

**К.А. Биктимирова**

# **ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНО- НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ РАЗЛИЧНЫХ ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСОВ**

Горизонтально-направленное бурение – многоэтапная технология бестраншейной прокладки подземных инженерных коммуникаций при помощи специализированных мобильных буровых установок, позволяющая вести управляемую проходку по криволинейной траектории, расширять скважину, протягивать трубопровод. Бурение ведется под контролем систем локации и с использованием бентонитовых (полимерных) буровых растворов. Для беспрепятственного проведения строительных работ с использованием бестраншейных технологий, а именно горизонтально-направленного бурения, необходимо располагать данными о геологическом разрезе, гидрогеологических условиях (водоносных горизонтах и гидродинамических параметрах слагающих их пород с учетом сезонных колебаний), а также физико-механических свойствах пород по трассе сооружаемых подземных коммуникаций. Описаны методы изучения состояния породного массива непосредственно при строительстве различных подземных коммуникаций бестраншейным способом, а именно с помощью горизонтально-направленного бурения (ГНБ). Рассмотрены методы полевых инженерно-геологических исследований: статическое зондирование; динамическое зондирование; метод пенетрационного каротажа; метод закладных элементов (пассивно-прессиометрический).

Ключевые слова: бестраншейные технологии, горизонтально-направленное бурение (ГНБ), статическое зондирование, динамическое зондирование, вращательный срез, закладные элементы.

**П**роведение строительно-монтажных работ по прокладке или замене трубопроводов подземных коммуникаций в мегаполисах, таких как г. Москва, влечет за собой необходимость обеспечить безопасные и экономически-выгодные усло-

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 12. С. 222–224.  
© 2016. К.А. Биктимирова.

вия строительства. Наглядным примером единства новейших технологий и опыта прошлых лет среди бестраншейных технологий является метод горизонтально-направленного бурения (ГНБ).

Горизонтально-направленное бурение (horizontal directional drilling) – многоэтапная технология бестраншейной прокладки подземных инженерных коммуникаций при помощи специализированных мобильных буровых установок, позволяющая вести управляемую проходку по криволинейной траектории, расширять скважину, протягивать трубопровод. Бурение ведется под контролем систем локации и с использованием бентонитовых (полимерных) буровых растворов [1].

Для беспрепятственного проведения строительных работ с использованием бестраншейных технологий, а именно горизонтально-направленного бурения, необходимо располагать данными о геологическом разрезе, гидрогеологических условиях (водоносных горизонтах и гидродинамических параметрах слагающих их пород с учетом сезонных колебаний), а также физико-механических свойствах пород по трассе сооружаемых подземных коммуникаций.

Необходимость исследования состояния, состава и физико-механических свойств горных пород возникает при решении многих инженерно-геологических задач, геоэкологических исследованиях, изучении различных видов загрязнений геологической среды, изучении свойств техногенных отложений, радиоэкологических исследованиях и др. [2].

Для получения информации непосредственно в массиве или его основании исследования проводят в скважинах или путем задавливания специальных зондов (устройств). В зависимости от способа внедрения зонда в массив различают статическое и динамическое зондирование, вибронзондирование, а также их комбинации.

Сравнительно простым методом изучения состояния песчано-глинистых пород является статическое зондирование, по результатам которого судят об однородности техногенных грунтов, их физико-механических свойствах.

Статическое зондирование выполняют путем вдавливания в массив с постоянной скоростью специального зонда с одновременным измерением сопротивления отложений вдавливанию. В результате получают удельное сопротивление зондированию, равное общему усилию, приложенному к наконечнику, отнесенному к площади поперечного сечения наконечника,

а также сопротивление трению о боковую поверхность зонда или общее сопротивление отложений внедрению зонда.

Метод статического зондирования предусматривает использование стандартной головки зонда в виде конуса с диаметром основания 36 мм и углом раскрытия  $60^\circ$ , диаметр штанг 36 мм, скорость зондирования до 2 см/с.

За рубежом статическое зондирование выполняется установками «Гоуда», «Фугро» (Норвегия), «Боррос» (Швеция), «Геомил» (Финляндия–Швеция), «Ван-ден-Берг» (Голландия–США), «Пагани» (Италия) и др. Однако стоимость этих установок в разы превышает стоимость российского оборудования при сопоставимых технических данных [3].

Для предварительного оконтуривания зон породного массива можно использовать установки динамического зондирования, а детальный анализ состояния песчано-глинистых пород выполнять по результатам статического зондирования. Следует отметить целесообразность преимущественного применения динамического зондирования для исследования породного массива по трассе сооружаемого объекта, так как этот метод используют в основном при определении свойств раздельно-зернистых или маловодонасыщенных связных грунтов [2].

Динамическое зондирование конусом заключается в забивке (ударами молота) в массив зонда, представляющего собой колонну штанг, оканчивающихся инвентарным (извлекаемым по окончании испытания вместе со штангами) или съемным (остающимся в грунте) коническим наконечником-конусом. Диаметр основания конуса обычно больше диаметра штанг.

Глубину погружения (забивки) зонда от определенного числа ударов (залога) и числа ударов, затрачиваемых на интервал погружения зонда (обычно 10 см), называют показателями зондирования.

Большой цикл научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ привел к формированию нового направления исследований на стыке инженерной геологии и каротажной геофизики – созданию метода пенетрационного каротажа. Отечественная пенетрационно-каротажная станция, разработанная ВСЕГИНГЕО и СКБ «Геотехника», представляет собой вдавливающее устройство на транспортной базе высокой проходимости и аппаратурный комплекс, состоящий из измерительного зонда, приемопередающего устройства и полевого вычислительного комплекса. За рубежом используются установки с усилением задавливания зонда до 200 Кн фирм Гоуда, Фугро

(Голландия), Боррос (Швеция) и др. Эти установки, наряду с сопротивлением пенетрации (сопротивление погружению конуса), позволяют также определять поровое давление в водонасыщенных породах. Крыльчатое зондирование применяется для определения общего сопротивления сдвигу песчано-глинистых пород. Испытание заключается в срезе пород вращением вокруг продольной оси четырехлопастного наконечника, вдавленного в забой скважины. Срез породы происходит по цилиндрической поверхности. Во время испытания измеряют крутящий момент. Общее сопротивление сдвигу при полном заглублении лопастей определяют по формуле

$$\tau = M/B$$

где  $M$  – максимальный крутящий момент;  $B$  – постоянная, параметр крыльчатки, отражающий ее геометрические размеры.

Для крыльчатого наконечника постоянная  $B$  определяется из выражения

$$B = \frac{\pi D^2}{2} \left( \frac{D}{3} + H \right),$$

где  $D$ ,  $H$  – соответственно диаметр и высота крыльчатки.

Для комбинированного наконечника

$$B = \frac{\pi D^2}{2} \left[ \frac{1}{6} \left( D - \frac{d_{\text{кон}}^3}{D^2} \right) + H_{\text{кр}} \right],$$

где  $d_{\text{кон}}$ ,  $H_{\text{кр}}$  соответственно диаметр конуса и высота крыльчатки.

Для глинистых грунтов текучей и мягкопластичной консолидации из-за сложности, а в некоторых случаях невозможности отбора ненарушенных образцов подобные испытания являются практически единственным достоверным методом определения показателей их прочностных свойств.

Натурные измерения порового давления в глинистых грунтах обычно производят штанговыми пьезодинамометрами, позволяющими осуществлять как зондирование, так и стационарные измерения порового давления. В МГГУ разработана конструкция оголовков штанговых пьезодинамометров, обеспечивающая эффективное извлечение их и многократное использование при стационарных измерениях. Для одновременного измерения порового давления в точках, расположенных на различных глубинах, создана конструкция кассетного зонда, обеспечивающая двух- или трехкратное ускорение определения степени уплотнения глинистых слоев [3].

Для определения приведенного коэффициента сжимаемости тонкодисперсных слабоструктурных грунтов в МГИ была разработана методика, основанная на измерении смещения контура измерительных камер, которые создаются по способу ВНИИПромгаза. При использовании этого способа в исследуемых слоях в скважины помещают сферические или цилиндрические закладные элементы из растворимого материала (каменной соли), заключенные в эластичную водонепроницаемую оболочку (например, из латекса). После стабилизации петростатической нагрузки производят выщелачивание закладного элемента и затем определяют среднее смещение контура измерительной камеры (с помощью контроля объема вытесняемой воды или путем измерения объема камеры специальным каверномером).

Модуль деформации грунтов определяют из следующих соотношений:

для сферической камеры

$$E = \frac{r_0 H}{\Delta r} [\gamma(1 + \mu) - 3\gamma_B(1 - \mu)];$$

для цилиндрической камеры

$$E = \frac{r_0 H}{\Delta r} [\gamma(1 + \mu) - 2\gamma_B],$$

где  $r_0$  – начальный радиус камеры;  $\Delta r$  – смещение контура камеры;  $H$  – глубина заложения камеры;  $\gamma$  – плотность грунта;  $\gamma_B$  – удельный вес воды;  $\mu$  – коэффициент Пуассона грунтов.

Переход от модуля деформации  $E$  к компрессионному модулю  $E_{ок}$  и соответственно к величине приведенного коэффициента сжимаемости  $a_0$  производят по соотношению

$$E = E_{ок} \frac{(1 - \lambda)(1 + 2\lambda)}{1 + \lambda} = E_{ок} \beta' = \frac{\beta'}{a_0},$$

где  $\lambda$  – коэффициент бокового распора грунтов.

В формулах для расчета  $E$  учтено противодавление воды в камерах ( $\gamma_B H$ ). Коэффициент Пуассона  $\mu$  определяют из испытаний в стабилометрах через коэффициент бокового распора.

Предложенный метод по своей сущности является «пассивно-прессиометрическим». Его преимущество состоит в том, что процесс деформирования пород происходит при их реальном напряженном состоянии [5]. Область применения – слабые (сильносжимаемые) грунты.

Опережающее бурение зондировочных скважин позволяет предварительно оценить прочностные и деформационные характеристики песчано-глинистых пород в окрестности проходимых горизонтальных скважин.

Наличие достоверной инженерно-геологической и гидро-геологической информации, ее правильный учет и понимание помогут снизить риск возникновения технологических проблем и аварийных ситуаций таких как:

- потеря бурового инструмента;
- отклонения от проектной трассы бурения;
- обрушение скважины;
- выход бурового инструмента на поверхность, в водоем, в подземные сооружения и коммуникации по трассе бурения вследствие избыточного давления подачи раствора, недостаточной глубины покрытия;
- загрязнение грунтовых вод химическими и полимерными добавками к буровым растворам (полимеры, кальцинированная сода).

Наличие достаточного объема инженерно-геологических изысканий поможет избежать ошибок, не допустить удорожания строительства и сделать его экономически рентабельным.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гальперин А. М.* Геомеханика открытых горных работ: Учебник для вузов. – М.: Изд-во МГГУ, 2003. – 473 с.
2. *Гальперин А. М., Кутепов Ю. И., Кириченко Ю. В. и др.* Освоение техногенных массивов на горных предприятиях: Монография. – М.: Изд-во «Горная книга», 2012. – 336 с.
3. **СТО НОСТРОЙ 2.27.17-2011.** Прокладка подземных инженерных коммуникаций методом горизонтального направленного бурения. – М.: Изд-во «БСТ», 2012.
4. *Рыбаков А. П.* Основы бестраншейных технологий (теория и практика): Технический учебник-справочник. – М.: ПрессБюро №1, 2005. – 304 с.
5. *Гальперин А. М., Хачатурьян Н. С.* Авторское свидетельство СССР № 220196. Способ создания полостей в объемной модели. – Бюллетень изобретений № 20, 1968. **ФИАН**

#### КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

*Биктимирова Ксения Анатольевна* – аспирант, инженер ПТО, ООО «ЛОРС», МГИ НИТУ «МИСиС», e-mail: ksenia\_biktimirova@mail.ru.

**K.A. Biktimirova**

**ENGINEERING-GEOLOGICAL PROVISION  
OF THE HORIZONTAL DIRECTIONAL DRILLING  
WITH THE CONSTRUCTION OF THE DIFFERENT  
UNDERGROUND COMMUNICATIONS  
UNDER THE CONDITION OF THE MEGAPOLICE**

Horizontal directional drilling is multi-stage technology of the trenchless laying of the underground engineering communications with the help of special mobile drilling installations allowing to conduct the managing excavation on the curve path, expand well, extend the pipelines. Drilling is conducted under the control of the system location and using the bentonite (polymer) drilling solutions.

To conduct free building works with the using of the trenchless technologies, namely horizontal directional drilling, it is necessary to have data about the geological section, hydrogeological conditions (auriferous horizons and hydrodynamic parameters of the laying rocks taking into account the seasonal fluctuation), but also physical-mechanical properties of rocks on the path of the constructing underground communications.

There are described the methods of studying the condition of rock mass directly during the building of the different underground communications by means of the trenchless way, namely, with the help of the horizontal directional drilling (HDD).

There were considered the following methods of the field engineering-geological investigations: static probing; dynamic probing; method of the penetration logging; method of the mortgage elements (passive – passionate cutie).

Key words: trenchless technologies, horizontal directional drilling (HDD), static probing, dynamic probing, rotary cut, mortgage elements.

**AUTHOR**

*Biktimirova K.A.*, Graduate Student, Engineer, LORS,  
Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS»,  
119049, Moscow, Russia, e-mail: ksenia\_biktimirova@mail.ru.

**REFERENCES**

1. Gal'perin A. M. *Geomekhanika otkrytykh gornyykh rabot*: Uchebnyk dlya vuzov (Geomechanic of the surface mining: Textbook for high schools), Moscow, Izd-vo MGGU, 2003, 473 p.
2. Gal'perin A. M., Kutepov Yu. I., Kirichenko Yu. V. *Osvoenie tekhnogennykh massivov na gornyykh predpriyatiyakh*: Monografiya (Developing of the man-made massives at the mining enterprises: Monograph), Moscow, Izd-vo «Gornaya kniga», 2012, 336 p.
3. *STO NOSTROY 2.27.17-2011. Prokladka podzemnykh inzhenernykh kommunikatsiy metodom gorizontaln'ogo napravlennogo bureniya* (STO NOSTROY 2.27.17-2011. Laying of underground engineering communication by the method of horizontal directional drilling), Moscow, Izd-vo «BST», 2012.
4. Rybakov A. P. *Osnovy bestransheynykh tekhnologiy (teoriya i praktika)*: Tekhnicheskiy uchebnyk-spravochnik (Foundation of the trenchless technologies (theory and practice): Technical text-reference -book), Moscow, PressByuro №1, 2005, 304 p.
5. Gal'perin A. M., Khachaturs'yan N. S. *Copyright certificate USSR 220196*, 1968.