

УДК 624.138.002.5

## ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОТЯЖЕННЫХ НАКЛОННО-ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН С ПОМОЩЬЮ БУРОВЫХ МАШИН И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИХ НАВИГАЦИИ

© 2011 Е.В. Денисова, А.С. Кондратенко, В.В. Тимонин, А.И. Конурин

Институт горного дела СО РАН, г. Новосибирск

Поступила в редакцию 18.03.2011

Рассмотрены широко используемые в России технологии формирования наклонно-горизонтальных скважин и опыт их внедрения в строительную практику. Предложена инновационная технология сооружения подземных переходов, обеспечивающая улучшение технико-экономических показателей при ведении строительных работ. Представлен обзор существующих систем навигации для бестраншейных технологий прокладки подземных коммуникаций. Предложены новые подходы для практической реализации беспроводного информационно-измерительного комплекса, адаптированного под российские условия сооружения подземных переходов.

Ключевые слова: *горизонтальное бурение, ударная машина, разрушение, траектория движения, устройство поворота, система определения координат*

Для развития различных отраслей народного хозяйства, в особенности для горного дела и строительства, актуальным становится вопрос сооружения подземных переходов бестраншейными методами. В скважинах размещают коммуникационные линии, электрические кабели, трубопроводы различного назначения и т.п. В настоящее время для прокладки подземных каналов, в том числе и на городских территориях, часто применяются гидромеханические установки горизонтального направленного бурения. Работа таких установок основана на разрушении массива грунта направленными высоконапорными струями жидкости. Удаление из скважины разрушенного грунта осуществляется той же жидкостью. Использование таких установок в городских условиях связано с риском разрушения дорог, магистралей, других объектов, под которыми сооружаются скважины [1].

При реализации технологии продавливания в грунтовый массив стальной трубы с открытым передним торцом с помощью гидродомкратов или пневмомолотов [2], разрушенный грунт поступает во внутреннюю полость трубы. В процессе погружения неизбежно образуется

внутренняя грунтовая пробка, которая создает значительные сопротивления продвижению трубы в массиве. Для ее удаления применяются различные циклические способы, что заметно снижает производительность работы в целом. Даже в случае проходки на всю длину перехода, внутреннюю полость трубы необходимо очистить от переуплотненного грунта. Применение метода прокола и продавливания невозможно в геоматериалах повышенной прочности или с крупными твердыми включениями.

Анализ известных способов сооружения горизонтальных скважин в грунтовом массиве показывает, что одним из наиболее перспективных способов, позволяющих достичь высокой производительности и точности прокладки скважин, является бурение. Этот способ широко используется в мировой практике подземного строительства, так как позволяет механизировать основные технологические операции. Кроме того, вследствие экскавации грунта и минимального деформирования грунтового массива, энергоемкость процесса невелика. Институт горного дела является одним из основоположников бестраншейных технологий в нашей стране. На сегодняшний день в лаборатории подземных геотехнологий разработана и широко востребована технология сухого бурения с обратной экскавацией грунта [3].

Для формирования протяженных наклонно-горизонтальных скважин с помощью горных машин в геосредах повышенной прочности авторами статьи предложена технология, которая отличается от существующих тем, что вынос шлама производится по центральному каналу, а подача сжатого воздуха по пространству между обсадной

*Денисова Екатерина Вячеславовна, кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории горной геофизики. E-mail: slimthing@mail.ru*

*Кондратенко Андрей Сергеевич, кандидат технических наук, младший научный сотрудник лаборатории механизации горных работ. E-mail: kondratenkoas@yandex.ru*

*Тимонин Владимир Владимирович, кандидат технических наук, младший научный сотрудник лаборатории бурения. E-mail: timonin2005@ngs.ru*

*Конурин Антон Игоревич, аспирант. E-mail: akonurin@yandex.ru*

трубой и центральным каналом (рис. 1). В основе технологии лежит использование в качестве бурового снаряда пневматической ударной машины с центральным шламовым каналом и специальным породоразрушающим инструментом. Скважина защищена от обрушения наружной затягиваемой пластиковой трубой. Кроме того,

наружная труба образует с внутренней кольцевую магистраль для подачи энергоносителя в пневмоударную машину. Отработанный воздух остаточным давлением обеспечивает вынос разрушенных частиц по внутреннему трубопроводу. Вращение пневмоударной машины осуществляется также через внутреннюю трубу.

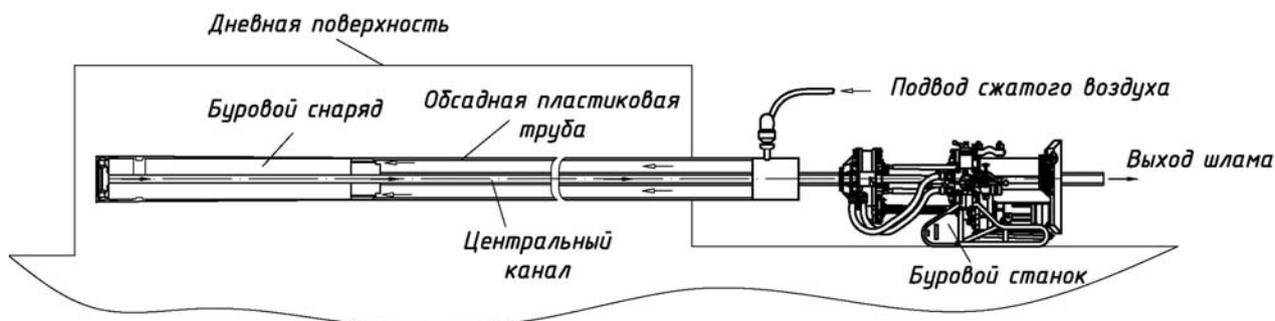


Рис. 1. Конструктивная схема разработанной технологии

Способ исключает возможность обвала стенок скважины по причине наличия в ней трубы-кожуха. При этом отпадает необходимость использования буровых растворов или иных мер для укрепления скважины. Ударно-вращательное бурение обладает широкими технологическими возможностями, невысокой энергоемкостью, и может быть реализовано посредством относительно несложных конструктивных решений.

Распространенным способом управления траекторией движения ударной машины является применение специальной ассиметричной буровой коронки [1]. Для осуществления управления движением машины в грунте оператору буровой установки необходима следующая информация: угол уклона – отклонение от горизонтальной линии сооружаемой скважины; направление уклона – отклонение от магнитного или географического севера (азимут); положение ассиметричной насадки – направление ее поворота относительно оси движения; глубину движения машины по отношению к поверхности земли. В настоящее время в российской практике бестраншейной прокладки подземных коммуникаций для определения положения ударной машины используется только импортное навигационное оборудование – система МАГстир (фирма *ImpactDrilling LTD*, Англия) и системы позиционирования MarkIII, IV, V, Eclipse (компании *Digitrack*, Германия) [1]. Анализ принципов построения данных технических средств показал, что:

- 1) для определения местоположения машины используют низкочастотную магнитную компоненту электромагнитного поля, что повышает помехоустойчивость, но ограничивает дальность действия систем.
- 2) практически все предложенные способы и устройства требуют размещения отдельных элементов на самой машине, которые подвергаются большому ударным нагрузкам.

Недостаточное внимание уделено разработке акустических методов навигации с использованием в качестве полезной информации излучаемого самой машиной акустического сигнала. Это позволило бы реализовать систему навигации без вмешательства в конструкцию рабочего органа машины. Для определения трехмерных координат ( $X, Y, Z$ ) ударной машины в породном массиве предлагается информационно-измерительный комплекс (рис. 2), в состав которого входят 5 каналов – один с ударной машины (а именно с датчика удара), и  $N$  ( $N \geq 4$ ) приемных блоков, каждый из которых состоит из сейсмоакустического датчика (например, акселерометра), устройства определения времени задержки и устройства передачи информации (трансивера). Приемные блоки и систему обработки информации (состоящую из устройства связи и ПК) располагают на поверхности земли. На рабочем органе ударной машины фиксируют датчик удара, сигнал с которого по беспроводному каналу поступает на устройство связи, также на это устройство поступают сигналы с четырех сейсмоакустических датчиков.

Сигнал с датчика удара является опорным, относительно него вычисляют четыре времени задержки:  $\Delta t_1 = t_1 - t_{уд}$ ,  $\Delta t_2 = t_2 - t_{уд}$ ,  $\Delta t_3 = t_3 - t_{уд}$ ,  $\Delta t_4 = t_4 - t_{уд}$ , где  $t_1 \dots t_4$  – время распространения акустического сигнала от ударной машины до соответствующего устройства определения времени задержки, а  $t_{уд}$  – время за которое сигнал с датчика удара поступит на устройство связи. В процессе работы ударной машины временные задержки изменяются  $\Delta t_1$  и  $\Delta t_2$  – от своего минимального значения к максимальному, а  $\Delta t_3$  и  $\Delta t_4$  уменьшаются от максимального значения до минимального. При движении машины по заданной траектории на одной глубине:  $\Delta t_1 = \Delta t_2$ ,  $\Delta t_3 = \Delta t_4$ , а  $\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 = const$ . При ее отклонении от оси движения вправо или влево:  $\Delta t_1 \neq \Delta t_2$ ,  $\Delta t_3 \neq \Delta t_4$ . В зависимости от знака неравенства между этими

величинами можно судить о направлении отклонения машины. Если ударная машина отклонилась от оси движения вниз, то:  $\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 < const$ , а если вверх, то  $\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 > const$ .

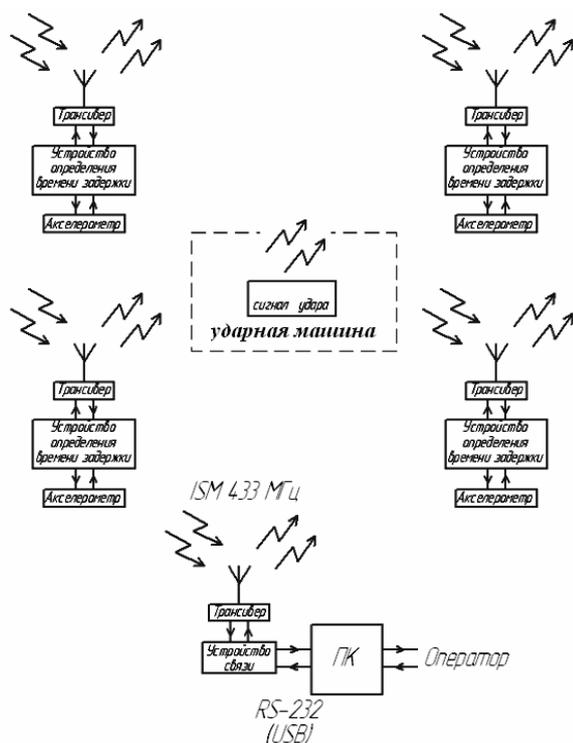


Рис. 2. Информационно-измерительный комплекс для определения трехмерных координат ударной машины в грунтовом массиве

На точность измерительного комплекса оказывают влияние различного типа неоднородности грунтового массива, так как при отражении упругих волн на границе раздела двух сред изменяется амплитуда и длительность ударного импульса.

Схемотехнически повысить точность измерения координат ударной машины с помощью указанного измерительного комплекса можно за счет увеличения числа приемных блоков. Тогда процесс вычисления координат будет происходить несколько этапов (для 5 датчиков – в 4 этапа, для 6 датчиков – в 10). В результате получают усредненные значения каждой из трех координат. Таким образом, можно снизить погрешность от внешних случайных помех и неоднородностей грунта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Рыбаков, А.П. Основы бестраншейных технологий – М.: Пресс Бюро, 2005. Т1. 304 с.
2. Кершенбаум, Н.Я. Проходка горизонтальных и вертикальных скважин ударным способом / Н.Я. Кершенбаум, В.И. Минаев. – М.: Недра, 1984.
3. Патент РФ на изобретение № 2344241. Способ бестраншейной прокладки подземных коммуникаций / Б.Б. Данилов, Б.Н. Смоляницкий // Оpubл. Б.И – 2009. – №2.

## EXTENDED INCLINED AND HORIZONTAL WELL DRILLING METHOD INVOLVING DRILLING MACHINES AND DRILLING MACHINE LOCATION INTELLIGENCE-AND-GAGE SYSTEM

© 2011 E.V. Denisova, A.S. Kondratenko, V.V. Timonin, A.I. Konurin

Institute of Mining, SB RAS, Novosibirsk

The discussion of the existent inclined and horizontal well drilling methods and their practical application in construction in Russia, as well as the review of the positioning systems widely used in trenchless underground services installation are followed with proposition of an innovative method for underground passages construction at higher engineering performance level and a intelligence-and-gage system design intended to locate an underground impact machine on-stream.

Key words: *percussion drilling, impact machine, rupture, motion path, turnaround device, location system*

Ekaterina Denisova, Candidate of Technical Sciences, Research Fellow at the Mining Geophysics Laboratory. E-mail: slimthing@mail.ru  
 Andrey Kondratenko, Candidate of Technical Sciences, Minor Research Fellow at the Mining Mechanization. E-mail: kondratenkoas@yandex.ru  
 Vladimir Timonin, Candidate of Technical Sciences, Minor Research Fellow at the Drilling. E-mail: timonin2005@ngs.ru  
 Anton Konurin, Post-graduate Student. E-mail: akonurin@yandex.ru