

# ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОДУКТОПРОВОДОВ НА ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ ОДНОЛУЧЕВЫМ ЭХОЛОТОМ

**Живогляд А.В.<sup>1</sup>, Гладченко А.С.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Живогляд Артур Васильевич – кандидат технических наук, доцент;

<sup>2</sup>Гладченко Александр Сергеевич – магистрант,  
кафедра кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии,  
Воронежский государственный технический университет,  
г. Воронеж

**Аннотация:** в статье рассмотрен важный вопрос контроля состояния магистральных нефтепродуктопроводов в местах пересечения с водными объектами. Для выполнения данного вида работ предлагается использовать судовой трассоискатель на основе однолучевого эхолота Navisound-110. Проведены экспериментальные исследования, в результате которых установлена зависимость между удаленностью расположения генератора импульсов и приемника эхолота на точность определения геометрического положения нефтепродуктопровода.

**Ключевые слова:** нефтепродуктопровод, ландшафт, технический контроль, судовой трассоискатель, геометрическое положение, точность, экспериментальные исследования.

Российская Федерация является одним из лидеров в рейтинге стран, занимающихся добычей углеводородного сырья. При этом в связи с огромными размерами территорий и удаленностью основных районов добычи углеводородов от потребителя нефте-газотранспортный комплекс государства насчитывает максимальную протяженность сетей.

Эксплуатация трубопроводного транспорта имеет ряд технических и технологических трудностей, связанных с разнообразием ландшафта территорий. Наиболее сложными участками в этом плане являются места, где осуществляется переход трубопроводов под водными объектами [5]. Важность данных участков связана не только с защитой трубопровода, но и требованиями соблюдения экологической безопасности территорий.

Согласно [1] для обеспечения надежной работы нефтепродуктопроводов в местах пересечения с судоходными и сплавными водными путями необходимо вести регулярный контроль состояния берегов и изменения рельефа дна водоема. Поэтому, как правило, эксплуатационные службы, на балансе которых находится нефтепродуктопровод, прибегают к услугам специализированных организаций, занимающихся подводными съемками. На данный момент нет отдельных норм точности съемки магистральных нефтепродуктопроводов. Поэтому приведем требования к точности съемок подводных переходов разных масштабов для магистральных газопроводов (таблица 1) [6].

Таблица 1. Требования к точности определения геометрического положения нефтепродуктопровода

Масштаб съемки	Точность определения положения в плане (м)	Точность определения высотного положения(м)	
		Глубина менее 10 м. (м)	Глубина более 10 м. (м)
1:500	0,75	0,1	0,2
1:1000	1,5		
1:2000	3,0		

В настоящее время существует ряд методик проведения съемки подводных переходов магистральных нефтепродуктопроводов. Приборно-водолазное обследование подводных переходов трубопроводов выполняется достаточно давно, но нет четкого методического руководства и данный способ достаточно трудоемкий [4]. Менее трудоемкими является использование специальной измерительной техники, например, использование судовых трассоискателей на основе одно- или многолучевых эхолотов, которые относятся к группе динамических трассоискателей, среди которых можно отметить эхолот Navisound-110.

Данная модель предназначена для детальной съемки рельефа дна на глубинах от 0,5 до 300 метров. Состоит из цифрового регистратора с LCD монитором для визуализации эхолотограммы. Эхолот с помощью дополнительного модуля, может быть легко настроен для использования с широким спектром трансдюсеров различных производителей

Таблица 2. Основные технические характеристики эхолота Navisound-110

Наименование характеристики	Значение
Питание прибора	10-28В пост.т.
Рабочие частоты, кГц	30, 200
Диапазон измерения глубины оси трубопровода, м	От 0.5 до 400
Точность при идеальных условиях работы 30 кГц 200 кГц	7 см 1 см
Габаритные размеры эхолота, мм	216 x 36 x 82
Масса, кг	3.0

Поскольку в Республике Башкортостан отсутствуют внутриматериковые протяженные (до 10 км) и глубокие (до 60 м) нефтепродуктопроводы, было намечено проведение исследования эхолота Navisound-110.

Исследования возможности применения данного оборудования выполнены на примере подводного перехода через р. Белая магистрального нефтепродуктопровода «Салават-Уфа». Были проведены пять промеров одного и того же участка трубопровода (таблица 3). Все измерения проводились при одинаковых погодных условиях (температура воздуха +18°C, температура воды +16°C, скорость течения 0,2 м/с), но при этом изменялось расстояние от генератора до приемника трассоискателя. Характеристики грунтов на заданном участке - суглинок, глина, видимость 0,3 м, максимальная глубина: 5 м.

Таблица 3. Результаты независимых промеров одного участка трубопровода

№ точки	1 промер		2 промер		3 промер		4 промер		5 промер	
	Нгр	Нтр	Нгр	Нтр	Нгр	Нтр.	Нгр	Нтр	Нгр	Нтр
1	83,83	76,80	83,96	76,89	83,95	76,77	83,96	76,88	83,96	76,90
2	83,51	76,25	83,57	76,25	83,56	76,14	83,58	76,26	83,61	76,32
3	83,06	75,77	83,17	75,74	83,05	75,62	83,12	75,75	83,12	75,80
4	82,96	75,40	83,11	75,36	83,05	75,28	83,08	75,37	83,09	75,40
5	83,70	75,15	82,71	75,08	82,69	75,06	82,73	75,09	82,74	75,13
6	82,89	74,99	82,55	74,89	82,52	74,91	82,49	74,90	82,58	74,97
7	82,31	74,89	82,45	74,78	82,27	74,79	82,33	74,81	82,36	74,87
8	81,97	74,75	82,03	74,70	82,00	74,69	81,96	74,74	82,01	74,74
9	81,86	74,67	81,94	74,62	81,86	74,65	81,80	74,67	81,90	74,61
10	81,70	74,65	81,76	74,61	81,80	74,69	81,74	74,69	81,78	74,58
11	81,70	74,73	81,63	74,72	81,65	74,80	81,67	74,78	81,71	74,68
12	81,82	74,99	81,91	74,94	82,01	74,99	81,86	74,94	81,83	74,89
13	82,68	75,33	82,77	74,27	82,92	75,28	82,90	75,19	82,66	75,19
14	83,26	75,75	83,51	75,70	83,66	75,65	83,51	75,54	83,41	75,58

В таблице 1.6  $H_{гр}$  - высотная отметка грунта в точке промера,  $H_{тр}$  - высотная отметка верхней образующей трубопровода в точке промера.

Далее выполнена обработка результатов съемки и проведение корреляционного анализа. На основании полученных данных установлена зависимость увеличения погрешности определения положения трубопровода по высоте при увеличении расстояния от приемника трассоискателя до генератора (рисунок 1).

Для установления уравнения зависимости выполнен корреляционно-регрессионный анализ, в результате чего получено уравнение

$$m = 0.0154 \cdot L + 1.0372, \quad (1)$$

где  $L$  - расстояние от генератора в метрах,  $m$  - средняя квадратическая ошибка положения нефтепродуктопровода по высоте.

Коэффициент корреляции определялся двумя способами - по показаниям программы с использованием пакета анализа Microsoft Excel и составил  $R = 75\%$ , при этом коэффициент детерминации составил 0.56. Эти показатели, согласно шкале Чеддока, говорят о высокой силе связи между данными показателями

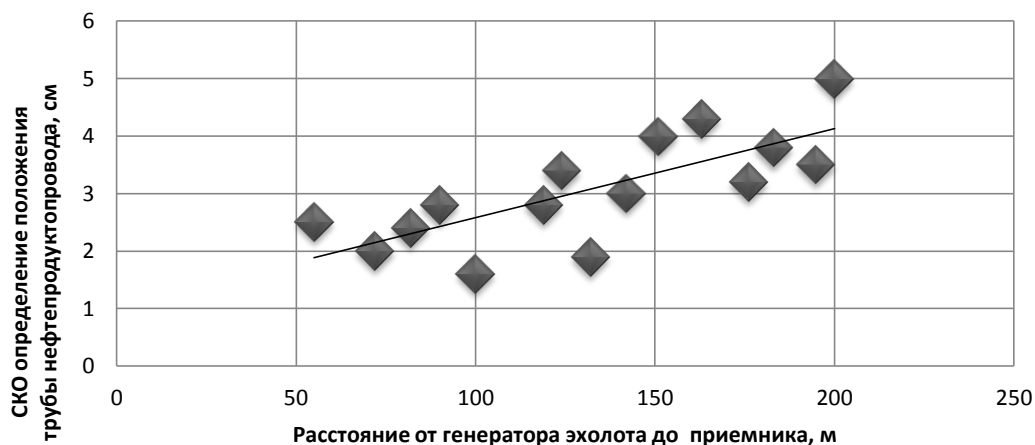


Рис. 1. Изменение СКО высотного положения нефтепродуктопровода при увеличении расстояния от генератора до приемника

Учитывая требования к точности определения положения оси нефтепродуктопровода, по формуле (1) рассчитаем максимальное удаление приемника трассоискателя от генератора, при котором ошибка положения не будет превышать 10 см.

$$L = \frac{m - 1.0372}{0.0154} = 582 \text{ м}$$

Точность определения положения нефтепродуктопровода не будет превышать величины 0,1 м при удалении приемника трассоискателя от генератора на расстоянии до 580 м.

Таким образом, для снижения ошибки определения положения трубопровода на переходах большой протяженности предполагается установка генератора на обоих берегах водного объекта.

Данные исследования подтверждают мнение Гриня Г.А. [2, 3], согласно которому установлена зависимость между точностью определения геометрических параметров нефтепродуктопроводов и удаленностью, глубиной залегания элементов. Поэтому для повышения достоверности измерений предлагается увеличивать количество заплывов, с разным маршрутом и местом установки оборудования и осуществлять независимый метод контроля.

В результате проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. По результатам экспериментальных измерений составлено уравнение регрессии увеличения ошибки определения положения нефтепродуктопровода при увеличении расстояния от приемника трассоискателя до генератора;

2. На основании результатов корреляционно-регрессионного анализа установлена величина максимального удаления генератора от приемника сигналов 580 м, при которой обеспечивается заданная точность съемки нефтепродуктопровода.;

3. При удалении приемника на расстояния близкие к предельному значению необходимо устанавливать дополнительные генераторы, что позволит повысить точность проведения съемки.

#### Список литературы

1. РД 153-39.4-041-99 Правила технической эксплуатации магистральных нефтепродуктопроводов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200030684/> (дата обращения: 20.12.2017).
2. Гринь Г.А. Автоматическая обработка и фильтрация данных многолучевого эхолотирования в решении инженерных задач [Текст] / Г.А. Гринь, П.П. Мурзинцев, С.С. Титов // Геодезия и картография, 2008. № 10. С. 45-48.
3. Гринь Г.А. Многолучевой эхолот как эффективное средство геодезического контроля подводных переходов трубопроводов [Текст] / Г.А. Гринь, П.П. Мурзинцев // XII Международная научно-практическая конференция «Методы дистанционного зондирования и ГИС-технологии для оценки состояния окружающей среды, инвентаризации земель и объектов недвижимости» GEOIFOCAD-2010: материалы конференции. Австрия, 2010. С. 27-34.
4. Гринь Г.А. Опыт использования гидрографического оборудования при инспекции подводных трубопроводов ОАО «Газпром» [Текст] / Г.А. Гринь, П.П. Мурзинцев // V Международная выставка и научный конгресс «ГЕО-Сибирь-2009»: сб. материалов Vмеждународ. науч. конгр. Новосибирск: СГГА, 2009. С. 125-133.
5. Гринь Г.А. Применение гидролокаторов при производстве обследований подводных переходов магистральных трубопроводов [Текст] / Г.А. Гринь, П.П. Мурзинцев, С.С. Титов // Геодезия и

картография, 2007. № 12. С. 4-10.

6. *Павлов Н.С.* К вопросу о геодезическом обследовании подводных переходов магистральных газопроводов [Текст] / Н.С. Павлов, А.А. Яковлев // *Естественные и технические науки*. М., 2015. № 2. С. 99-101.