



# ПАССИВНЫЕ ПОМЕХИ В ГОРИЗОНТАЛЬНО НАПРАВЛЕННОМ БУРЕНИИ: НАУКА ПОБЕЖДАЕТ

(По результатам исследований ООО «НАГОВИЦЫН ИНЖИНИРИНГ»)

**Работа локационных систем ГНБ вблизи фундаментов, трубопроводов, под железобетонными плитами вызывает много вопросов и чревата многими ошибками позиционирования буровой головки с зондом под землей. В результате моделирования, глубокого анализа искажений магнитного поля зонда в буровой головке и использования принципов калибровки по двум точкам разработана методика существенного повышения точности позиционирования буровой головки под землей. Методика проверена на практике при проведении буровых работ в условиях большого скопления железобетонных изделий по трассе бурения.**

Можно ли верить данным локатора системы ГНБ при скоплении внешних факторов, влияющих на точность его показаний? Наличие вблизи объекта линий электропередач, линий электротранспорта или других источников электромагнитных излучений зачастую приводит к потере данных на дисплее локатора. Вместе с тем, обилие железобетона, трубопроводов или металлоконструкций вблизи трассы бурения приводит к ошибкам навигации и может быть причиной непреднамеренного повреждения уже действующих подземных коммуникаций.

При горизонтально направленном бурении трудно решить задачу точного определения местоположения буровой головки вместе с измерительным зондом под землей при наличии неизвестной совокупности пассивных помех, представляющих собой и трубопроводы, и фундаменты, и железобетонные колодцы, да и просто зарытый строительный мусор, содержащий куски арматуры, обрезки труб и другой металлический хлам. Определенные трудности представляет собой бурение под железобетонными плитами.

Характеристики пассивных помех определяют степень искажения «идеального» магнитного поля зонда в окружающем пространстве.

Целью предлагаемых вашему вниманию исследований явилась попытка обобщить и обосновать те приемы и способы борьбы с пассивными помехами, которые появились благодаря практическому опыту наших заказчиков, проведенным экспериментам и математическому моделированию влияния помех.

## **Виды искажения магнитного поля вокруг зонда ГНБ**

Несмотря на то, что ферритовая антенна измерительного зонда в буровой головке генерирует переменное магнитное поле, форма силовых линий такой антенны полностью соответствует форме силовых линий постоянного магнита, известных еще со школьных уроков физики. Отличия заключаются в частичном поглощении энергии переменного магнитного поля в ферромагнетиках и в электропроводных средах.

## *«Идеальная» форма магнитных силовых линий зонда*

Важной особенностью силовых линий является их осевая симметрия в свободном пространстве. Симметрия искажается при наличии вблизи от зонда неоднородностей среды ферромагнитного характера. Так же на форму и величину магнитных силовых линий зонда влияет электропроводность окружающей среды. На поле постоянного магнита электропроводные свойства окружающей среды не влияют.

## *Влияние ферромагнитных материалов на форму магнитных силовых линий зонда*

К ферромагнитным неоднородностям среды в нашем случае мы отнесем все, что содержит в той или иной степени железо – трубопроводы, железобетонные фундаменты и колодцы, любые металлические конструкции, находящиеся вблизи трассы бурения.

Способность ферромагнитных материалов концентрировать силовые линии магнитного поля определяется параметром «магнитная проницаемость» ( $\mu$ ). Для железа этот коэффициент достигает 2 000-3 000 единиц. Для представления характера искажений поля зонда (или магнита) более важен параметр «относительная магнитная проницаемость» ( $\mu^c$ ), связанная с коэффициентом заполнения ферромагнетиком рассматриваемой области, в частности вокруг металлического трубопровода. Чем больше диаметр анализируемой области вокруг, например, трубопровода, тем меньше относительная магнитная проницаемость рассматриваемой области и тем меньше ее влияние на форму магнитного поля зонда.

Градиентное изменение  $\mu^c$  для окрестностей любой точки рассматриваемой области приводит к плавным искажениям формы силовых линий магнитного поля зонда. Вдали же от источника пассивных помех магнитное поле вновь становится симметричным, хотя и ослабленным.

## Влияние пассивных помех на положение точек локации и максимума напряженности поля

### Отклонение положения точек локации в присутствии пассивных помех

Искажения однородности магнитных силовых линий зонда под влиянием пассивных помех приводит к сдвигу или даже «размножению» точек локации поля (RLP, FLP). Результаты простого эксперимента с постоянным магнитом демонстрируют характер таких сдвигов. Точки локации незначительно, но всегда сдвигаются в сторону расположения пассивной помехи. В сложной помеховой обстановке вы не можете быть уверены, что пересечение линии локации (LL) с линией между точками локации (RPL, FLP) даст вам истинное положение зонда под землей.

### Напряженность магнитного поля зонда в присутствии пассивных помех

Было проведено математическое моделирование величины напряженности магнитного поля при наличии пассивной помехи. Результаты демонстрируют слабое влияние помехи на максимум напряженности поля над зондом. В расчетах использовался принцип подмены градиентного влияния относительной магнитной проницаемости  $\mu^c$  на вторичное излучение магнитного поля плоской проводящей ферромагнитной поверхностью. Для упрощения анализа предполагалось сугубо горизонтальное положение зонда под землей.

Было выявлено небольшое нарушение симметрии распределения напряженности магнитного поля над зондом, но максимум напряженности всегда оставался на месте.

### Обязательна ли калибровка локатора для измерения глубины зонда под землей?

Как известно, для получения при бурении точного значения глубины предварительно рекомендуется проводить процедуру калибровки локатора по одной точке, обычно это дистанция три метра. Недостаток процедуры в том, что пассивная помеховая обстановка может меняться с каждым метром прокола и для точности позиционирования необходимо было бы постоянно проводить такую калибровку. Кроме того, при сложной картине пассивных помех точки локации имеют свойство «гулять» или, еще хуже, «размножаться».

### Влияние изменения напряженности магнитного поля зонда на показания глубины локатором

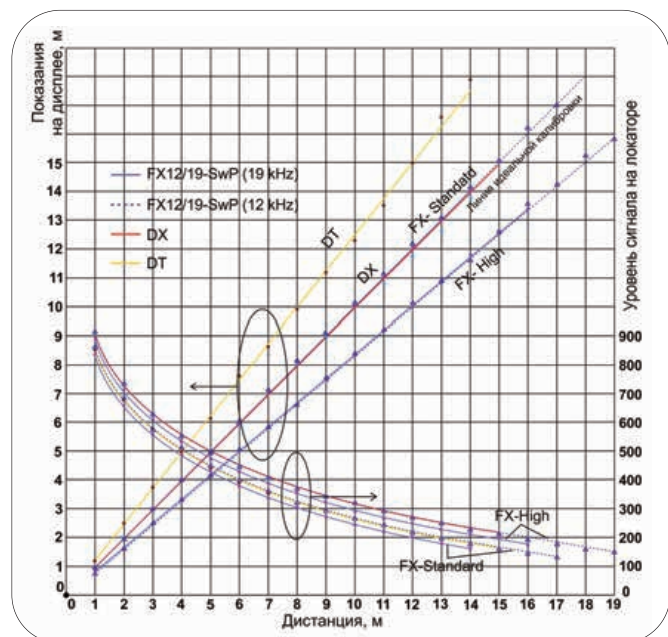
Для измерения глубины до буровой головки, если вдруг по причине влияния пассивных помех изменится уровень сигнала от зонда, можно использовать известный способ калибровки по двум точкам. В идеальных условиях и при идеальной калибровке показания локатора точно

соответствуют расстоянию от него до буровой головки. Но о чем свидетельствует ошибка показаний, если изменить магнитные свойства среды между зондом и локатором?

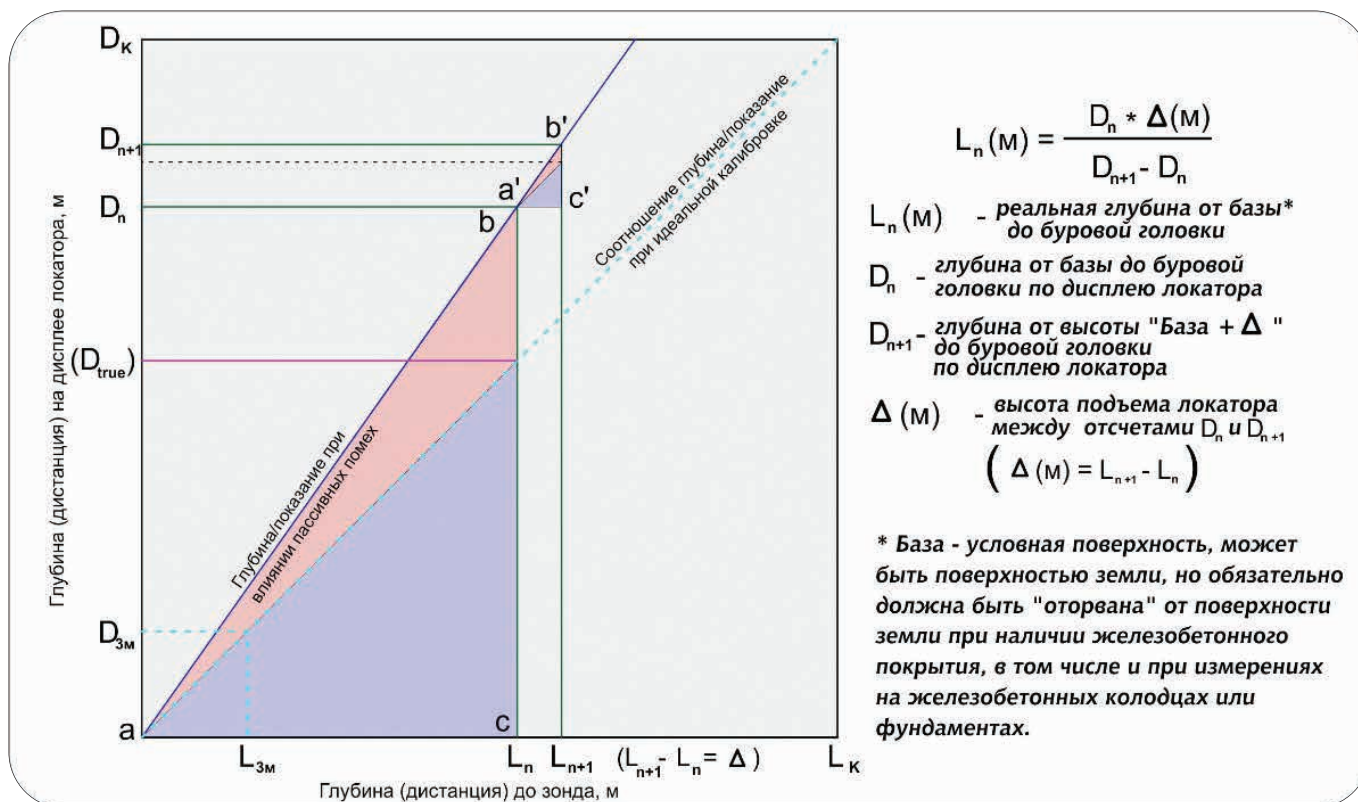
Был проведен ряд экспериментов для подтверждения результатов моделирования влияния среды на точность измерения глубины до зонда. Были использованы локационные системы серии MARK с зондами DX и DT, и серии F5 с двухчастотным зондом FX12/19 с переключаемой мощностью (модель SwP). Испытания проводились практически в идеальных условиях (поверхность или берег водоема – отсутствие активных и пассивных помех). Для системы MARK (частота 33 кГц) калибровка по одной точке осуществлялась только для зонда DX. Значения дистанции на дисплее для зонда DT (более слабый зонд) определялись при сохранении калибровки по зонду DX. Для зонда FX12/19-SwP (частота 12 кГц и 19 кГц) калибровка производилась на двух частотах в стандартном режиме мощности. Значения дистанции на дисплее F5 для режима HIGH работы зонда (повышенный уровень мощности) также измерялись для двух частот при сохранении калибровки по зонду в стандартном режиме мощности.

Основной вывод подтверждает результаты моделирования, что изменение мощности зонда (или – то же самое – условий окружающей среды) линейно влияет на ошибку показаний глубины на дисплее локатора.

**Таким образом, объединив прием нахождения положения зонда по максимуму поля с методом калибровки по двум точкам, но в его модернизированном виде (и без проведения собственно калибровки!), можно гарантированно определять точное местонахождение зонда под землей в присутствии любого вида и количества пассивных помех.**



Результаты экспериментов с зондами DX, DT и FX12/19-SwP



Графическое пояснение расчета глубины по методу подобия треугольников.

### Расчет реальной глубины положения зонда на основе показаний дисплея локатора

Используя метод подобия треугольников, можно «забыть» про необходимость калибровки локатора. Нужно только, стоя над зондом, иметь два значения показаний глубины для двух разных положений локатора по высоте над поверхностью земли. В этом случае действительное положение зонда по глубине рассчитывается очень просто. И не требует никакой дополнительной калибровки!

Последовательность измерений следующая: отсчет показаний глубины на уровне базы, подъем локатора на величину  $\Delta(m)$ , второй отсчет показаний глубины по дисплею локатора. Далее простое вычисление или быстрая оценка реальной глубины. Удобно выбирать значение  $\Delta(m)$  равное одному метру, но не обязательно, при бурении под плитами  $\Delta(m)$  может быть и меньше метра для «отрыва» от поверхности плит.

### Заключение

Выражаю благодарность сотрудникам челябинского «Водоканала», с чьей помощью был впервые опробован предлагаемый вашему вниманию метод повышения точности глубины бурения. Надеюсь, что результаты нашей работы позволят обрести больше уверенности при выполнении буровых работ в условиях влияния непредсказуемых пассивных помех.

**ВАШИ УСПЕХИ – НАША ПРИОРИТЕТНАЯ ЗАДАЧА !**



Александр Наговицын  
 ООО «НАГОВИЦЫН ИНЖИНИРИНГ»  
 www.gnb-e.ru +7 912 302-3332

## МНЕНИЕ



**А. И. Брейдбурд - Президент МАС ГНБ, генеральный директор ООО «Нефтегазспецстрой» (г. Казань)**

За более чем 20-ти летнюю историю эксплуатации техники и технологии ГНБ в Российской Федерации для безтраншейного строительства трубопроводов различного назначения без внешней экскавации грунта подрядчиками ГНБ построены сотни километров подземных коммуникаций, в том числе на территориях мегаполисов и городов в условиях плотной городской застройки и сложной сигнально-помеховой обстановки, обусловленной действиями целого комплекса активных и пассивных помех различного происхождения. Все это, а также

большое число ранее проложенных трубопроводов различного назначения делает чрезвычайно актуальными вопросы повышения точного позиционирования буровой головки на этапе пилотного бурения по технологии ГНБ.

Разработка методик производства работ в этих условиях, равно как и создание программных и аппаратных средств их реализации являются чрезвычайно актуальными и оказывают существенное влияние на динамику внедрения техники и технологии ГНБ в практику современного подземного строительства, прежде всего на территориях городов, других населенных пунктов и промышленных предприятий.

Предложенная в настоящей статье методика, несомненно, позволит увеличить параметры соответствия плано-высотного положения инсталлированных трубопроводов по технологии ГНБ проектным параметрам. Это, в свою очередь, позволит повысить достоверность документирования результатов работ и, как следствие этого, снизить риски аварийных ситуаций при безтраншейном строительстве в будущем.

**Компания ООО «НАГОВИЦЫН ИНЖИНИРИНГ»** – один из ведущих игроков российского рынка навигационных систем для ГНБ и практические результаты их очередной разработки, приведенные в настоящей статье, являются еще одним рельефным подтверждением этого.

