

Использование эффектов магнитного поля для определения местоположения бурового инструмента при прокладке подземных коммуникаций

Бабушкин В.В.
ФКК Digital Control Russia
venheads@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены практические аспекты использования эффектов магнитного поля, его горизонтальных и вертикальных составляющих при определении положения бурового инструмента.

Ключевые слова: горизонтальное направленное бурение, локационная система

Горизонтальное направленное бурение (ГНБ) — управляемый бестраншейный метод прокладки подземных коммуникаций, основанный на использовании специальных буровых комплексов (установок). Можно выделить три основных преимущества метода ГНБ.

Производственно-технический аспект: возможность бестраншейного строительства под реками, в условиях плотной жилищной застройки, сокращение сроков производства работ.

Финансово-экономический аспект: уменьшение сметной стоимости строительства трубопроводов за счет сокращения сроков производства работ, затрат на привлечение дополнительной рабочей силы и тяжелой землеройной техники, отсутствие затрат на восстановление поврежденных участков автомобильных и железных дорог.

Социально-экологический аспект: сохранение природного ландшафта и экологического баланса в местах проведения работ, минимизация негативного влияния на условия проживания людей.

Одним из важнейших аспектов проведения работ горизонтально направленного бурения является локационная система. Система представляет собой устанавливаемый в буровую головку датчик и приемник. Приемник – получает сигнал от датчика и преобразует его в данные: направление буровой головки, ее глубина, наклон и положение по оси вращения.

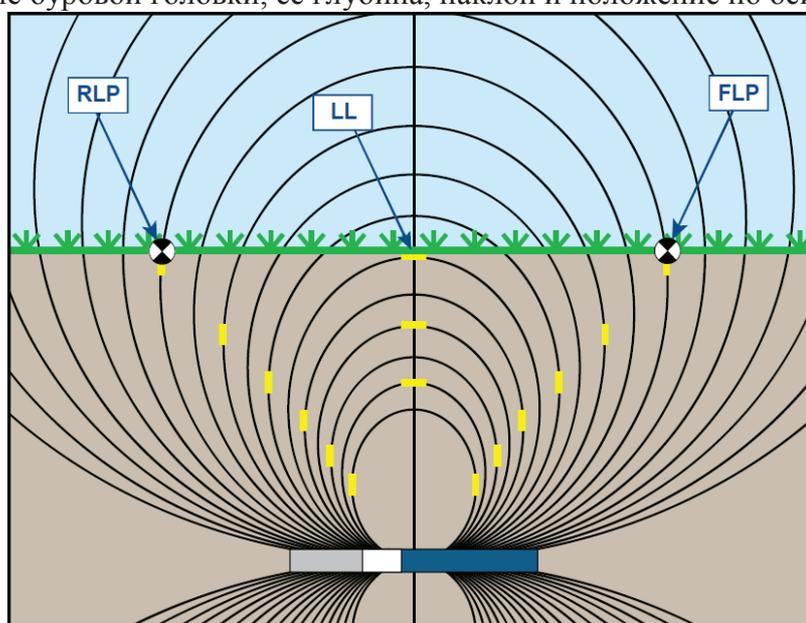


Рисунок 1. Электромагнитное поле и геометрия точек FLP, RLP, LL

Одной из особенностей зонда локационной системы ГНБ является генерация магнитного поля. Как видно из рисунка 1, линии вертикальной составляющей магнитного поля пересекаются с землей в двух точках – передней (Forward Location Point – FLP) и задней (Rear Location Point – RLP). Точки равноудалены от центра зонда. Ввиду особенностей магнитного

поля, испускаемого зондом, на одной и той же высоте находятся только 2 точки, которые находятся на линии пересечения с землей и лежат вдоль оси зонда. В свою очередь, линия локации (Location line – LL) представляет собой множество точек пересечения горизонтальной составляющей магнитного поля с поверхностью земли.

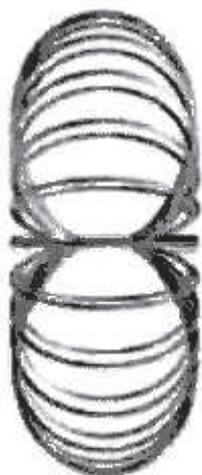


Рисунок 2. Изображение силовых линий магнитного поля

Вертикальная составляющая магнитного поля даёт нам только один возможный вариант построения прямой, пролегающей через RLP и FLP. Линия локации, являющаяся перпендикуляром к этой линии, даёт нам точку (см. рисунок 3), которая при нулевом угле наклона зонда, располагается над центром зонда. Сила сигнала, испускаемого зондом в этой точке, будет показывать реальную глубину зонда.

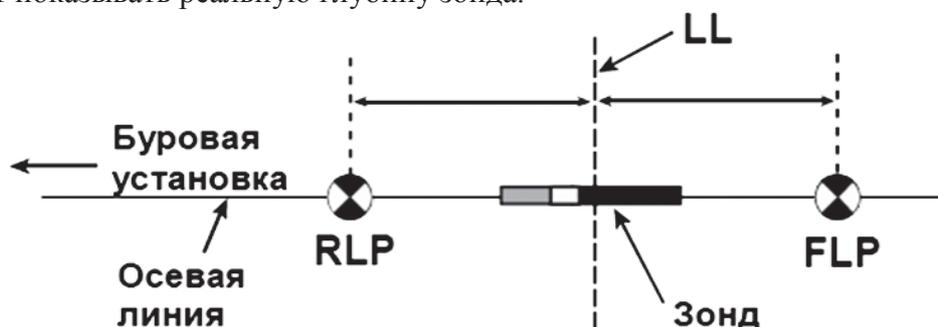


Рисунок 3. Вид на зонд сверху

В силу формы поля сигнала зонда (линий магнитной индукции) в случае, если продольный угол наклона зонда составляет более $\pm 17^\circ$ и/или его глубина составляет или превышает 4.6 м, линия локации будет располагаться впереди или сзади от реального положения зонда (рисунок 4). Реальную глубину зонда и носовую/кормовую поправку можно вычислить с использованием специальных таблиц.

В случае нахождения приемника над геометрическим центром зонда, расстояние до буровой головки определяется по силе сигнала, испускаемого передатчиком. В случае смещения геометрического центра зонда относительно местонахождения приемника глубина определяется по силе сигнала с учетом поправочного коэффициента. При отсутствии помех, значения глубины выдаваемые приемником имеют незначительную погрешность, порядка 1 – 2%. Помехи могут привести к снижению радиуса действия зонда или к показу неточных результатов измерений и могут послужить причиной снижения темпов выполнения работ. Помехи могут возникать от двух различных видов источников: от активных и пассивных.

Активные помехи, которые также называются электромагнитной интерференцией или шумовым фоном, могут оказывать на локационное оборудование воздействия различного

рода. Большинство электрических устройств генерируют электромагнитные сигналы, которые могут оказать влияние на возможность точной локации зонда или на получение качественной информации о продольном угле наклона / положении по оси вращения. К источникам активной интерференции относятся, среди прочего, контуры светофоров, подземные ограждения для собак, системы катодной защиты, радиокommunikационные устройства, высокочастотные установки, телевизионные кабели, оптико-волоконные кабели, коммунальные цифровые сети, системы безопасности, электрокабели, телефонные кабели.

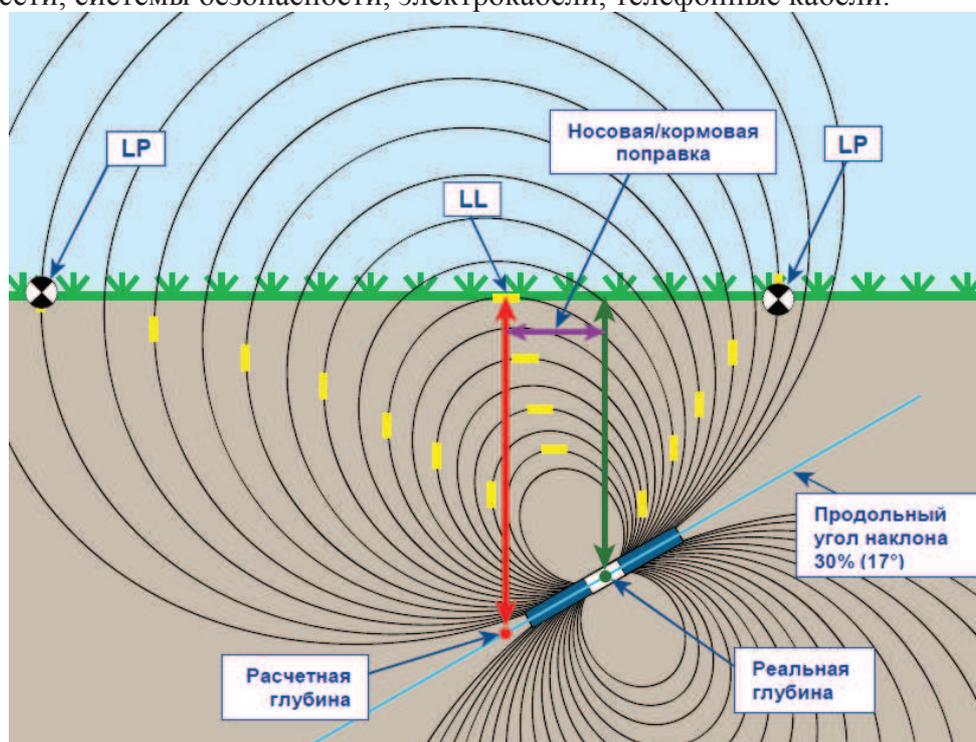


Рисунок 4. Взаимосвязь между расчетной и реальной глубиной. Носовая/кормовая поправка при значительной глубине и продольном угле наклона зонда

Пассивная интерференция может снизить качество получаемого от зонда сигнала, что приводит к большим, чем ожидаемые, показаниям глубины или к полной блокировке сигнала. Примерами пассивной интерференции являются металлические объекты (такие как трубы, арматура, обкладка траншей, металлические ограждения или автомобили). Другими примерами пассивных помех могут служить соленая вода/соляные купола, токопроводящие породы, такие как железная руда. Наилучшим методом идентификации источников пассивных помех является подробное изучение места проведения работ до начала буровых работ.

Одним из самых действенных видов определения типа помех является замер глубины, с использованием локационной системы на заранее известной отметке. Выдача данных больше действительных свидетельствует о пассивных помехах. Сигнал зонда ослабляется преградой, и приемник, на основании этого, делает вывод, что источник сигнала находится на большем расстоянии. При наличии активных помех, они накладываются на сигнал зонда, усиливая его, таким образом приемник делает вывод, что при высокой силе сигнала источник сигнала находится ближе к нему.

После определения типа помех встает задача их ослабления или нейтрализации. В случае наличия пассивных помех есть две наиболее действенные меры нивелирования интерференции. Первая – это выбор низкой частоты генерации магнитного поля, 1,3 – 1,5 кГц [1]. Каждая система локации ГНБ имеет несколько рабочих частот, обычно это 19 кГц, 12 кГц, 1.3 кГц [2]. Практика показывает, что частоты порядка 1,3 – 1,5 кГц позволяют получать сигнал с минимальными искажениями.

Вторым способом является уход приёмника с текущей линии магнитного поля на линию выше. Как показано на рисунке 1, зонд испускает магнитное поле, генерируя линии с расширяющимся радиусом. Возможна ситуация, когда текущая линия проходит с искажениями через преграду, тем самым выдавая ошибочную информацию о местонахождении зонда. При поднятии приемника над уровнем земли идет перехват линии магнитного поля с большим радиусом, не пересекающей преграду. В этом случае сигнал доходит до приемника без существенных искажений и передает информацию о текущем положении буровой головки с допустимой погрешностью.

При наличии активных помех необходимо в первую очередь найти наиболее подходящую частоту для текущей трассы. Для этого локатор, работающий на прием нескольких частот, несколько раз проносят вдоль предполагаемой трассы бурения. Во время прохождения трассы записывается уровень активных помех, отображаемых на экране приемника как сила сигнала. Сила сигнала, отображаемая на экране приемника при выключенном зонде, является уровнем активных помех на данной частоте. Частоты с наименьшими активными помехами являются предпочтительными.

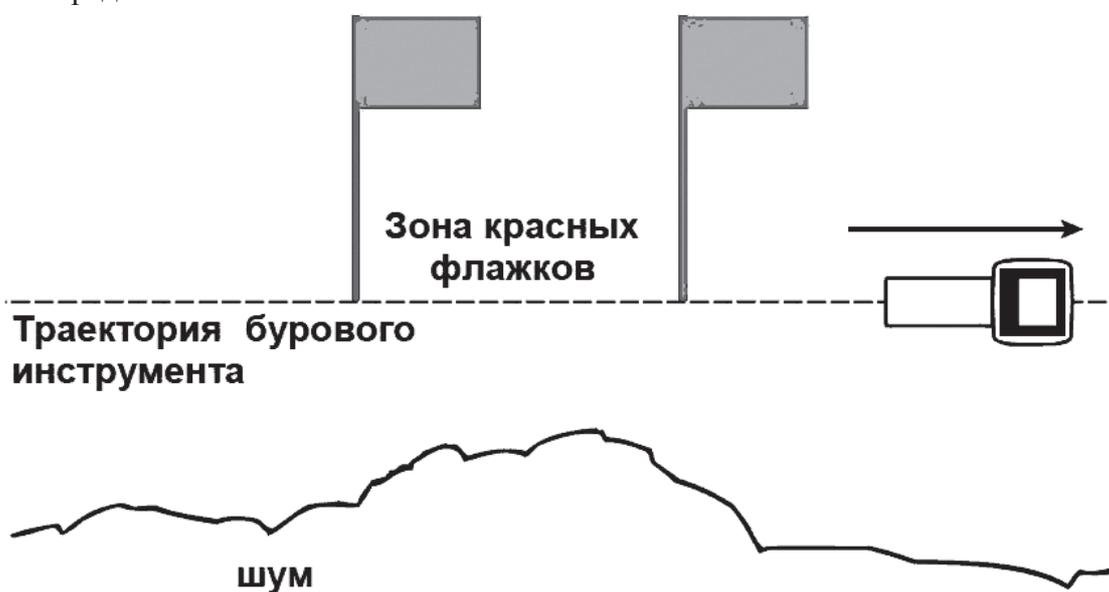


Рисунок 5. Проверка трассы на наличие активных помех

На рисунке 5 представлен пример прохождения трассы с целью измерения уровня активных помех. Зона красных флажков является участком, с наибольшими активными помехами, на котором необходимо проверять данные приемника косвенными измерениями, т.к. как расчет глубины по изменению угла и длины трассы. Зная изменения угла на каждой буровой штанге, длину и количество штанг, можно высчитать предполагаемую глубину и сравнить ее с данными локатора.

Другим вариантом нивелирования негативного эффекта активных помех является использование особо мощных зондов. Использование таких зондов позволяет проводить работы на глубинах и в условиях, недоступных обычным зондам. В то же время стоит заметить, что использование таких зондов имеет ряд минусов. Нестандартный размер зонда требует нестандартную буровую головку, что связано с дополнительными затратами. Вторым минусом является повышенное энергопотребление зонда, что требует специальных дорогостоящих элементов питания.

Литература

1. <http://trenchlessonline.com/index/webapp-stories-action/id.2739/title.hdd-locating-errant-signals>
2. <http://digital-control.com/products/f5/f5-features>