

ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ПРОКАЛЫВАЮЩЕЙ ГОЛОВКИ В ГРУНТЕ

Супонев В.Н.¹, Чепусенко Е.А.¹,

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. При формировании горизонтальных скважин методом статического прокола грунта для бестраншейной прокладки инженерных коммуникаций под препятствиями при длине пролетов более 15–20 м возникает необходимость коррекции траектории движения прокалывающего рабочего органа с традиционным конусным наконечником. В работе раскрываются технические возможности по управлению траекторией прокола с помощью прокалывающего рабочего органа с адаптированной формой наконечника и созданной телеметрической системой для определения координат положения головки в грунте.

Ключевые слова: бестраншейные технологии, статический прокол грунта, инженерные коммуникации, прокалывающая головка, коррекция траектории движения.

Введение

Во время горизонтально направленного прокола грунта малогабаритными установками статического действия возникает необходимость корректировать траекторию движения рабочего органа. Отклонения рабочего органа с конусным наконечником могут происходить по разным причинам: неточным расположением установки относительно оси в начале прокола; при встрече рабочего органа с некоторым слоем более плотного грунта; за счет изгиба длинной штанги и т.д. Поэтому корректировка траектории прокола необходима и поиск его эффективных решений актуален.

Анализ публикаций

Общие закономерности процессов прокола грунта и формирования горизонтально направленных скважин выложены в работах [1–3]. Результаты исследований влияния конструктивных параметров рабочего органа на процесс прокола грунта и его интенсификацию представлены в работах [4–7]. Влиянию кривизны траектории скважины на процессы прокладки в них коммуникаций посвящены работы [8, 9]. Анализ существующих систем управления движением прокалывающих рабочих органов в грунте показал, что на сегодняшний день широкое применение получили электромагнитные, лазерные и кабельные методы локации таких известных производителей, как Digi Trax, Spot-d-Nek, Pipe Hawk GPR и другие [2]. Но это достаточно сложные, габаритные и дорогие устройства, которые не эффективны для работы малогабаритных установок статического действия в стеснённых городских условиях.

Цель и постановка задачи

Целью работы является обоснование возможности выполнения оперативной коррекции траектории прокола грунта с помощью прокалывающего рабочего органа с адаптированным наконечником и телеметрической системой определения его координат.

Управление процессом статического прокола грунта

Установлено, что если форму наконечника прокалывающей головки будет возможным оперативно изменять и вращать, то можно будет корректировать траекторию ее движения в грунте [11, 12]. Процесс движения рабочего органа и его изменение положения в пространстве путём оперативного изменения формы наконечника представлен на схеме (рис. 1). Решение этого вопроса позволит повысить гарантированную точность формирования скважины и расширить сферу применения высокоэффективного метода статического прокола грунта с дистанции пролетов с 15–20 м до 100 м.

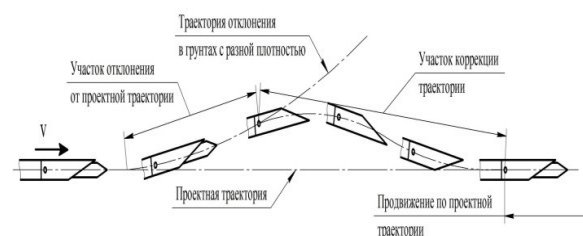


Рис. 1. Принцип коррекции траектории движения головки в грунте / The principle of motion trajectory of correction movement heads in the soil

Из представленной схемы видно, что для прямолинейного прокола грунта применимы только симметричные рабочие органы, для коррекции прокола – головка со скошенной поверхностью. Для реализации процесса силовая установка должна иметь два независимых привода – на осевую подачу головки и её подачи с вращением.

Эффективное управление процессом коррекции возможно при постоянном контроле, как по координатам положения рабочего органа в грунтовом пространстве, так и ориентации его асимметричного наконечника относительно проектной оси скважины.

Телеметрическая система для определения положения прокалывающей головки в грунте и её экспериментальная проверка

Существующие методы определения положения прокалывающего органа являются сложными в своей реализации, требуют дополнительных расчетов, имеют большие габариты, дорогостоящие, энергозатратные, работают в низкочастотном диапазоне и имеют малую помехозащищенность.

В настоящей работе для определения координат буровой головки предложено использовать телеметрическую систему иного вида, которая имеет свое решение ряда вышеперечисленных проблем.

В предлагаемой системе передача информации осуществляется с помощью Wi-Fi модулей [13–16], которые располагаются как внутри буровой головки, так и у принимающего устройства на поверхности грунта. При использовании приемо-передающего устройства в виде Wi-Fi модулей линия связи может быть трех видов.

Первый вид – это традиционная линия связи в виде подповерхностной среды распространения электромагнитного излучения, несущего информацию о координатах буровой головки к приемнику, расположенному на земной поверхности.

Вторым видом может быть волноводная линия передачи, у которой в качестве круглого волновода, соединяющего передающую и приемную части системы, может служить полая металлическая штанга установки статического действия, к которой подсоединяется буровая головка.

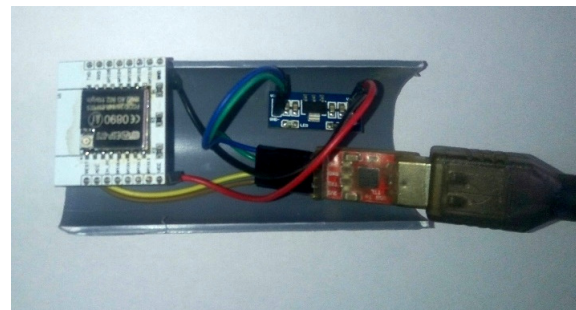
Третьим видом линии связи может быть коаксиальный кабель, который протягивается внутри полой металлической штанги.

Степень затухания информационного электромагнитного сигнала в данных линиях связи зависит от электрофизических параметров грунта, глубины залегания прокладываемых труб в грунте, диаметра и длины труб. Поэтому для уверенного приема информационного сигнала выбирается способ передачи информации с той или иной линией связи.

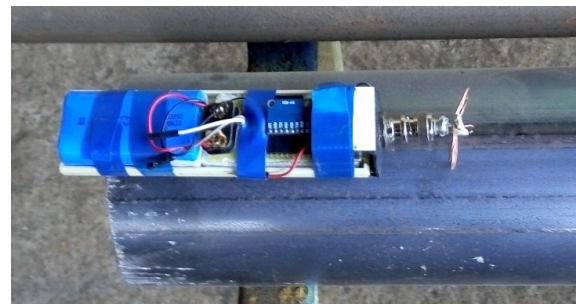
Известно, что волноводную линию передачи можно использовать, когда длина распространяющейся по волноводу электромагнитной волны меньше критического значения. Для круглых волноводов с внутренним радиусом R это значение равно $3,14 R$ [17].

В случае, когда длина волны $\lambda > 3,14 R$, можно использовать кабельное соединение. Для $\lambda < 3,14 R$ можно использовать волноводную линию передачи.

Конструкция используемых приемо-передающих Wi-Fi модулей имеет коаксиальные выводы, которые позволяют, в зависимости от выбранного типа связи, без труда подключить кабель либо возбуждающее в волноводе волну устройство или передающую и приемную антенны для передачи информации непосредственно через грунт (рис. 2).



а



б

Рис. 2. Внешний вид макетов модулей приемо-передающей системы / The appearance of layout modules, receiver-transmitter system: а – приёмник; б – передатчик

Определение координат пространственного положения головки бура осуществляется с помощью трехосевого гироскопа и трехосевого акселерометра. Используя данные с обоих датчиков, мы получаем точные координаты в градусах.

На рис. 3 изображено пространственное положение буровой головки в зависимости от отклонения по трем осям.

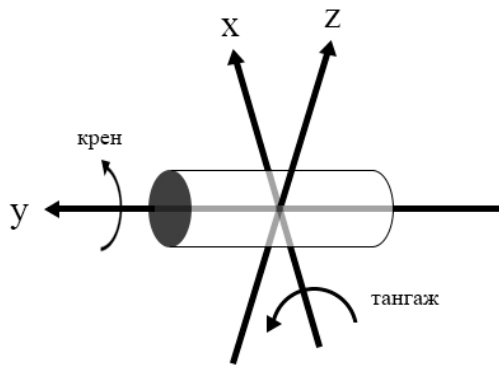


Рис. 3. Пространственное положение буровой головки / Spatial position of drilling heads

Перед тем как поместить передатчик в головку бура, необходимо откалибровать гироскоп и акселерометр. После завершения калибровки передающее устройство помещается в головку бура.

Передатчик представляет собой колбу, в которую помещены Wi-Fi модуль, микроконтроллер, аккумулятор, трехосевой гироскоп, трехосевой акселерометр, система стабилизации электропитания, коаксиальный вывод.

Структурная схема телеметрической системы изображена на рис. 4.



Рис. 4. Структурная схема телеметрической системы / Block diagram of the telemetry system

Рассмотрим принцип работы измерительной системы при использовании грунта как среды распространения. Передача информации от передатчика на поверхность к приемнику осуществляется с использованием технологии Wi-Fi, которая работает на частоте 2,4 ГГц.

Для этого в прокалывающий орган помещают передатчик с подсоединенным к нему излучателем.

Для электромагнитного излучения в головке специально прорезаны щели, которые выполняют функцию щелевых передающих антенн. Приемник, который расположен на поверхности, принимает электромагнитное излучение от передатчика с помощью рупорной антенны. По уровню принимаемого сигнала можно определить местонахождение прокалывающей головки в грунте. При нахождении пика сигнала можно указать, где именно расположена головка. Информацию об угловых отклонениях от траектории движения обеспечивают датчики передатчика (акселерометр и гироскоп) путем модуляции несущих колебаний информационным сигналом.

Был проведен ряд экспериментов по нахождению расположения головки бура в грунте по уровню сигнала. Для этого в приямке были сделаны горизонтальные отверстия на глубине 1 м и 1,6 м. Затем в головку был помещен передатчик с излучателем всенаправленного действия (рис. 5). В горизонтальные отверстия проталкивался рабочий орган на неизвестное расстояние.



Рис. 5. Головка бура, в которую вставлен передатчик / The drill head, into which you have inserted your transmitter

С помощью приемника, расположенного на поверхности, измерялся уровень принимаемого сигнала от передатчика. Измерения проводились через каждые 10 см от края приямка, как показано на рис. 6.

В результате проведенных экспериментов были получены данные уровня принимаемого сигнала на глубине 1 м (рис. 7) и 1,6 м (рис. 8).



Рис. 6. Условная трасса прокола с шагом измерений в 10 см / Conditional route puncture in increments of 10 measurements in cm

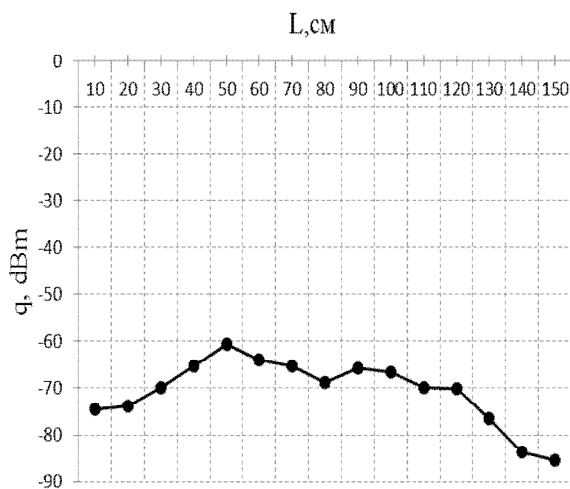


Рис. 7. График зависимости уровня принимаемого сигнала от расстояния на глубине 1 м / Dependency Graph signal strength from a distance at a depth of 1 m

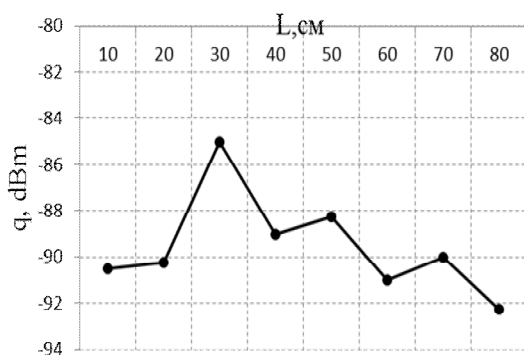


Рис. 8. График зависимости уровня принимаемого сигнала от расстояния на глубине 1,6 м / Schedule of dependence of signal strength from a distance L at a depth of 1.6 m

Исходя из полученных данных, можно увидеть, на каком расстоянии был принят максимальный уровень сигнала. Действительно, в этих точках находилась прокалывающая головка.

Полученная приемником информация с датчика положения выводится на дисплей, в виде углов отклонения по трем осям и графическим индикатором. Эта информация дает оператору визуализацию пространственного положения буровой головки в грунте. По этим координатам оператор определяет, насколько градусов отклонилась головка от заданной трассы по какой-либо плоскости. При отклонении головки от допустимых норм проводится коррекция до тех пор, пока прокол не выйдет на заданную трассу без отклонений. Так как прямо-передающая система Wi-Fi имеет мощность 100 мВт, для грунтов с каменными включениями в передатчик между модулем и излучателем дополнительно устанавливается усилитель, который позволяет увеличить мощность передаваемого сигнала.

Рассмотрим методику определения координат буровой головки при использовании кабельного соединения. Данная методика используется в случае, когда выполняется условие $\lambda > 3,14R$ для выбранного диаметра прокладываемой трубы. Суть методики заключается в способе передачи информации от передатчика, размещенного в буровой головке в грунте, на поверхность к приемнику с использованием коаксиального кабеля. Передатчик, который имеет коаксиальный выход, подключается к специальному коаксиальному разъему на задней втулке и помещается в буровую головку. С другого конца коаксиального разъема к передатчику подключается коаксиальный кабель от приемного Wi-Fi модуля, который также имеет коаксиальный вход.

Заданная трасса условно делится на участки по 5 метров, что соответствует длине круглых волноводов, которыми являются штанги установки статического действия. Таким образом, передатчик напрямую соединяется с приемником коаксиальным кабелем. При прохождении участка трассы в 5 метров прокола буровой головкой к коаксиальному кабелю, который находится в первой штанге, через специальный коаксиальный разъем подключается новый кабель, расположенный во второй штанге, и прокол продолжается. Операция повторяется, пока прокол не дойдет до конца трассы.

Определение координат положения буровой головки осуществляется с помощью трехосевого акселерометра, трехосевого гироскопа и магнитометра. Полученные данные с датчика положения передаются приемнику на поверхность с использованием коаксиального кабеля, который протягивается внутри полой металлической штанги.

Уровень затухания электромагнитного сигнала в коаксиальной линии передачи оценивался с помощью коаксиального аттенюатора, который последовательно подключался между коаксиальными выходом и входом передающей и приемной частей измерительной системы. Уровень принимаемого сигнала, в зависимости от вносимого коаксиальным аттенюатором ослабления, показан на рис. 9.



Рис. 9. Уровень принимаемого сигнала в зависимости от вносимого затухания коаксиальной линией / The attenuation level of the signal in a coaxial transmission line with a consistent attenuator connection

Из рисунка видно, что Wi-Fi система с коаксиальным кабелем с затуханием до 45 дБ обеспечивает примерно одинаковый уровень принимаемого сигнала.

Рассмотрим методику определения координат буровой головки при использовании волноводной линии передачи. Данная методика используется в случае, когда выполняется условие $\lambda < 3,14R$ для выбранного внутреннего диаметра штанги. В этом случае антенна передатчика возбуждает в круглом волноводе (штанге) волну типа H_{11} . Данная волна распространяется по волноводу и на другом конце волновода принимается приемным Wi-Fi модулем. По длине штанги можно судить о пройденном буровой головкой расстоянии, а датчики в передающей части системы дадут информацию об углах движения буровой головки.

Телеметрическая система с коаксиальной и волноводной линией передачи поддерживает стабильную передачу информации независимо от глубины прокола грунта.

Выводы

При отклонении прокалывающей головки от проектной оси скважины необходимо проводить коррекцию траектории её движения.

Для статического прокола грунта коррекцию траектории предлагается делать с помощью головки с асимметрическим наконечником и установки с независимыми приводами осевой подачи головки и её подачи с вращением.

Эффективное управление процессом коррекции возможно при постоянном контроле, как по координатам положения рабочего органа в грунтовом пространстве, так и ориентации его асимметричного наконечника относительно проектной оси скважины.

Существующие системы навигации движением буровых головок для машин горизонтально направленного бурения являются не эффективными для малогабаритных и относительно недорогих установок для статического прокола грунта, которые предназначены для работы в стеснённых городских условиях.

Проведенные исследования трёх видов линий связи с передающим устройством в виде Wi-Fi модулей подтвердили практическую возможность создания более простой и энергосберегающей измерительной системы установления пространственных координат прокалывающей головки при формировании скважины для бестраншейной прокладки подземных коммуникаций.

Литература

1. Супонев В. Н., Каслин Н. Д., Олексин В. И. Бестраншейные технологии прокладки распределительных инженерных коммуникаций. *Науковий вісник будівництва*. – 2008. - №49. – С. 213-217.
2. Руднев В. К., Кравец С. В., Каслин Н. Д., Супонев В. Н. Машины для бестраншейной прокладки подземных коммуникаций: учебн. пособие под ред. Руднева В. К. Харьков: ООО «Фавор», 2008. – 256 с.
3. Гусев И. В., Чубаров Ф. Л. Применение управляемого прокола грунта при бестраншейной прокладке труб. *Потенциал современной науки* № 2, 2014. – С. 30-33.
4. Рогачёв А. А. Обоснование конструктивных параметров и режимов работы исполнительного органа управляемой прокалывающей

- установки: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. тех. наук: спец. 05.05.06 «Горные машины». Тула, 2007. – 135 с.
5. Ленченко В.В. Выбор рациональных параметров снаряда при направленной прокладке скважины / Ленченко В.В., Меньшина Е.В., Меньшин С.Е. Доклад на симпозиуме «Неделя горняка – 2001». Семинар 20. – М., МГУ 29 янв.- 2 фев., 2001.
 6. Кравец С. В., Супонев В. М., Балесний С. П. Встановлення реакцій ґрунту і величини відхилення від осевого руху при його проколі асиметричним наконечником // *Автомобільний транспорт. Сборник научных трудов. Выпуск 41*, 2017. Харьков, ХНАДУ – С.155-163.
 7. Erez A. State-Of-The-Art-Review Of No-Dig Technologies for New Installations / Erez Allouche, Samuel Ariaratnam // American Society of Civil Engineers. – 2012. – 8 p.
 8. Chehab A. G. Moor I. D. One-dimensional calculation for axial pullback for axial pullback distributions in pipes during directional drilling installations *OttavaGeo.* – 2007. – P. 1140-1154.
 9. Huey D.P. Installation loading and stress analysis involved with pipelines installed in horizontal directional drilling / Huey, D.P., Hair, J.D., McLeod K.B. // North American Society for Trenchless Technology. – 1996. – 24 p.
 10. Bennett R.D. Horizontal Directional Drilling Good Practices Guidelines / Bennett, R.D., Ariratham, S.T. // NASTT. – 2008. – 10 p.
 11. Пат. 95501 Україна. Установка для керованого проколу ґрунту. Оpubл. 25.12.2014.
 12. Пат.116258 Україна. Пілотна ґрунтопроколююча головка для керованого проколу Оpubл. 10.05.2017.
 13. ESP-07S Datasheet. Технічна документація. – 15с. (http://wiki.aithinker.com/_media/esp8266/a018ps01.pdf).
 14. MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification. Технічна документація. – 52 с. (<https://www.invensense.com/wpcontent/uploads/2015/02/MPU-6000-Datasheet1.pdf>).
 15. MPU-6000 and MPU-6050 Register Map and Descriptions. Технічна документація. – 46 с. (<https://www.invensense.com/wpcontent/uploads/2015/02/MPU-6000-Register-Map1.pdf>).
 16. Росс Д. Wi-Fi. Беспроводная сеть / Д. Росс. – Санкт-Петербург: НТ Пресс, 2007. – 320 с.
 17. Гольдштейн Л.Д. Электромагнитные поля и волны / Л.Д. Гольдштейн, Н.В. Зернов. – М.: Сов. радио, 1971, 664 с.
 1. Супонев В. Н., Каслин Н. Д., Олексин В. И. Be-stranshejnye tekhnologii prokladki raspredelitel'nyh inzhenernyh kommunikacij. *Naukovij visnik budivnictva.* – 2008. - №49. – S. 213-217.
 2. Rudnev V. K. Kravec S. V., Kaslin N. D., Suponev V. N. Mashiny dlya bestranshejnoj prokladki podzemnyh kommunikacij: uchebn. posobie pod red. Rudneva V. K. Har'kov: ООО «Favor», 2008. – 256s.
 3. Gusev I. V., Chubarov F. L. Primenenie upravly-aemogo prokola grunta pri bestranshejnoj prokladke trub. *Potencial sovremennoj nauki* № 2, 2014. 30-33.
 4. Rogachyov A. A. Obosnovanie konstruktivnyh parametrov i rezhimov raboty ispolnitel'nogo organa upravlyaemoy prokalyvayushchej ustanovki: avtoref. dis. na soiskanie nauch. stepeni kand. tekhn. nauk: spec. 05.05.06 «Gornye mashiny». Тула, 2007. 135.
 5. Lenchenko V. V., Men'shina E. V., Men'shin S. E. Vybor racional'nyh parametrov snaryada pri napravlennoj prokladke skvazhiny. Doklad na simpoziume «Nedelya gornyaka – 2001». Seminar 20. – М., МГУ 29 янв.- 2 фев., 2001.
 6. Kravec' S. V., Suponev V. M., Balesnij S. P. Vstanovlennya reakcij grun-tu i velichini vidhilennya vid os'ovogo ruhu pri jogo prokoli asimetrichnim nakonechnikom Avtomobil'nyj transport. *Sbornik nauchnyh trudov. Vypusk 41*, 2017. Har'kov, HNADU – 155-163.
 7. Erez A. State-Of-The-Art-Review Of No-Dig Technologies for New Installations / Erez Allouche, Samuel Ariaratnam // American Society of Civil Engineers. 2012. 8.
 8. Chehab A. G. Moor I. D. One-dimensional calculation for axial pullback for axial pullback distributions in pipes during directional drilling installations *OttavaGeo.* 2007. 1140-1154.
 9. Huey D.P. Installation loading and stress analysis involved with pipelines installed in horizontal directional drilling / Huey, D.P., Hair, J.D., McLeod K.B. // North American Society for Trenchless Technology. 1996. 24.
 10. Bennett R.D. Horizontal Directional Drilling Good Practices Guidelines / Bennett, R.D., Ariratham, S.T. // NASTT. 2008. 10.
 11. Pat. 95501 Україна. Установка для керованого проколу ґрунту. Оpubл. 25.12.2014.
 12. Pat.116258 Україна. Пілотна ґрунтопроколююча головка для керованого проколу opubl.10.05.2017.
 13. ESP-07S Datasheet. Tekhnichna do-kumentaciya. –15. (http://wiki.aithinker.com/_media/esp8266/a018ps01.pdf)
 14. MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification. Tekhnichna do-kumentaciya. – 52. (<https://www.invensense.com/wpcontent/uploads/2015/02/MPU-6000-Datasheet1.pdf>)
 15. MPU-6000 and MPU-6050 Register Map and Descriptions. Tekhnichna dokumentaciya. –46s. (<https://www.invensense.com/wpcontent/uploads/2015/02/MPU-6000-Register-Map1.pdf>)
 16. Ross D. Wi-Fi. Besprovodnaya set'. / D. Ross. – Sankt-Peterburg: NT Press, 2007. – 320 .
 17. Goldstein LD Electromagnetic fields and waves / LD. Goldstein, N.V. Zernov.- M .: Owls. Ra-Dio, 1971, 664 .

References

Супонев Владимир Николаевич¹, к.т.н., доц. каф. строительных и дорожных машин, тел. +38 050-30-199-58,

e-mail: v-suponev@ukr.net

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Украина, Харьков, 61002, ул. Ярослава Мудрого, 25.

Чепусенко Евгений Александрович², аспирант каф. метрологии.

тел. +38095-575-03-45,

e-mail: eugene.chepusenko@yandex.ua

²Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Украина, Харьков, 61002, ул. Ярослава Мудрого, 25.

Telemetry system for determining the coordinates of the piercing head in the ground

Abstract. When forming horizontal wells with the method of static soil puncture for trenchless engineering communications under obstacles with a span of more than 15–20 m, it becomes necessary to correct the trajectory of the piercing working body with a traditional conical tip. It has been established that if the shape of the tip of the piercing head can be changed and rotated promptly, then it will be possible to correct the trajectory of its movement in the soil. The process of movement of the working body and the change of its position in space by quickly changing the shape of the tip is shown in the diagram (Fig. 1). The solution of this issue will allow to increase the guaranteed accuracy of well formation and expand the scope of application of the highly efficient method of static soil puncture from the span distance between 15–20 m and 100 m. In the proposed system, the transmission of information is carried out using Wi-Fi modules [13–15], which are located both inside the drilling head and at the receiving device on the ground surface. When using a transceiver in the form of Wi-Fi modules, the communication line can be of three types. The first type is the above-mentioned traditional communication line in the form of a multilayer electromagnetic radiation propagation medium carrying information about the coordinates of the drill head. The second type can be a waveguide transmission line, in which a hollow metal rod of a static-action installation can be used as a circular waveguide connecting the transmitting and receiving parts of the system to which the drilling head is connected. The third type of communication line may be a coaxial cable, which is pulled inside the hollow metal rod. The degree of attenuation of the informational electromagnetic signal in these communication lines depends on the electrophysical parameters of the soil, the depth of the pipes laid in the soil, the diameter and length of the pipes. Therefore, for reliable reception of the information signal, the method of transmitting information with a particular line of communication is chosen. The research conducted in the form of Wi-Fi modules with a transmitting device in the form of Wi-Fi modules

confirmed the practical possibility of creating a simpler and more energy-saving measuring system for determining the spatial coordinates of the piercing head when forming a well for trenchless installation of underground utilities.

Key words: trenchless technologies, static soil puncture, engineering communications, puncturing working body.

Vladimir Suponyev¹, PhD., Assoc. Prof.,

tel.: +38 050-30-199-58,

e-mail: v-suponev@ukr.net

¹Kharkiv National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudroho street, Kharkiv, 61002, Ukraine.

Yevhenii Chepusenko², Post-Graduate of Mechanical Faculty,

tel.: +38 095-575-03-45,

e-mail: eugene.chepusenko@yandex.ua

²Kharkiv National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudroho street, Kharkiv, 61002, Ukraine.

Телеметрична система визначення координат проколюючої головки у ґрунті

Анотація. При формуванні горизонтальних свердловин методом статичного проколу ґрунту для безтранишейного прокладання інженерних комунікацій під переешкодами за довжини прольотів більше 15–20 м виникає необхідність корекції траєкторії руху проколюючого робочого органу із традиційним конусним наконечником. Встановлено, що якщо форму наконечника проколюючої головки буде можливим швидко змінювати й обертати, то можливо буде корегувати траєкторію її руху у ґрунті. Вирішення цього питання дозволить підвищити гарантовану точність формування свердловини й розширити сферу застосування високоефективного методу статичного проколу ґрунту з дистанції прольотів від 15–20 м до 100 м.

У запропонованій системі передача інформації здійснюється за допомогою Wi-Fi модулів, які розташовуються як всередині бурової головки, так і біля приймаючого пристрою на поверхні ґрунту. При використанні приймально-передавального пристрою у вигляді Wi-Fi модулів лінія зв'язку може бути трьох видів.

Перший вид – це традиційна лінія зв'язку у вигляді багатошарового середовища поширення електромагнітного випромінювання, що несе інформацію про координати бурової головки.

Другим видом може бути хвилеподібна лінія передачі, у котрій в якості кругової хвилі, що з'єднує передавальну і приймальну частини системи, може слугувати порожниста металева штанга установки статичної дії, у котрій з'єднується бурова головка.

Третім видом лінії зв'язку може бути коаксіальний кабель, який протягується всередині по-

рожнистої металеві штанги. Ступінь затушення інформаційного електромагнітного сигналу в цих лініях залежить від електрофізичних параметрів ґрунту, глибини залягання труб, що прокладаються у ґрунті, діаметра і довжини труб. Тому для впевненого прийому інформаційного сигналу обирається спосіб передачі інформації з тією чи іншою лінією зв'язку. Процес руху робочого органу та його зміна положення у просторі відбуваються шляхом оперативної зміни кінцівки. Проведені дослідження трьох видів зв'язку з передавальним пристроєм у вигляді Wi-Fi модулей підтвердили практичну можливість створення більш простої й енергозберігаючої виміральної системи встановлення просторових координат проколюючої головки при формуванні свердловини для безтраншейної прокладки підземних комунікацій.

Ключові слова: безтраншейні технології, статичний прокол ґрунту, інженерні комунікації, проколююча головка, корекція траєкторії руху.

Супонєв Володимир Миколайович¹, к.т.н., доц. кафедри будівельних і дорожніх машин, тел. +38 099-378-04-51, e-mail: shasyana@gmail.com.

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Чепусенко Євгеній Олександрович², аспірант каф. метрології, тел. +38095-575-03-45, e-mail: eugeney.chepusenko@yandex.ua.

²Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.
