки в сочетании с полотноцами из ГСМ может осуществляться

на участках перспективного обводнения, обводненных участках и на переходах через болота I и II типов с мощностью торфяной залежи, не превышающей глубины траншеи.

Наиболее целесообразными областями применения труб со сплошным бетонным покрытием являются водные преграды, озерно-болотные комплексы, отдельные болота III типа, имеющие открытое зеркало воды. Кроме того, учитывая наличие на обетонированных трубах теплоизоляции, они могут быть эффективно использованы на участках, сложенных многолетнемерзлыми грунтами.

Утяжелители кольцевого типа могут применяться для балластировки газопроводов, прокладываемых на размываемых поймах рек, малых водных преградах, болотах всех типов, озерно-болотистых комплексах, многолетней мерзлоте.

Железобетонные утяжелители охватывающего типа могут быть использованы для обеспечения устойчивого положения газопроводов на всех категориях местности, в том числе и на углах поворота газопровода в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Комбинированное средство балластировки, включающее утяжеляющий железобетонный груз охватывающего типа, ГСМ и минеральный грунт, размещаемый

в емкости, образуемой блоками утяжелителя и полотнищем из ГСМ, позволяет производить работы на всех категориях местности, за исключением водных преград, озерно-болотистых комплексов и глубоких болот III типа. При этом вместо полотнищ из ГСМ могут быть использованы текстильные емкости, заполненные минеральным грунтом.

Опирающиеся на газопровод утяжелители седловидного или клиновидного типа могут применяться для балластировки газопроводов на обводненных и заболоченных участках трассы, а также на болотах с мощностью торфа не более глубины траншеи при соответствующем технико-экономическом обосновании.

Контейнерные утяжелители (полимерные, стеклопластиковые, тканевые), заполняемые минеральным грунтом, следует применять для балластировки газопроводов на обводненных и заболоченных участках, участках перспективного обводнения, а также на переходах через болота с мощностью торфяной залежи, не превышающей глубину траншеи, и на размываемых поймах.

Анкерные устройства различной конструкции наиболее целесообразно применять для закрепления на проектных отметках газопроводов в условиях обводненной и заболоченной местности, а также на переходах через болота с мощностью

торфяной залежи, не превышающей глубину траншеи (винтовые и свайные), на участках, сложенных многолетнемерзлыми грунтами (дисковые вмораживаемые). При этом подстилающие грунты должны обеспечивать надежную работу анкерных устройств.

Наиболее целесообразные области применения средств балластировки (СБ) газопроводов представлены в табл. 2.

Установление области применения средств балластировки газопроводов дает возможность уже на стадии организационно-технической подготовки к строительству или капитальному ремонту ЛЧМГ в условиях обводненной и заболоченной местности, а именно при разработке проектно-сметной документации на производство работ определить наиболее эффективное СБ с учетом конкретных условий, транспортной схемы, а также тщательного анализа технико-экономических показателей технологических операций.

Список литературы

1. ВСН 39-1.9-003-98. Конструкции и способы балластировки и закрепления подземных газопроводов. – М. : ИРЦ Газпром, 1998. – 47 с.
2. Решетников А.Д. Технологические процессы строительства и капитального ремонта магистральных газопроводов в сложных природно-климатических условиях. – М. : СИП РИА, 2004. – 120 с.

Gas pipeline ballasting: Future operations improvement prospects

Krylov P.V., Kartashyan V.E., Sharokhin V.Yu. (OOO Gazprom Salavat StroyTEK, RF, Moscow), Reshetnikov A.D. (OAO Orgenergogaz, RF, Moscow)

E-mail: sharokhin.v@gazpromss.ru

This paper addresses existing opportunities for a range of gas pipeline ballasting methods aimed to recover initial design position of pipeline segments with stability lost due to long operation in marshy and flooded areas. The authors analyse the key impact factors under the choice of ballasting methods including local conditions (terrain type, soils, groundwater levels, landscape), technology drivers and design aspects (such as gas pipeline route, pipe angles, or artificial bending). Feasible ballasting methods have been differentiated, followed by technical and economic justification of potential ballasting choices. Additional considerations include various pipeline and ballasting design aspects and pipeline operating implications.

Keywords: gas pipeline, ballasting, service life, overhauls, stability, backfilling, mineral soil, tiling weighting parts, concrete, cast iron, anchors.

References

1. ВСН 39-1.9-003-98. Konstruktsii i sposoby ballastirovki i zakrepleniya podzemnykh gazoprovodov [ВСН 39-1.9-003-98. Constructions and methods of ballasting and securing of underground pipelines]. Moscow, IRTs Gazprom Publ., 1998. 47 p.
2. Reshetnikov A.D. *Tekhnologicheskiye protsessy stroitel'stva i kapital'nogo remonta magistral'nykh gazoprovodov v slozhnykh prirodno-klimaticheskikh usloviyakh* [Technological processes of construction and overhaul of main gas pipelines in complicated natural and climatic conditions]. Moscow, SIP RIA Publ., 2004. 120 p.