

Научная статья

Original article

УДК 528.486.4

doi: 10.55186/2413046X_2023_8_12_618

**ТЕХНОЛОГИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ДЕФОРМАЦИОННОГО
МОНИТОРИНГА ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ
ТРУБОПРОВОДОВ**

**TECHNOLOGY OF GEODETIC DEFORMATION MONITORING OF
UNDERWATER TRANSITIONS OF MAIN PIPELINES**



Олейник Анатолий Михайлович, к.т.н., доцент кафедры геодезии и кадастровой деятельности ФГБОУ «Тюменский индустриальный университет», E-mail: oleynik_an@mail.ru

Пыжикова Ирина Викторовна, директор ООО «ИПИГАЗ-Север», E-mail: irina.pyzhikova@ipigaz.ru

Новикова Алсу Рустемовна, инженер-геодезист ООО «ИПИГАЗ-Север» E-mail: alsu.minhairova@ipigaz.ru

Oleinik Anatolii M., candidate of Technical Sciences, associate professor of geodesy and cadastral activities of Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Industrial University of Tyumen», E-mail: oleynik_an@mail.ru

Pyzhikova Irina V., director «Institute of Applied Research of the Gas Industry – North» Limited Liability Company, E-mail: irina.pyzhikova@ipigaz.ru

Novikova Alsu R., engineer surveyor «Institute of Applied Research of the Gas Industry – North» Limited Liability Company, E-mail: alsu.minhairova@ipigaz.ru

Аннотация. В статье рассмотрена технология проведения геодезического мониторинга технического состояния коридора подводных переходов магистральных газопроводов через р. Обь. Обоснована актуальность, цель и

задачи проведения геодезического мониторинга, который позволяет определять геометрические параметры, выявлять деформации и их протекание на ППМГ для обеспечения безопасной эксплуатации и планирования ремонтных и профилактических работ на переходах.

На основе системного подхода разработана технологическая схема геодезического мониторинга ППМГ, поэтапное выполнение работ, в соответствии с данной схемой, обеспечивает получение оптимальных результатов.

В соответствии с разработанной технологией выполнен мониторинг подводного перехода магистральных газопроводов через р. Обь. Обработка результатов полевых измерений и их оценка качества позволили судить о правильности выбора параметров контроля, назначении точности и применении способов геодезических измерений. Из анализа результатов геодезического мониторинга коридора ППМГ в 2021 году было установлено увеличение протяженности участков с недостаточным заглублением в русловой части и участков с оголением газопроводов. Даны рекомендации для приведения ППМГ в безопасное состояние.

Abstract. The article discusses the technology for conducting geodetic monitoring of the technical condition of the corridor of underwater crossings of main gas pipelines across the river. Ob. The relevance, purpose and objectives of geodetic monitoring are substantiated, which makes it possible to determine geometric parameters, identify deformations and their occurrence at the UCGP to ensure safe operation and planning of repair and maintenance work at crossings.

Based on a systematic approach, a technological scheme for geodetic monitoring of UCGP has been developed; phased implementation of work, in accordance with this scheme, ensures optimal results.

In accordance with the developed technology, monitoring of the underwater crossing of main gas pipelines across the river was carried out. Ob. Processing the results of field measurements and their quality assessment made it possible to

judge the correctness of the choice of control parameters, the purpose of accuracy and the use of geodetic measurement methods. An analysis of the results of geodetic monitoring of the UCGP corridor in 2021 revealed an increase in the length of sections with insufficient depth in the riverbed and sections with exposed gas pipelines. Recommendations are given to bring the UCGP to a safe state.

Ключевые слова: геодезический мониторинг, подводный переход, топографическая съемка, деформация

Keywords: geodetic monitoring, underwater crossing, topographic survey, deformation

Введение. Трубопроводный транспорт страны является наиболее безопасным способом доставки нефти и газа к потребителям. В то же время наличие крупных рек на пути строительства трубопроводов, требует обустраивать переходы трубопроводов через водные преграды [4, 5]. В условиях рек, характеризующихся активными литодинамическими процессами, прокладка и 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, а также снижению затрат на обеспечение их безаварийной эксплуатации

Для предотвращения аварий на подводных переходах магистральных газопроводов (ППМГ) необходимо организовывать и проводить геодинимический мониторинг за их техническим состоянием [1, 4, 5, 9]. Составной частью которого является геодезический мониторинг с применением инструментальных средств измерений. Качественное и оперативное проведение измерений во время геодезического мониторинга на ППМГ позволяет определять их пространственно-временные характеристики, геометрические параметры и способствует более

эффективному и надёжному планированию ремонтных и профилактических работ на переходах, ведёт к повышению их безопасности.

Целью функционирования геодезического мониторинга является контроль пространственно-временного состояния ППМГ, характера и интенсивности протекания деформационных процессов, опасных для объекта, а также формирование информационной базы о его состоянии [6].

К основным задачам геодезического мониторинга относятся:

- определение соответствия пространственного положения ППМГ проектному;
- определение заглубление подводного трубопровода в русле реки;
- выявление деформаций (размылов) дна и береговых склонов водной преграды;
- оценка состояния русла и водных объектов путем анализа и сопоставления планов и профилей по подводным переходам, выполненные в разные периоды времени;
- оценка опасных деформаций ППМГ при дальнейшей эксплуатации.

Объектом геодезического мониторинга является технический корридор подводных переходов газопроводов через реку.

Корридор подводных переходов магистральных газопроводов представляет собой систему переходов, проложенных через один и тот же участок водной преграды, а также объединенных единой системой технического обеспечения. Сам же подводный переход является особым конструктивным элементом линейной части магистрального трубопровода, проложенный по дну или ниже отметок дна водоема (рис. 1) [10, 11].

В зависимости от фактического планово-высотного положения трубопровода относительно линии дна и склонов берега, наличия обнаженных и провисающих участков газопровода, его заглубления в дно на всем протяжении руслового участка, повреждения крепления берегов, достаточности и сохранности балластирования газопровода, целостности

антикоррозионной изоляции, фактической толщины стенки в сопоставлении с минимальной расчетной можно выделить следующие состояния подводных переходов магистральных газопроводов: исправное, неисправное и предельное.

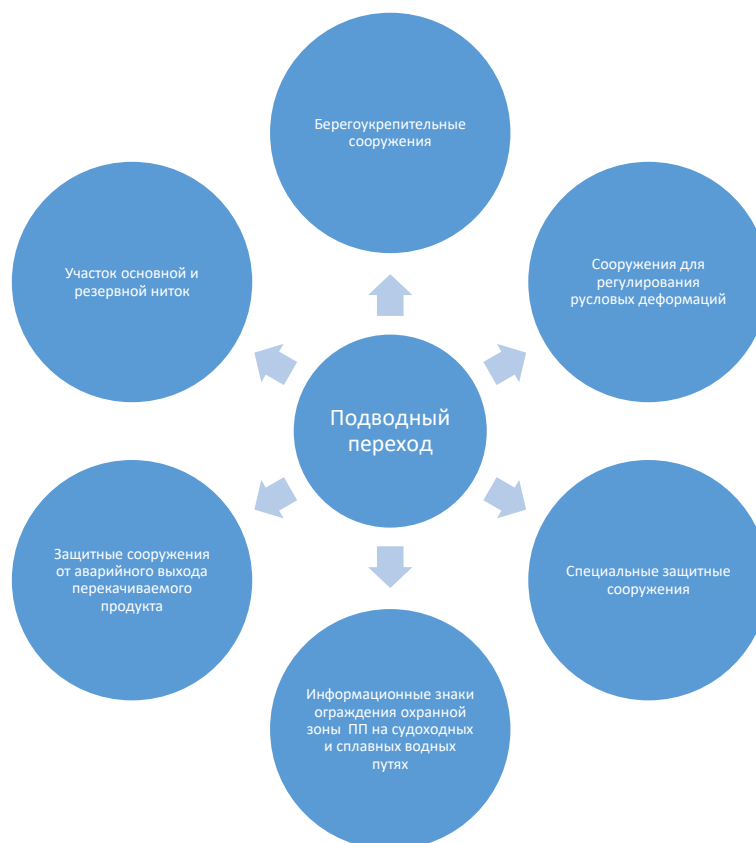


Рисунок 1. Состав подводного перехода

Методика проведения исследования. Разработка системы геодезического мониторинга ППМГ является важным и ответственным этапом и выполняется на основе принципа системности, который позволяет добиться оптимального решения поставленных задач [6, 7].

В работе на основе анализа данных, необходимых для качественного контроля пространственно-временного состояния, геометрических параметров ППМГ и прилегающей территории, разработана технологическая схема выполнения геодезического мониторинга, отображенной на рисунке 2.

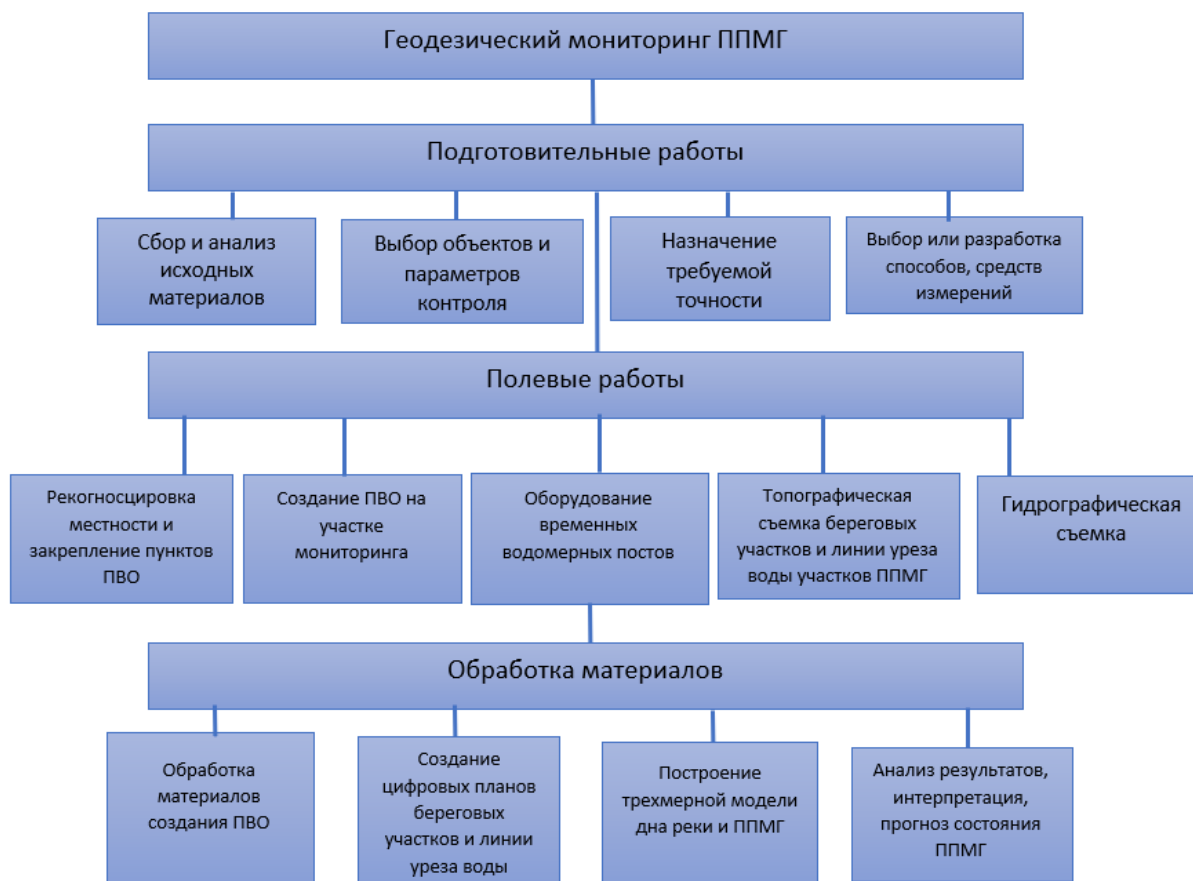


Рисунок 2. Технологическая схема геодезического мониторинга ППМГ

В соответствии с рисунком 2 при разработке, организации и проведении геодезического мониторинга ППМГ работы выполняются в три этапа:

- подготовительный;
- полевой;
- камеральный (обработка материалов).

Подготовительный этап включает в себя: сбор и анализ исходных материалов для дальнейшей разработки элементов геодезического мониторинга; выбор объектов и параметров, подлежащих геодезическому мониторингу; назначение требуемой точности определения геометрических параметров объектов мониторинга; выбор или разработка технологий и методик геодезического мониторинга.

В подготовительный этап разрабатывается программа геодезического мониторинга, которая является основным и обязательным организационным и методическим документом.

На этапе выполнения полевых работ выполняется обследование территории и объектов, подлежащих мониторингу, изготовление и закладка пунктов опорной планово-высотной сети и деформационных знаков; проведение дискретных (при необходимости – непрерывных) циклов геодезического мониторинга ППМГ с помощью инструментальных геодезических методов.

На заключительном этапе (3 этап) осуществляется обработка результатов полевых измерений, оценка качества геодезических измерений, построение картографических и других графических документов, а также анализ и прогноз контролируемых параметров ППМГ.

Экспериментальная часть/постановка эксперимента. Объектом исследования является подводный переход магистральных газопроводов через р. Обь, которые находятся в основном русле реки в 1 км ниже по течению от п. Андра (рис. 3).

В техническом коридоре подводного перехода расположено 18 ниток трубопроводов диаметром 1220 мм. Нумерация ниток на р. Обь (п. Андра) принята по направлению течения реки (рис. 3). Строительство ПП МГ выполнялось с 1983 г. по 1990 г.

Ширина русла реки на участке мониторинга составляет в среднем 4,2 км. Минимальная ширина зафиксирована в районе 16 нитки и составляет около 1,8 км. Максимальная ширина - 6,1 км выше по течению от 1-ной нитки ППМГ. Максимальная глубина в плесах (относительно измеренных уровней воды) составляют 22 м. Минимальная измеренная отметка дна русла составляет -9,1 м БС в плесовой ложине в 5,6 км ниже 18 нитки ППМГ.

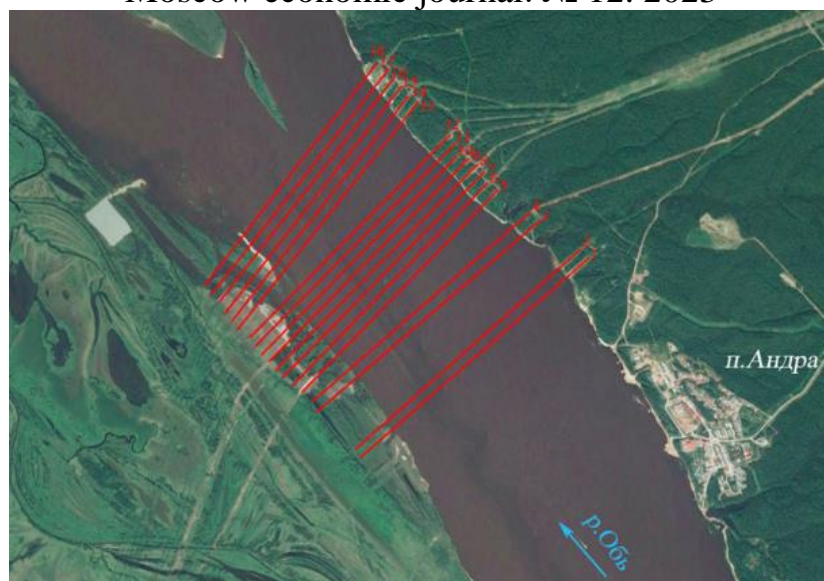


Рисунок 3. Местоположение технического коридора ППМГ

При проектировании системы геодезического мониторинга контролируемые параметры, объем и виды работ зависят от технического состояния ППМГ (исправное, неисправное и предельное) (табл. 1) [3, 6, 8, 10].

Таблица 1. Виды работ, выполняемых при мониторинге ППМГ

Наименование работ	Техническое состояние ППМГ		
	1	2	3
Визуальный осмотр и оценка состояний береговых информационных знаков, реперов и указателей газопровода, наблюдения за положением и переформированием берегового склона и линий уреза воды относительно репера	+	+	+
Определение гидрологических характеристик реки (скоростей течения, уровней воды и т. д.)	-	-	+
Определение состояния надводной части берегоукрепления и береговых склонов	+	+	+
Определение состояния подводной части берегоукрепления	-	+	+
Приборное определение фактического планового и высотного положения всех ниток газопровода относительно линии дна и склонов берега с установлением оголенных и провисающих участков	-	+	+
Водолазное обследование обнаженных и провисающих участков с определением длины и величины провиса, состояния изоляционного покрытия, устойчивости и изменения расположения балластных грузов с применением	-	-	+

при необходимости подводной видеосъемки			
Топографическая съемка русла и берегов в границах не менее трех с половиной ширин реки (соответствующей среднемеженному уровню) вверх по течению от крайней верхней нитки перехода и не менее полутора расчетных ширин реки вниз по течению от крайней нижней нитки перехода с охватом прибрежных полос шириной 40-60 м	-	+	+

Периодичность проведения геодезического мониторинга ППМГ представлена в таблице 2.

Таблица 2. Периодичность проведения мониторинга подводного перехода газопровода

Характеристика осмотров, обследований	Периодичность проведения мониторинга
Осмотр береговых и пойменных участков подводного перехода в периоды: <ul style="list-style-type: none"> • навигационный и межнавигационный; • ледостава, паводков, ливневых дождей 	Ежемесячно Ежедневно
Инструментальные обследования руслового участка перехода: <ul style="list-style-type: none"> • исправное состояние; • неисправное состояние; • предельное состояние 	1 раз в 2 года; 1 раз в 1 год; 1 раз в 0,5 года
Водолазное обследование провисающих и оголенных участков трубопровода	После обнаружения провисающих и оголенных участков

До начала проведения полевого этапа геодезического мониторинга производится сбор данных по топографо-геодезической изученности, на основании которых выполняется обследование геодезических пунктов в районе работ, проектирование планово-высотного обоснования (ПВО), обеспечивающих достаточную плотность и точность пунктов для выполнения геодезического мониторинга. При обследовании на местности найдены в сохранности 6 пунктов государственной геодезической сети (ГГС) 1-3 классов (рис. 3, а).

Отыскание центров исходных пунктов производилось при помощи GPS-навигатора Garmin с использованием координат, полученных в Управлении Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии.

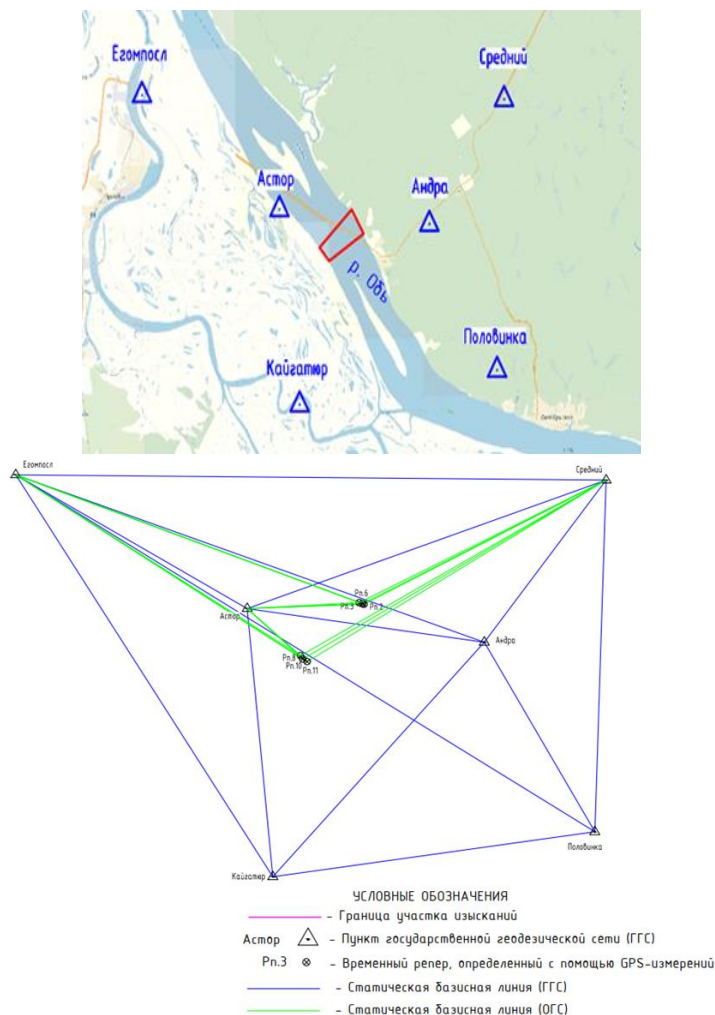


Рисунок 3. Схема расположения исходных пунктов и создания ПВО

Для выполнения геодезического мониторинга ППМГ, непосредственно, вблизи участка проводимых работ, создано плано – высотное обоснование [14]. Развитие плано-высотного обоснования выполнено с применением спутниковых наблюдений статическим методом.

При выполнении спутниковых наблюдений соблюдались следующие условия на пунктах:

- приемники устанавливались над пунктами по оптическим центрам с ошибкой центрирования антенны ± 1 мм;
- высота антенны измерялась с ошибкой ± 1 мм;
- количество одновременно наблюдаемых спутников – не менее 5;
- работы проводились только в благоприятный период расположения спутников, т.е. при PDOP (позиционный фактор) не превышающего 5,0 ед.;
- время наблюдения на каждом пункте не менее одного часа.

В статическом режиме спутниковым приемником Trimble 5700 определены координаты пунктов планово-высотного геодезического обоснования: Рп 2; Рп 3; Рп 6; Рп 8; Рп 10; Рп 11. Схема спутниковых определений приведена на рисунке 3, б.

Так как исследуемый технический коридор ППМГ состоит из 18-ти ниток, то в соответствии с требованием ВСН 30-81, на каждом берегу установлено по два долговременных репера, которые используются при строительстве перехода и контроле его положения при эксплуатации. Реперы установлены в местах, обеспечивающих их сохранность, на расстоянии не менее 200 метров от линии руслового берега и крайней нитки трубопровода.

Обустройство водомерного поста выполнено в месте, защищенном от волнений и размыва русла, а также имеющем возможность наблюдений всей амплитуды колебания уровня воды [4, 11, 12]. Временный водомерный пост (ВВП) оборудован в прирезной части левого берега и представляет собой шесть гидрологических свай, изготовленных из деревянных кольев, хвойных пород, длиной 3-5 м и диаметром 20-22 см. Сваи забивались вертикально в землю с соблюдением следующих условий:

- верх береговой сваи выше предполагаемого максимального уровня на 0,25 – 0,5 м;
- верх нижней сваи ниже минимального уровня воды на 0,25 – 0,5 м;
- две-три сваи находятся над поверхностью воды;

– превышение головок промежуточных свай друг над другом составляет не более 0,2 – 0,6 м.

Привязка оборудованного ВВП осуществлялась техническим нивелированием от постоянного репера Рп 11.

Съемка линии уреза воды на участке мониторинга производилась с моторной лодки на 18-ти километровом участке при помощи GPS-приемника Triumph-1 и эхолота Lowrance LCX-19с. Для контроля точности планового положения линии уреза одновременно велась запись при помощи гидролокатора бокового обзора «SportScan». Съемка урезом выполнялась при движении промерной лодки вдоль берега на минимально возможном расстоянии (около 30 м от правого берега и около 100 м от левого берега). Особенностью линии уреза воды является непостоянство ее положения на местности в связи с изменением высоты уровня воды в водоеме. В следствии этого, на момент проведения мониторинга при съемке водоема указывалась отметка уровня воды и дата съемки. Перед измерениями глубин, при помощи навигационного программного обеспечения «AquaScan», создавалась электронная карта с проложенными галсами.

Так как дно реки Обь имеет разнообразный рельеф, то для планов масштабов 1:2000 и 1:5000 междугалсовые расстояния будут колебаться от 20 до 100 м. Схема расположения продольных и поперечных галсов представлена на рисунке 4.

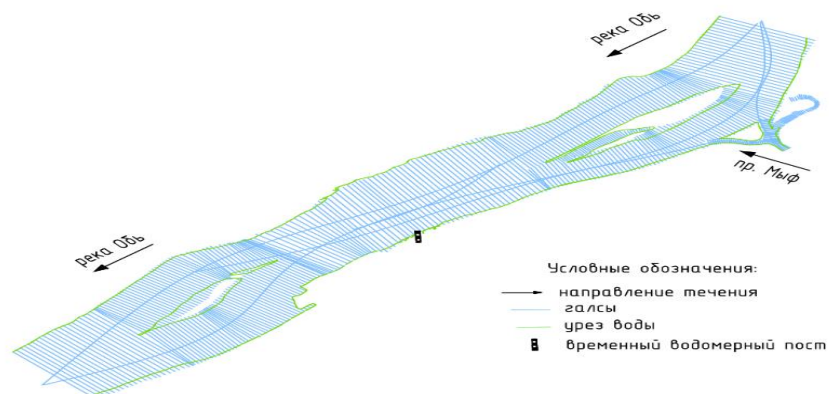


Рисунок 4. Схема расположения продольных и поперечных галсов и линии уреза вод

Определение уклона водной поверхности проводилось методом однодневной связки с помощью GPS-оборудования в режиме «статика» одновременно с измерением скоростей течений и определением расхода воды. Во время определения уклонов колебания уровня воды отсутствовали.

Так как участок реки имеет большую протяженность на правом берегу было оборудовано 6 контрольных точек однодневной связки.

Топографическая съемка береговых участков ППМГ была выполнена в масштабе 1:2000 с высотой сечения рельефа 0,5 м, т.к рельеф равнинный с углом наклона до 2° методом спутниковых определений «кинематика в режиме RTK» с применением геодезического спутникового оборудования «Trimble 5700» [14].

Обследование и съемка коридора ППМГ производилось с борта судна геофизическими методами с применением эхолота для определения фактических глубин и оценки влияния литодинамических процессов на положение трубопровода, а также гидрографическими методами с применением гидролокатора бокового обзора для определения положения газопроводов в плане и по отношению к донной поверхности [2, 3, 4, 5].

Ввиду того, что коридор ППМГ через р. Обь имеет достаточно разнообразный рельеф и участки газопроводов требуют более точной и высокой детализации, применение только однолучевого эхолота не целесообразно. Следовательно, для исследования дна и определения глубин залегания газопроводов в коридоре ППМГ также использовался многолучевой эхолот EM-3002.

Отличительной особенностью многолучевого эхолота является то, что в качестве измеряемых параметров выступают угол наклона акустического луча и эхорасстояние, которое этому углу соответствует. По измеренным параметрам вычисляются пространственные координаты точек отражения озвученной полосы дна: их глубин и боковых смещений [2].

По мере движения промерного судна с прибором по запроектированным галсам, поперечный профиль зарегистрированных значений глубин образует полосу обзора, ширина которой прямо пропорциональна глубине.

Как и при использовании однолучевого эхолота в вычисленные глубины и смещения необходимо ввести поправки за рефракцию акустических лучей по формулам [2]:

$$\Delta z = -(z - d) * [tg\theta_0 - tg(\theta_0 - \omega)] * tg\theta_0 * \rho_0 - (z - d) * (1 - tg2\theta_0) * \bar{\rho}; \quad (1)$$

$$\Delta y = (z - d) * \{[tg\theta_0 - tg(\theta_0 - \omega)] * \rho_0 - 2\bar{\rho} * tg\theta_0\}, \quad (2)$$

где Δz , Δy – поправка в измеренную глубину и боковые смещения, м;

z – измеренная глубина, м;

d – углубление антенны, м;

θ_0 – угол, образуемый направлением приема отраженного сигнала и нормалью к базе преобразователя эхолота;

ω – конструктивный угол, образуемый перпендикуляром к базе преобразователя эхолота и диаметральной плоскостью судна.

В составе специальных гидрографических работ по обеспечению гидрологических работ были выполнены:

- привязка временного водомерного поста;
- закрепление гидрометрических створов для измерений доплеровским измерителем скоростей потока;
- разбивка створов на вертикали для отбора проб взвешенных наносов и донных отложений.

Закрепление гидрометрических створов (ГС) осуществлялось на прямолинейных участках без густой растительности по берегам и перпендикулярно вектору движения основной массы воды при помощи кольев (свай), которые были оборудованы и привязаны по обоим берегам.

Колья оборудовались с учетом минимального воздействия волновых процессов от ветра и движения судов. Для обеспечения точности измерений, колья вбивались в грунт на глубину 1-1.5 м и ограждались досками и камнями. Перед началом производства работ координаты местоположения вносились в программный комплекс «AquaScan», позволяющий с достаточной точностью вывести лодку на створ. Всего было оборудовано 11 гидрометрических створов (рис. 5).

Первичная обработка результатов построения ПВО выполнено с использованием программного продукта Trimble Business Center. Уравнивание результатов спутниковых наблюдений производилось методом наименьших квадратов с оценкой точности результатов уравнивания [8, 14]. Сначала выполнено свободное уравнивание сети в системе WGS-84 с оценкой точности, затем калибровка района работ с трансформацией из WGS-84 в МСК-86. Точность планово-высотного положения пунктов ПВО соответствует полигонометрии 2-го разряда, нивелированию IV класса, СКП положения пунктов сети относительно исходных пунктов – не более 5 см.

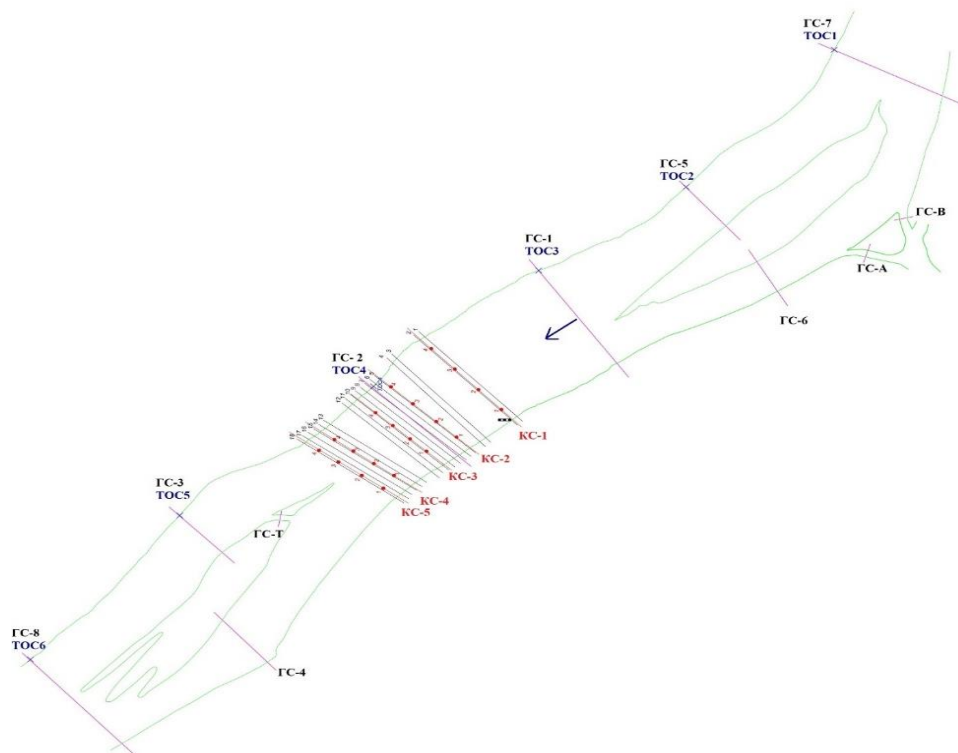


Рисунок 5. Схема расположения гидрометрических створов

Первичная обработка данных топографической съемки производилась с помощью программного обеспечения Credo_DAT. Средние погрешности съемки рельефа и его изображения на инженерно-топографических планах относительно ближайших точек съемочного обоснования превышают $\frac{1}{4}$ от принятой высоты сечения рельефа.

Построение цифровой модели местности проводилась в программном обеспечении GeoniCS 2015 для AutoCAD 2016 (рис. 6). Точность инженерно-топографического плана, построенного в AutoCAD 2016, оценивалась по величинам средних погрешностей, полученных по расхождениям плановых положений предметов и контуров, точек подземных коммуникаций, а также высот точек, определенных по модели рельефа с данными контрольных полевых измерений.

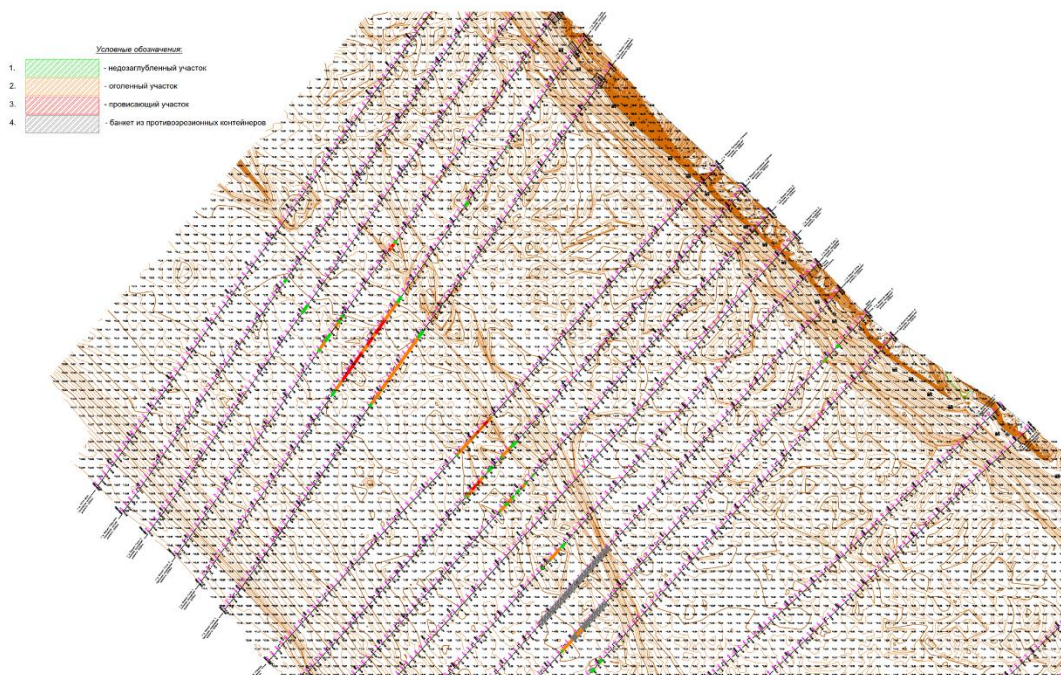


Рисунок 6. **Фрагмент топографического плана русловых процессов на участке мониторинга с указанием деформаций на газопроводах**

Результаты гидрографической съемки обрабатывались в программе «QINSy». Построение топографических планов производится при помощи программ «Surfer» и «AutoCAD Civil 3D». На заключительном этапе

обработки выполнено камеральное трассирование с разбивкой пикетажа, по результатам рекогносцировки, топографической съемки, инженерно-геологических изысканий (рис. 7).

Обработка гидрологических данных, полученных на ППМГ, проводилась с использованием программного продукта «OINSy». Фрагмент цифровой модели местности (ЦММ) с участками оголения газопроводов, полученных после съемки рельефа дна с помощью однолучевого и многолучевого эхолота, обработанных в «QINSy», представлен на рисунке 8.

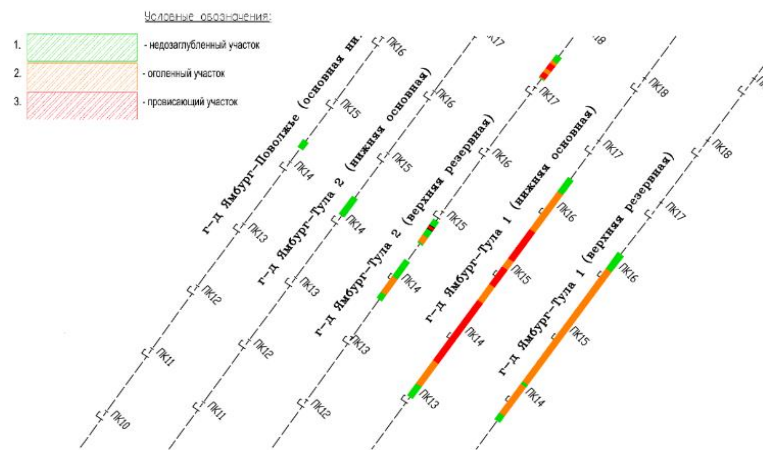


Рисунок 7. Фрагмент топографического плана коридора ППМГ с нанесенными деформациями

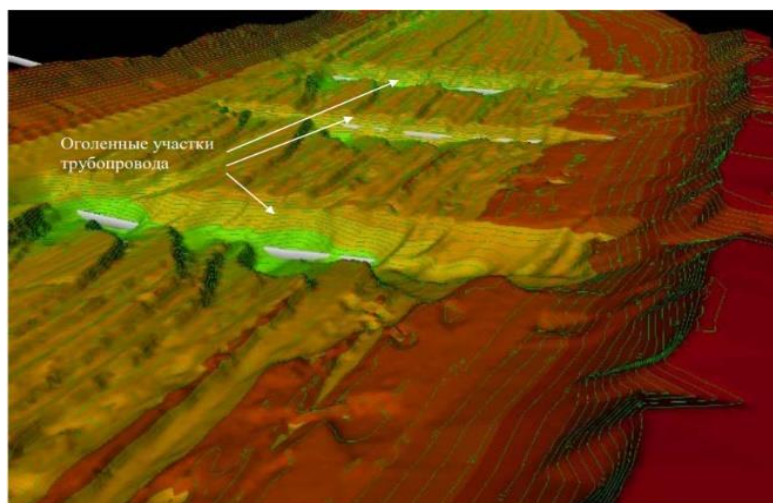


Рисунок 8. Фрагмент участков оголения подводных переходов магистральных газопроводов на ЦМР

По данным камерального трассирования с помощью программы «GeoSolution для AutoCAD Civil 3D» построены продольные профили в масштабах горизонтальным 1:2000, вертикальным 1:200 в следующей последовательности (рис. 9):

- 1) создание исходной поверхности подводного перехода;
 - 2) создание общего продольного профиля по всей длине трассы;
 - 3) создание на профиле водного объекта, при этом указываем начало объекта в точке пересечения оси трассы с линией уреза воды слева (по направлению трассы), конец объекта – линия уреза воды справа (по направлению трассы);
 - 4) добавление существующего участка трубопровода в общий профиль.
- Для этого с плана берется информацию отметки верха трубы.

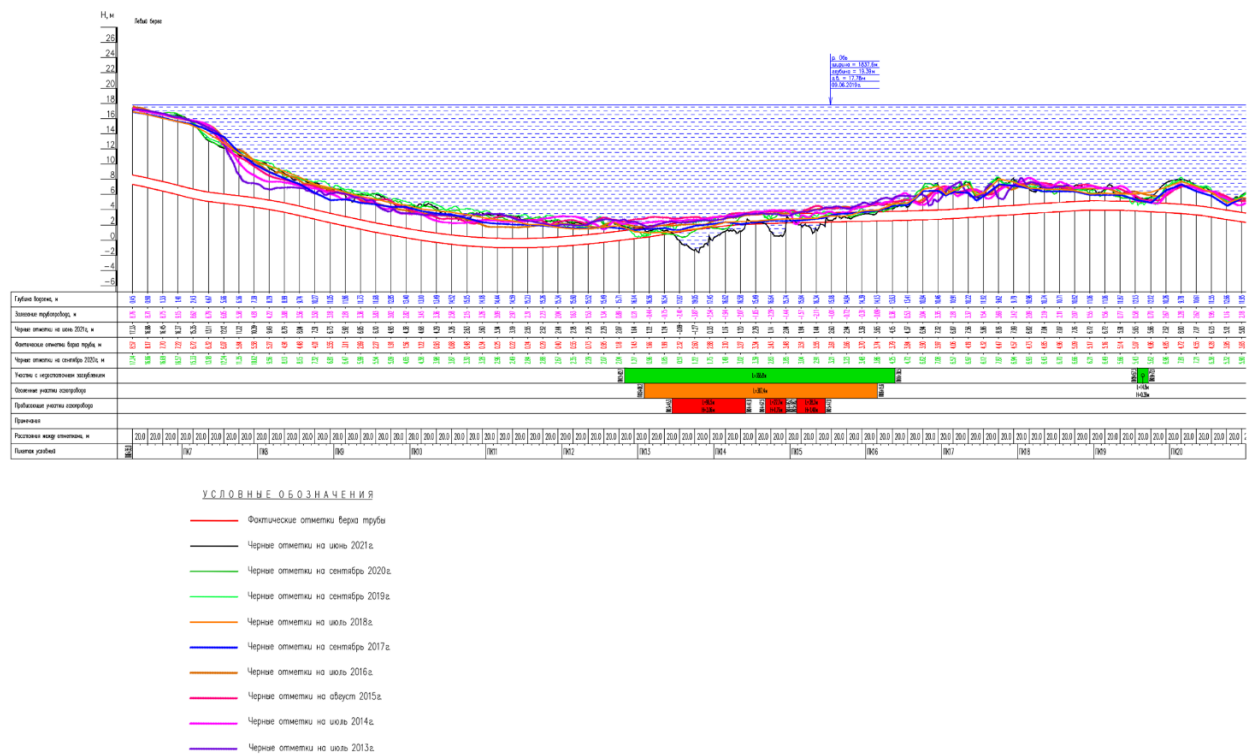


Рисунок 9. Продольный профиль 14-й нитки «Ямбург-Тула 1» (основная) по результатам мониторинга 2013-2021 гг.

Выводы. Из анализа результатов геодезического мониторинга коридора подводного перехода магистрального газопровода в 2021 году были получены следующие данные: суммарная протяженность участков с недостаточным заглублением в русловой части технического коридора в 2021 г. составила 1680,2 м, что на 305,4 м меньше по сравнению с 2020 г. (1985,6 м) и на 43,5 м по сравнению с 2018 г. (1723,7 м); в том числе, суммарная протяженность участков с оголением газопроводов в 2021 г. составила 1104,4 м, что на 221,4 м больше по сравнению с данными 2020 г. (883 м) и на 103 м по сравнению с 2018 г. (1001,4 м); общая длина участков с провисами в 2021 г. составила 226 м, что в 1,7 раз больше по сравнению с 2020 г. (134,7 м) и в 3,8 раз – с 2018 г. (59,4 м).

Рекомендации. В первую очередь следует отметить, что решение о выводе в ремонт ППМГ принимается на основе не только из анализа данных, полученных при геодезическом мониторинге, а в целом из результатов комплексного геотехнического мониторинга трубопровода.

В качестве первоочередных мер приведения подводного перехода в работоспособное состояние, рекомендуется локальное крепление дна на проблемных участках трубопровода устройством банкетов из неразмываемых материалов (плоские грунтозаполненные контейнеры (маты), сетчатые габионы, матрацы Рено, гибкие бетонные маты (ГБМ) и др.), с предварительной отсыпкой щебня (не менее 15 м в каждую сторону от оси трубопровода) на размытые участки в створах трубопровода.

Список источников

1. Безродных, Ю. П. Опыт применения сейсмоакустики и комплексирования ее с другими методами при инженерных изысканиях и обследовании подводных трубопроводов / Ю. П. Безродных, В. П. Лисин, В. И. Федоров. – Текст : непосредственный // Разведка и охрана недр – 2002. - № 1. - С. 2-5.
2. Гринь, Г. А. Автоматическая обработка и фильтрация данных многолучевого эхолотирования в решении инженерных задач / Г. А. Гринь,

П. П. Мурзинцев, С. С. Титов. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2008. – № 10. – С. 45–48.

3. Гринь, Г. А. Методические решения и технологическая реализация комплексного геодезического контроля подводных переходов магистральных трубопроводов: 25.00.32 : дис. ... канд. техн. наук / Г. А. Гринь ; СГГА. – Новосибирск : СГГА, 2010. - 150 с. – Текст : непосредственный.

4. Десяткин, Д. П. Современные методы геомониторинга магистральных трубопроводных систем / Д. П. Десяткин, К. К. Садреева. – Текст : непосредственный // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2019. - № 4. – С. 46-54.

5. Дунчевский, А. В. Геофизический мониторинг подводных переходов трубопроводов : 04.00.12 : автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. В. Дунчевский ; МГГА. – Москва : МГГА, 2000. - 19 с. – Текст : непосредственный.

6. Олейник, А. М. Геодезический мониторинг геотехнических систем в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов : монография / А. М. Олейник. – Тюмень : ГАУ Северного Зауралья, 2011. – 352 с. – Текст : непосредственный.

7. Олейник, А. М. Геодезическое обеспечение капитального ремонта подводного перехода магистрального газопровода / А. М. Олейник, А. В. Абрамов, Ю. С. Паршакова // В сборнике: Актуальные проблемы геодезии, кадастра, рационального земле- и природопользования. Материалы III Международной научно-практической конференции, в 2 томах. – Тюмень: ТИУ, 2020. - С. 50-58. – Текст : непосредственный.

8. Олейник, А. М., Основы дистанционного зондирования земли и фотограмметрических работ при изысканиях для строительства инженерных сооружений : учебное пособие / А. М. Олейник, А. М. Попов, М. А. Подковырова, А. Ф. Николаев. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2016. – 186 с. – Текст : непосредственный.

9. Лисин, Ю. В. Мониторинг магистральных нефтепроводов в сложных геологических условиях / Ю. В. Лисин, А. А. Александров. – Текст : непосредственный // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. - 2013. - № 2. – С. 34-40.
10. Павлов, Н. С. К вопросу о геодезическом обследовании подводных переходов магистральных газопроводов / Н. С. Павлов, А. А. Яковлев. – Текст : непосредственный // Естественные и технические науки. - 2015. - № 2. - С.99 -101.
11. Регламент по техническому обслуживанию подводных переходов магистральных газопроводов через водные преграды : РД 51-3-96 : утв. распор. ПАО Газпром 10.09.1996 : введ. в действие 01.12.1996. – Москва : ИРЦ Газпром, 1996. – 69 с. – Текст : непосредственный.
12. Стандарт организации. Комплексное техническое диагностирование подводных переходов магистральных газопроводов : СТО Газпром 2-2.3-1059-2016 : утв. распор. ПАО Газпром 01.09.2016 : введ. в действие с 01.12.2016. - Москва : ИРЦ Газпром, 2016. – 186 с. – Текст : непосредственный.
13. Стандарт организации. Правила эксплуатации магистральных газопроводов : СТО Газпром 2-3.5-454-2010 : утв. распор. ПАО Газпром 24.05.2010 : введ. в действие с 24.05.2010. - Москва : ИРЦ Газпром, 2010. – 169 с. – Текст : непосредственный.
14. Свод правил. Инженерные изыскания для строительства : СП 47.13330.2016 : утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации 30.12.2016 : введ. в действие с 01.07.2017. – Москва : Минрегион России, 2012. – 20 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Bezrodny`x, Yu. P. Opy`t primeneniya sejsmoakustiki i kompleksirovaniya ee s drugimi metodami pri inzhenerny`x izy`skaniyax i obsledovanii podvodny`x

truboprovodov / Yu. P. Bezrodny`x, V. P. Lisin, V. I. Fedorov. – Tekst : neposredstvenny`j // Razvedka i ohrana neдр – 2002. - № 1. - S. 2-5.

2. Grin`, G. A. Avtomaticheskaya obrabotka i fil`traciya danny`x mnogoluchevogo e`xolotirovaniya v reshenii inzhenerny`x zadach / G. A. Grin`, P. P. Murzincev, S. S. Titov. – Tekst : neposredstvenny`j // Geodeziya i kartografiya. – 2008. – № 10. – S. 45–48.

3. Grin`, G. A. Metodicheskie resheniya i texnologicheskaya realizaciya kompleksnogo geodezicheskogo kontrolya podvodny`x perexodov magistral`ny`x truboprovodov: 25.00.32 : dis. ... kand. texn. nauk / G. A. Grin` ; SGGA. – Novosibirsk : SGGA, 2010. - 150 s. – Tekst : neposredstvenny`j.

4. Desyatkin, D. P. Sovremenny`e metody` geomonitoringa magistral`ny`x truboprovodny`x sistem / D. P. Desyatkin, K. K. Sadreeva. – Tekst : neposredstvenny`j // Transport i xranenie nefteproduktov i uglevodorodnogo sy`r`ya. – 2019. - № 4. – S. 46-54.

5. Dunchevskij, A. V. Geofizicheskij monitoring podvodny`x perexodov truboprovodov : 04.00.12 : avtoref. dis. ... kand. texn. nauk / A. V. Dunchevskij ; MGGA. – Moskva : MGGA, 2000. - 19 s. – Tekst : neposredstvenny`j.

6. Olejnik, A. M. Geodezicheskij monitoring geotexnicheskix sistem v usloviyax rasprostraneniya mnogoletnemerzly`x gruntov : monografiya / A. M. Olejnik. – Tyumen` : GAU Severnogo Zaural`ya, 2011. – 352 s. – Tekst : neposredstvenny`j.

7. Olejnik, A. M. Geodezicheskoe obespechenie kapital`nogo remonta podvodnogo perexoda magistral`nogo gazoprovoda / A. M. Olejnik, A. V. Abramov, Yu. S. Parshakova // V sbornike: Aktual`ny`e problemy` geodezii, kadastra, racional`nogo zemle- i prirodopol`zovaniya. Materialy` III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, v 2 tomax. – Tyumen` : TIU, 2020. - S. 50-58. – Tekst : neposredstvenny`j.

8. Olejnik, A. M., Osnovy` distancionnogo zondirovaniya zemli i fotogrammetricheskix rabot pri izy`skaniyax dlya stroitel`stva inzhenerny`x sooruzhenij : uchebnoe posobie / A. M. Olejnik, A. M. Popov, M. A.

Podkovy`rova, A. F. Nikolaev. – Tyumen`: TyumGNGU, 2016. – 186 s. – Tekst : neposredstvenny`j.

9. Lisin, Yu. V. Monitoring magistral`ny`x nefteprovodov v slozhny`x geologicheskix usloviyax / Yu. V. Lisin, A. A. Aleksandrov. – Tekst : neposredstvenny`j // Nauka i texnologii truboprovodnogo transporta nefiti i nefteproduktov. - 2013. - № 2. – S. 34-40.

10. Pavlov, N. S. K voprosu o geodezicheskom obsledovanii podvodny`x perexodov magistral`ny`x gazoprovodov / N. S. Pavlov, A. A. Yakovlev. – Tekst : neposredstvenny`j // Estestvenny`e i texnicheskie nauki. - 2015. - № 2. - S.99 -101.

11. Reglament po texnicheskomu obsluzhivaniyu podvodny`x perexodov magistral`ny`x gazoprovodov cherez vodny`e pregrady` : RD 51-3-96 : utv. raspor. PAO Gazprom 10.09.1996 : vved. v dejstvie 01.12.1996. – Moskva : IRCz Gazprom, 1996. – 69 s. – Tekst : neposredstvenny`j.

12. Standart organizacii. Kompleksnoe texnicheskoe diagnostirovanie podvodny`x perexodov magistral`ny`x gazoprovodov : STO Gazprom 2-2.3-1059-2016 : utv. raspor. PAO Gazprom 01.09.2016 : vved. v dejstvie s 01.12.2016. - Moskva : IRCz Gazprom, 2016. – 186 s. – Tekst : neposredstvenny`j.

13. Standart organizacii. Pravila e`kspluatacii magistral`ny`x gazoprovodov : STO Gazprom 2-3.5-454-2010 : utv. raspor. PAO Gazprom 24.05.2010 : vved. v dejstvie s 24.05.2010. - Moskva : IRCz Gazprom, 2010. – 169 s. – Tekst : neposredstvenny`j.

14. Svod pravil. Inzhenerny`e izy`skaniya dlya stroitel`stva : SP 47.13330.2016 : utv. prikazom Ministerstva stroitel`stva i zhilishhno-kommunal`nogo khozyajstva Rossijskoj Federacii 30.12.2016 : vved. v dejstvie s 01.07.2017. – Moskva : Minregion Rossii, 2012. – 20 s. – Tekst : neposredstvenny`j.

Для цитирования: Олейник А.М., Пыжикова И.В., Новикова А.Р. Технология геодезического деформационного мониторинга подводных переходов магистральных трубопроводов // Московский экономический

Московский экономический журнал. № 12. 2023
Moscow economic journal. № 12. 2023
журнал. 2023. № 12. URL: <https://qje.su/nauki-o-zemle/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-12-2023-16/>

© Олейник А.М., Пыжикова И.В., Новикова А.Р., 2023. *Московский экономический журнал, 2023, № 12.*