Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LIX, вып. 1, 1969 г.

ПРИМЕНЕНИЕ ЗВУКОЛОКАЦИОННОЙ СЪЕМКИ ПРИ ПРОКЛАДКЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ПО ДНУ ВОДОЕМОВ

Д. А. Казаковский, Г. А. Кротов, А. М. Ульянищев

При решении различных технических задач возникает необходимость автоматической и достаточной фиксации подводных объектов. Наиболее эффективным методом в этом случае является звуколокационный (гидроакустический).

Рассмотрим применение звуколокации на примере прокладки магистральных газопроводов по дну водоемов.

В настоящее время использование газового топлива в народном хозяйстве СССР занимает важное место. Магистральные газопроводы большой протяженности и значительного диаметра (720, 820 и 1020 *мм*), прокладываемые от месторождений к потребителю, пересекают многочисленные водные преграды шириной до нескольких километров (водохранилища, морские заливы, реки, озера, протоки, старицы и пр.). В этих случаях трубопроводы прокладывают по дну водоемов.

Основным мероприятием, предохраняющим подводный трубопровод (дюкер) от возможного повреждения, является достаточное его заглубление в дно водоема. Важное значение в этом случае имеет разработка траншей с оптимальными параметрами, удовлетворяющими требованиям надежности и экономичности, причем выполнение геометрических параметров траншей имеет определяющее значение. Соблюдение поперечных и продольных профилей траншеи в пределах проектных норм обеспечивает качественное выполнение перехода, безопасность и надежность его эксплуатации.

Для разработки подводных траншей применяются одно- и многоковшовые землечерпательные снаряды, землесосы, скреперные установки, а также средства малой механизации, связанные с водолазными работами. В некоторых случаях применяется взрывной способ разработки подводных траншей или ее отдельных участков [4]. Контроль качества на всех этапах разработки подводных траншей является важной задачей технического надзора.

Контроль геометрических параметров траншеи в настоящее время осуществляется простыми промерами глубины с плавсредств обычными лотами с тросами, мерными лентами, рейками, футштоками, металлическими трубами [3]. В некоторых случаях на земснарядах применяются измерители глубины отработки, кинематически связанные с механизмом опускания рабочей рамы (стрелы). Измерение вышеуказанными способами имеет ряд существенных недостатков, таких как прогиб и снос мерного прибора под напором течения воды, неконтролируемое погружение прибора в грунт и соскальзывание с бортов траншеи при большой их крутизне, малая производительность замеров и связанная с этим практическая трудность производства большого числа замеров по каждому профилю. Попытка применения серийных речных эхолотов [1] для контроля геометрических характеристик траншей не дала положительных результатов вследствие малой направленности действия. Подводное телевидение позволяет производить лишь качественную оценку состояния отдельных малых участков траншей и не дает представления об их размерах.

Наиболее приемлемым и перспективным способом определения геометрических параметров подводных траншей является способ, основанный на применении ультразвуковой локации (эхолотирование) с высокой направленностью действия. Принцип ультразвуколокационной съемки траншеи, реализованный кафедрой маркшейдерского дела Ленинградского горного института, состоит в следующем.

Звуколокатор устанавливается на плавсредство (моторную лодку), приемо-излучатель локатора закрепляется вертикально забортным устройством и вместе с лодкой равномерно перемещается поперек траншеи в заданном ее сечении по течению или против него (рис. 1). Импульсы упругих колебаний от акустического излучателя распространяются вертикально до поверхности, отражаются от нее и воспринимаются акустическим приемником. После преобразования и необходимого усиления в электронной части локатора отраженные сигналы

поступают на самописец, где фиксируются на равномерно перемещающейся электротермической бумажной ленте в виде отметок, в совокупности образующих сплошную контурную линию, соответствующую в определенном масштабе измеряемому профилю сечения траншеи. Вертикальный масштаб изображения постоянен и задается механизмом самописца, горизонтальный масштаб определяется соотношением скоростей

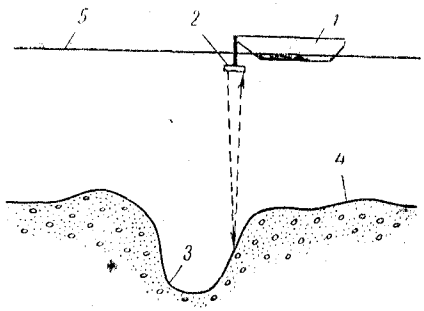


Рис. 1. Звуколокационная съемка подводных траншей: *1* — плавсредство с локатором; *2* — акустическая система; *3* — контур траншеи; *4* — дно водоема; *5* — поверхность воды

перемещения локатора и продвижения в самописце бумажной ленты. Таким образом, на эхограмме записывается поперечный профиль траншеи в известных масштабах. Опыт применения дражных и карьерных звуколокаторов, созданных лабораторией электроакустических методов ЛГИ [2], показал возможность их использования при контроле траншей шириной свыше 5 *м*, проходящих на глубинах до 10 *м* (рис. 2, *а*).

При малой ширине траншеи, находящейся на больших глубинах, на основной профиль накладывается ложный, что затрудняет обработку эхограмм, а борта траншеи регистрируются с большими искажениями (рис. 2, *б*).

В результате анализа материалов съемки траншей и проведения экспериментальных исследований были определены оптимальные электроакустические параметры для создания макета специального траншейного ультразвуколокационного профилографа ТПЗ. В 1967 г. был создан макет с пьезокерамической акустической системой, рассчитанный на рабочую частоту 175 *кгц* при увеличенной направленности действия (до 6°). Акустическая система связана с забортным

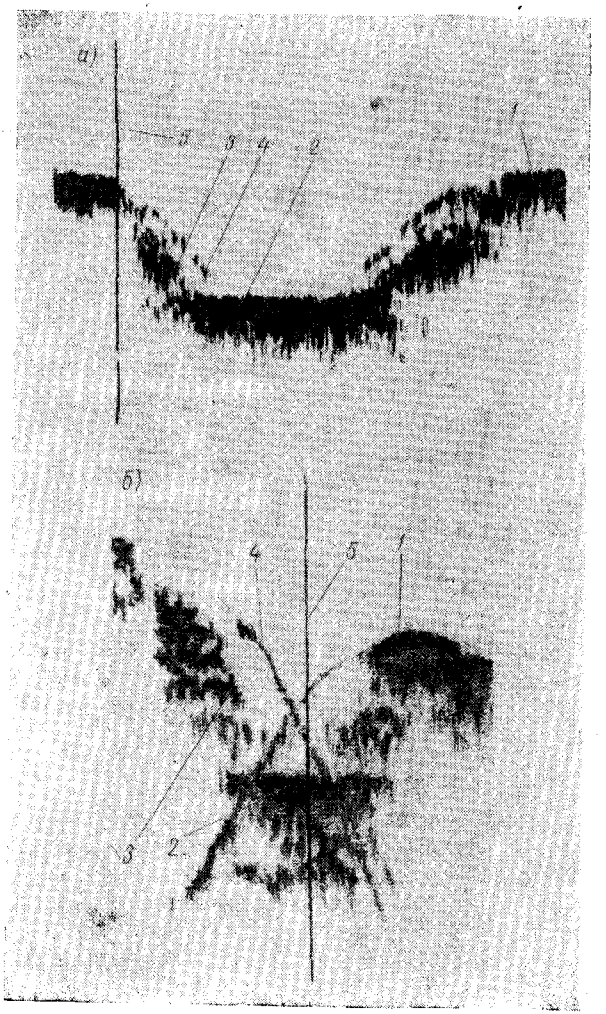


Рис. 2. Эхограммы поперечных профилей траншеи, запись звуколокатором на частоте 22 *кгц*: *1* — дно водоема; *2* — дно траншеи; *3* — борт траншеи; *4* — ложный контур; *5* — оперативная отметка створа по проектной оси траншеи

устройством шарнирно. Оси вращения шарниров расположены взаимно перпендикулярно, что позволяет значительно ослабить влияние бортовой и килевой качки на отклонение продольной оси приемоизлучателя от вертикали. Усилительный тракт звуколокатора выполнен по схеме с преобразованием частоты, что позволило значительно повысить усиление отраженных сигналов и производить запись контура при небольшой излучаемой мощности. Для записи профилей траншеи применен стандартный самописец барабанного типа с диапазоном записываемых глубин 0—20 *м* в масштабе 1 : 100.

При испытаниях прибора в производственных условиях была произведена съемка траншеи для второй нитки перехода через р. Волгу. Привязка поперечных сечений к осевому створу перехода осуществлялась теодолитом. Для привязки на правом берегу были разбиты три створа: один по оси траншеи, два боковых на расстоянии 15 *м* от осевого. В местах съемки поперечных сечений траншеи выставлялись буйки, положение которых определялось методом прямых засечек с берегового базиса. Лодка с локатором, равномерно перемещаясь по течению, пересекала все три установленных створа. Моменты пересечения створов осью акустической системы фиксировались на эхограммах в виде вертикальных оперативных отметок. На эхограммах (рис. 3) четко зафиксировались: дно *4*, контуры траншей *1*, нулевая линия *2* и линии оперативной отметки *3*, что обеспечивает получение надежных данных. Вертикальные размеры профилей легко получить по измерениям интересующих мест на эхограмме. Отсчет показаний берется по внутренней кромке профиля.

При измерении глубины до дна траншеи от поверхности воды отсчет ведется от верхней кромки нулевой линии эхограммы, к полученному результату прибавляется величина заглубления акустической системы, которая устанавливается перед съемкой в пределах 20÷50 *см*. Горизонтальные размеры определяются умножением измеренных отрезков на горизонтальный масштаб, величина которого находится из соотношения зафиксированного на эхограмме расстояния между оперативными отметками створов l и расстоянием между ними в натуре L

$$m = \frac{l}{L}.$$

При равномерном перемещении звуколокатора горизонтальный масштаб постоянен для каждого поперечного профиля.

Продольный профиль подводной траншеи (рис. 4) строится графически в выбранном масштабе по отметкам дна на эхограммах поперечных профилей, расстояние которых от берегового базиса определено теодолитом, дальномером либо радиолагом. Число записанных поперечников выбирается, исходя из условия требуемой степени приближения построенного продольного профиля к натурному. Для его построения требуются лишь отметки дна траншеи, поэтому запись полных поперечных профилей необязательна. Достаточно произвести запись дна траншеи в местах пересечения поперечников с осевым створом траншеи, что значительно сокращает время записи.

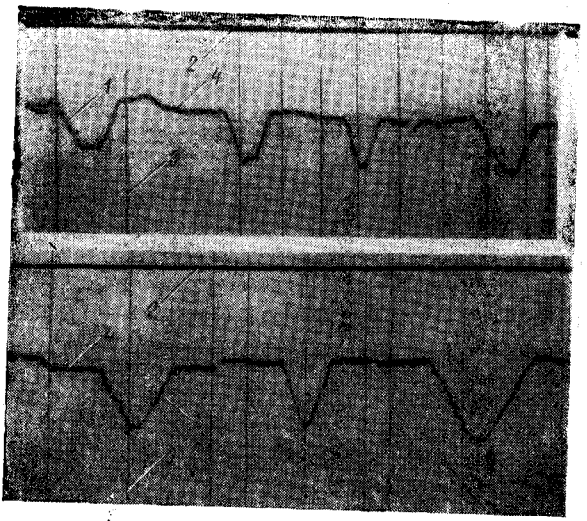


Рис. 3. Эхограммы поперечных профилей траншеи, запись ультразвуковым профилографом: *1* — профили траншеи в различных сечениях; *2* — нулевая линия эхограммы; *3* — оперативные отметки створов

Построение продольного профиля дает возможность установить его соответствие проектному, а также выявить реальные его уклоны.

Звуколокатор ТПЗ может быть использован как для съемки с целью контроля готовой траншеи, так и с целью технологического контроля в процессе ее разработки земснарядом. В последнем случае звуколокатор следует устанавливать на

103141

Л Г И
Библиотека

земснаряде, а его акустическая система должна равномерно перемещаться вдоль кормы по направляющим. В результате может быть записан ряд контрольных поперечных профилей траншеи в процессе ее углубления и при необходимости определен объем отработанного грунта для учета производительности земснаряда. Контроль положения дюкера, уложенного в траншею до засыпки, может быть осуществлен аналогичным образом, с записью на эхограмму контура поперечного сечения.

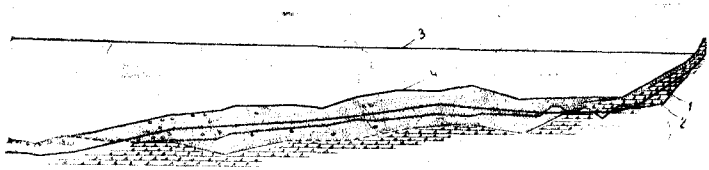


Рис. 4. Продольный профиль перехода: *1* — дно траншеи по проекту; *2* — дно траншеи по поперечникам, снятым ультразвуковым профилографом; *3* — уровень воды; *4* — дно водоема

Применение ультразвуколокации для контроля подводно-технических сооружений позволяет повысить качество подводных работ, снизить их себестоимость, значительно упрощает проводимые измерения, повышает их точность и достоверность. Дальнейшее усовершенствование звуколокатора должно пойти по пути решения вопросов, связанных с продольным профилированием траншей, определением мощности слоя породы засыпки дюкера, автоматизацией привязки звуколокационных профилей (особенно на больших акваториях), необходимой для определения их пространственного положения и горизонтального масштабирования эхограмм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доманевский Н. А. Новый метод промерных работ. «Речной транспорт», № 11, 1955.

2. Казаковский Д. А. и др. Применение звуколокационной съемки в маркшейдерском деле. В кн.: «Маркшейдерское дело в социалистических странах». Недра, 1964.

3. Левин С. И. Проектирование и строительство подводных трубопроводов. Гостоптехиздат, 1960.

4. Шор Л. Д. Индустриализация подводно-технических работ при строительстве магистральных трубопроводов. Гостоптехиздат, 1961.