УДК 622.243.24

РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ ПОДЗЕМНОЙ ПРОКЛАДКИ ТРУБ В ТЕХНОЛОГИИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ (ГНБ) В ПОЛЬШЕ

Jan Ziaja (Ян Зяйя)

AGH University of Science and Technology, Drilling, Oil and Gas Faculty
A.Mickiewicza Av. 30, 30-059 Cracow, Poland,
phone +48126172215, e-mail: z i a j a @ a g h . e d u . p l

Метою даної роботи є вивчення технології проведення горизонтального буріння як одного із методів безтраншейного прокладання підземних систем труб. Описано технологію проведення горизонтального буріння з врахуванням її переваг, а саме: відсутність руйнування ґрунтового шару території буріння, час проведення робіт зведений мінімуму, монтаж обладнання для проведення операцій буріння набагато простіший порівняно з класичними технологіями, а кількість обладнання набагато менша. Також вказано на низку недоліків порівняно зі стандартними методами. Горизонтальне буріння знаходить широке застосування завдяки зниженню загальних витрат на інвестиції і збільшення рентабельності проектів. Наведено декілька найбільш цікавих проектів, реалізованих на території Польщі в 2005-2007 роках. Останніми роками з успіхом застосовують безліч безтраншейних технологій, кожна з яких має свої переваги і обмеження.

Ключові слова: горизонтальне буріння, безтраншейні технології.

Целью данной работы является изучение технологии проведения горизонтального бурения, как одного из методов бестраншейной прокладки подземных систем труб. Описанна технология проведения горизонтального бурения с учетом ее преимуществ, а именно: отсутствие разрушения поверхностного слоя местности, время проведения работ сведено к минимуму, монтаж оборудования для проведения операций по бурению намного проще, чем при классической технологи, а количество оборудования гораздо меньше. Также перечислен ряд недостатков по сравнению со стандартними методами. Горизонтальное бурение находит широкое применение благодаря снижению общих затрат на инвестиции и увеличение рентабельности проектов. Приведено несколько наиболее интересных проектов, реализованных на территории Польши в 2005-2007 годах. В последние годы с успехом применяют многие бестраншейные технологии, каждая из которых имеет свои преимущества и ограничения.

Ключевые слова: горизонтальное бурение, бестраншейные технологии.

The purpose of this work is to study the technology of horizontal drilling as one of the methods of underground trenchless pipe laying. The technology of horizontal drilling is described considering its advantages, namely: the absence of soil disturbance in the drilling area, the time of work is minimized, the equipment installation for drilling operations is much easier and quicker than of classical technologies, the number of equipment items is much lower. A number of disadvantages is also listed in comparison with the standard methods. Horizontal drilling is widely used due to reducing overall costs on investments and increasing the return on projects. Some of the most interesting projects implemented in Poland in 2005-2007 are given in this work. Over the last years many trenchless technologies have been successfully used, each of them has its advantages and limitations.

Keywords: horizontal drilling, trenchless technology.

Введение

Во всем мире эксплуатируются миллионы километров различного типа трубопроводов и каналов. В двадцатом столетии вода, газ, канализация, линии электропередачи, телефонные и интернетные линии стали повсеместно доступны не только для жителей больших городских агломераций, но и для жителей небольших сел и деревень.

В настоящее время процессы автоматизации и миниатюризации позволили разработать технологии строительства, проверки и реновации трубопроводов, представляющих собой альтернативу для используемых до настоящего времени традиционных открытых траншейных методов. Одной из таких используемых технологий является строительство подземной трубопроводной системы по технологии горизонтального направленного бурения (ГНБ).

Начало ГНБ (HDD) можно отнести к шестидесятым годам прошлого столетия, когда научная организация AT&T Bell Laboratories в США разработала первую ударную буровую установку, работающую на сжатом воздухе. В 1972 году эта технология была использована для строительства участка стального газопровода длиной 231,6м под рекой Пайджеро в Калифорнии. В Польше первое направленное горизонтальное бурение было выполнено в 1991 году под рекой Вислой в окрестости города Вроцлавка. Мировой рекорд по длине трубопровода в настоящее время составляет 3048 м. По данным DCA (Drilling Contractors Association) в странах Западной Европы на долю технологии направленного бурения приходится около 60-70% всех работ, выполненных по бестраншейной технологии. В Польше это соотношение достигает только 20%, однако это число постоянно растет, а инвесторы все чаще обращаются к ГНБ [10].

Таблица 1 – Сравнение трудоемкости традиционной технологии и ГНБ

Перечень работ	Классическая технология	Технология ГНБ
Земельные работы	очень большие	**минимальные**
Разрушение поверхности местности	максимальное	отсутствует
Безопасность для трубопровода	очень большая	средняя
Продолжительность работ	очень длительная	сведенная до минимума
Монтаж	трудоемкий	очень легкий
Необходимое оборудование	крупное оборудование	только специальное оборудование
Восстановление русла рек	полное	не требуется
Влияние метеорологических условий	значительное	минимальное
Влияние на природную среду	значительное	минимальное
Обременительность для окружения	большая	малая

Цель проведения ГНБ

Горизонтальное направленное бурение проводится с целью:

– преодоления естественных преград (гористые участки местности, болотные места, водные бассейны);

– обеспечения непрерывности движения и исключения помех на коммуникационных трактах (автомобильные дороги, трамвайные и железнодорожные пути, судоходные реки);

– прокладка подземных трубопроводов на урбанизированных территориях;

– исключения раскопки и перекладки технической инфраструктуры, встречающейся на пути прокладки трубопровода (подземные электрические и телекоммуникационные линии, телосети и т.п.);

– защиты от последствий нарушения траншеями окружающей среды а также культурных памятников (охрана природных парков, заповедников, музеев, старинных площадей, замков и т.п.);

– дренажа грунта (мелиорация, очистка почвы от загрязнений ее токсическими жидкостями, создание защитных экранов).

Использование горизонтальных скважин, по сравнению с укладкой трубопроводов традиционными методами, позволяет избежать многих проблем:

– технических (необходимость преодоления возвышенностей, перенос русла рек, закрытие подъездных дорог);

– формально-юридических (разрешения и согласования с различными отраслями);

– экономических (затрату на аренду больших площадей территории, возмещение торговым центрам и услуговым организациям возникших убытков, штрафы за деградацию природной среды);

– экологических (последствия деградации природной среды).

В пользу целевого использования буровой техники в строительстве подземных трубопроводных систем свидетельствуют дополнительно также такие факторы, как сокращение времени реализации инвестиции с использованием безтраншейных методов по сравнению с традиционными технологиями и увеличение срока эксплуатации подземных сетей (менее подвержены влиянию атмосферичных условий) по сравнению с наземными сетями.

Использование технологии ГНБ позволяет ограничить вмешательство в природную среду, сократить время преодоления естественных преград на местности и исключает необходимость восстановления берегов русла рек, а также обеспечивает целостность защитных валов от наводнений. Кроме того, эта технология характеризуется оптимальным использованием местных условий на территории (небольшая строительная площадка). Ее преимущества по сравнению с традиционной технологией представлены в таблице 1.

Техника бурения направленных скважин

Процесс бурения горизонтально направленных скважин в целом можно разделить на три этапа (рис. 1):

– бурение пилотной скважины;

– расширение скважины до запланированного диаметра;

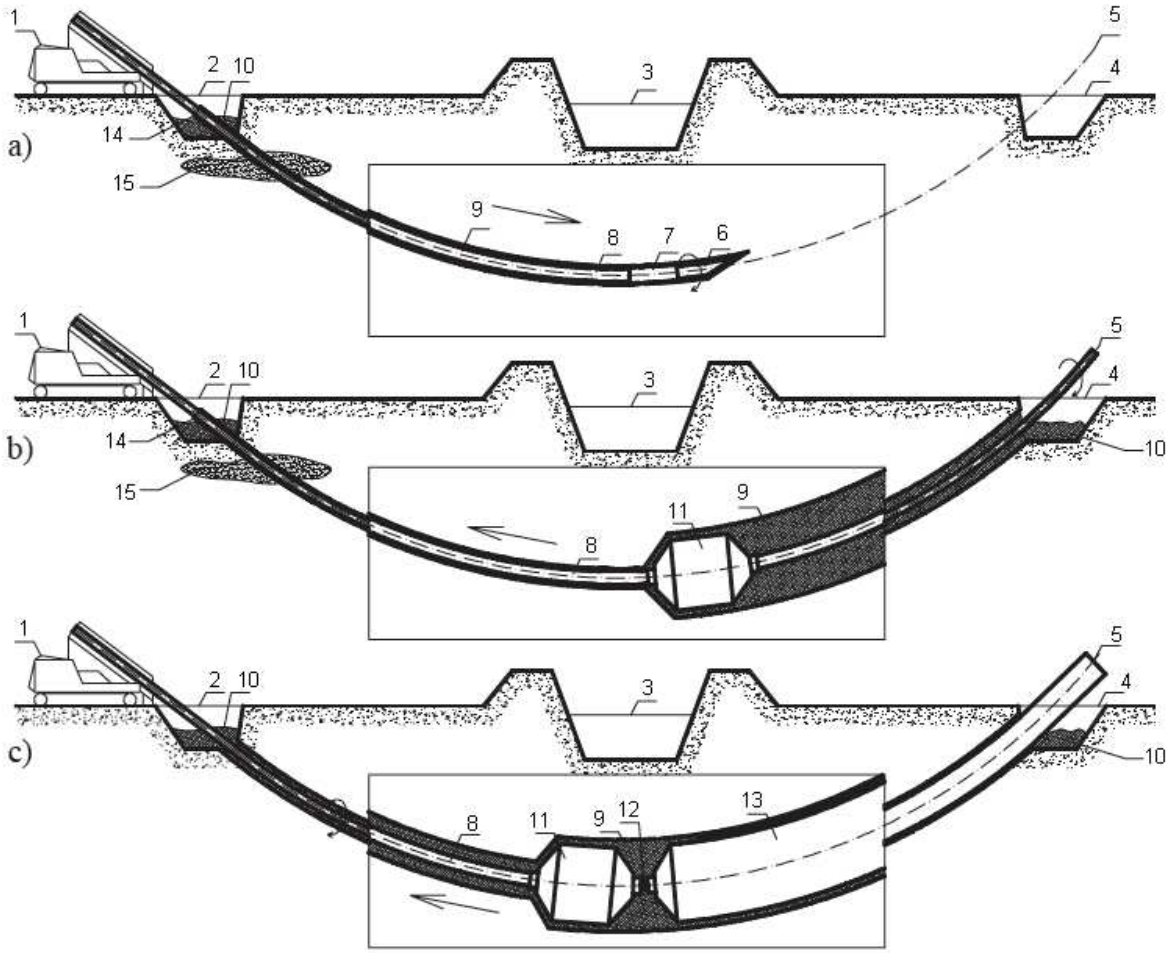
– протягивание рабочего трубопровода либо трубы-футляра.

Существуют также и другие техники проведения горизонтального направленного бурения, однако общая идея их одинакова.

Проектирование траектории оси горизонтальной скважины

Проектирование и бурение горизонтальных скважин требует как опыта в области санитарной инжинерии, так и подготовки в области бурового дела и геологии. Поэтому на кафедре бурового дела и геоинженерии на факультете бурового дела, нефти и газа AGH разработан ряд предложений и новых технологических решений, которые должны использоваться в ходе проектирования и выполнения горизонтально направленных скважин [3, 5].

Правильно подготовленный проект бурения горизонтальной скважины должен охватывать следующие задачи [3]:



a) пилотное бурение, b) расширение скважины, c) протягивание трубопровода;
1 – буровая установка, 2 – стартовый котлован, 3 – естественная преграда (река),
4 – приемный котлован, 5 – траектория скважины, 6 - буровая головка, 7 – измерительный зонд,
8 – буровые штанги, 9 – скважина, 10 – буровой раствор с горной выработкой, 11 – расширитель,
12 – вертлюг, 13 – протягиваемый трубопровод, 14 – труба-футляр (возможный вариант),
15 – прослойка песка, гравия, гальки

Рисунок 1 – Схема выполнения горизонтальной скважины по технологии ГНБ

– определение параметров закладываемого трубопровода (наружный и внутренний диаметр, длина прокладки, вид материалов, из которых изготовлены трубопровод и изоляционное покрытие);

– анализ геологических, гидрогеологических и морфологических условий, наличие и вид наземной и подземной технической инфраструктуры, встречающейся на трассе планируемой скважины;

– определение профиля буровой скважины, количества этапов расширения, допустимых отклонений от точности ее выполнения;

– выбор бурового оборудования, буровых инструментов, инструментов для расширения и прокладки трубопроводов, а также измерительных систем;

Определение технологии приготовления бурового раствора и технологии бурения (выбор бурового раствора, нагрузка на буровую штангу и трубопровод во время его прокладки, ортимизация механических и гидравлических параметров технологии бурения).

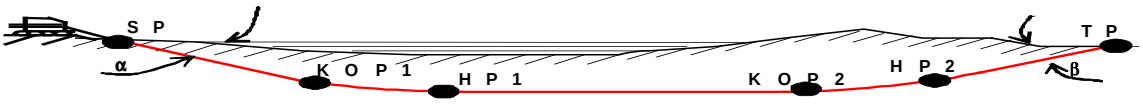
При проектировании траектории оси скважины важно определить ее характерные точки, как показано на рисунке 2.

К параметрам траектории горизонтальной скважины следует отнести: угол входа и угол выхода бура, форму скважины, длину и радиус кривизны криволинейных участков, длину и уголы наклона прямолинейных участков.

Для уменьшения сопротивления трения протягиваемой трубы форму траектории необходимо выбирать в виде цепной линии, закрепленной в точке расположения установки и точке монтажа (рис. 3).

Траекторию оси скважины можно запроектировать также в виде одного криволинейного участка с постоянным радиусом кривизны (рис. 4), либо в виде комбинации прямолинейных и криволинейных участков (рис. 5 и 6).

Из проведенного анализа следует, что наиболее выгодным является профиль представленный на рис. 5, хотя он несколько длиннее по сравнению с остальными, однако стоимость его



SP – начало скважины; КОР – начало криволинейного участка, НР – начало прямолинейного учаска, ТР – конечный целевой пункт, α – угол входа, β – угол выхода

Рисунок 2 – Характерные точки горизонтально направленной скважины

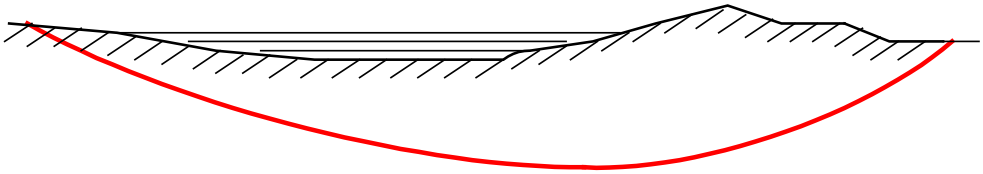


Рисунок 3 – Траектория буровой скважины, соответствующая цепной линии[5]

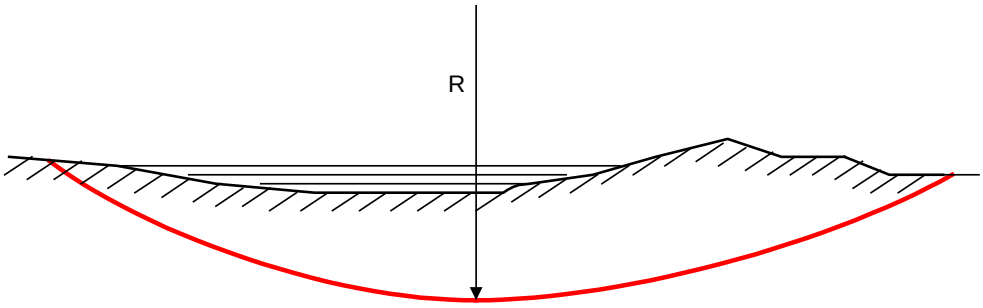


Рисунок 4 – Траектория буровой скважины с постоянным радиусом кривизны [5]

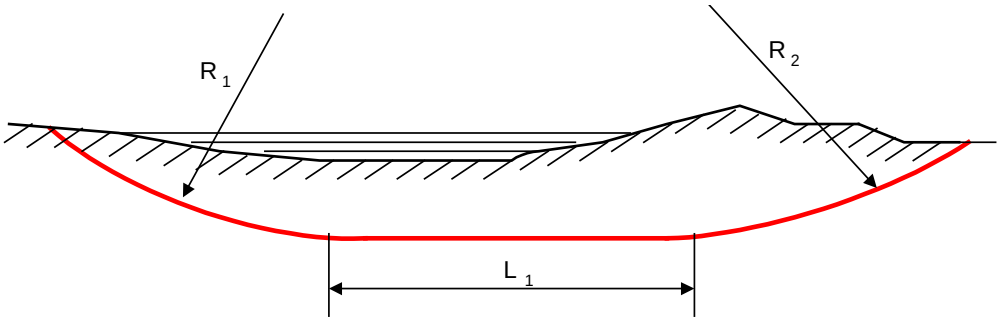


Рисунок 5 – Расположение оси буровой скважины, состоящей из двух криволинейных участков, разделенных прямолинейным участком [5]

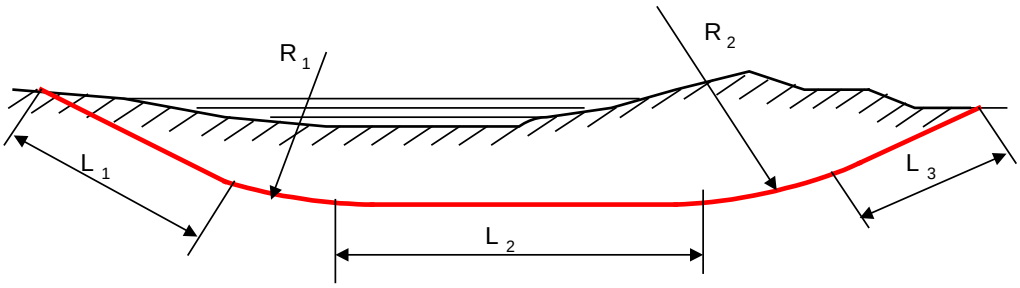


Рисунок 6 – Траектория буровой скважины, состоящей из пяти участков: попеременно прямолинейных и криволинейных [5]

выполнения значительно ниже по сравнению с альтернативными.

При проектировании профиля траектории оси направленной скважины следует учитывать минимально допустимые радиусы изгиба бурильной трубы и прокладываемой трубы. Влияние интенсивности пространственного искривления на изменение напряжений в бурильной штанге и обсадной трубе представлены в работе [3, 5].

Дополнительно также необходимо учитывать технические параметры бурового оборудования и инструмента (сила вытяжки/проталкивания, максимальный крутящий момент, производительность бурового насоса а также минимальный радиус прогиба буровых штанг).

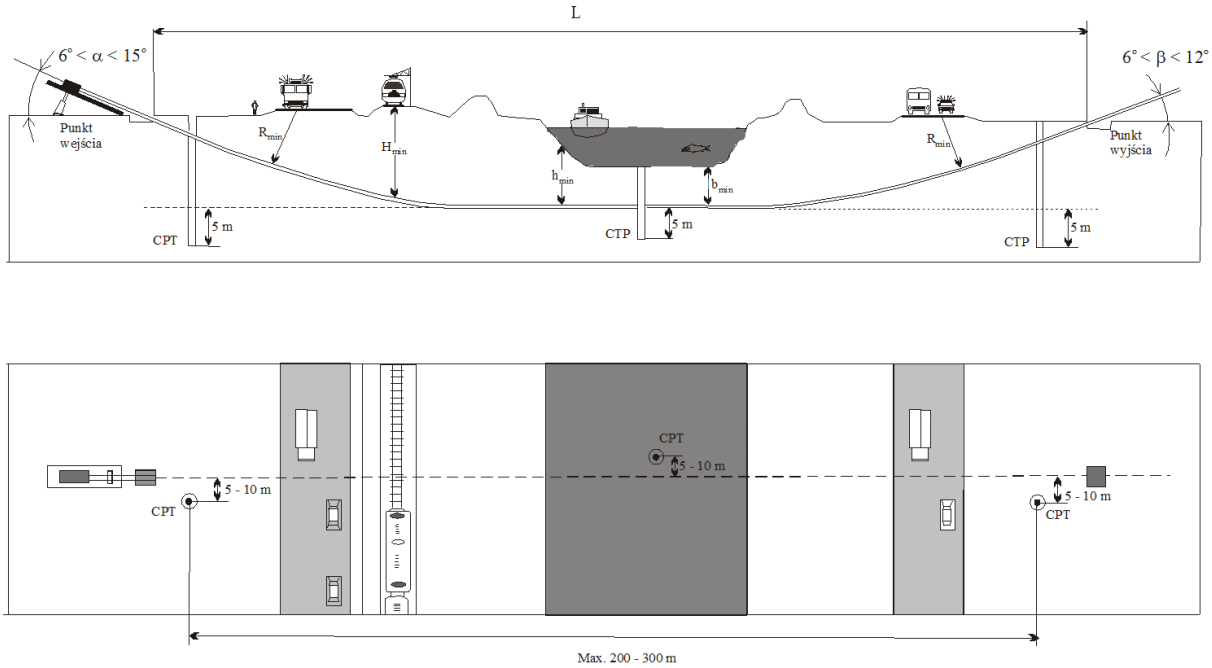


Рисунок 7 – Проект выполнения горизонтально направленной скважины

Знание этих параметров позволит запроектировать форму траектории оси скважины в соответствии с техническими возможностями оборудования. В случае прокладки эластичных труб (например, PE или HDPE) решающим фактором о допустимых углах изменения траектории оси скважины будет минимальный радиус прогиба бурильных труб. Радиус прогиба стальных труб всегда больше радиуса бурильных труб, поэтому последняя величина будет решающим фактором в выборе траектории прокладки трасы трубопровода.

Чаще всего угол входа принимается в пределах 6-15º, а угол выхода – 6-12º, рекомендуемый радиус кривизны для стальных труб – около 30 м/ 25.4 мм ее диаметра (рис. 7).

В случае бурения скважин под реками толщина покрытия для секции, расположенной в самом низком месте, должна быть в пределах 5 – 8 м для стальных труб и 2 – 5 м для полиэтиленовых труб. Чем больше диаметр трубопровода, тем углы входа и выхода должны быть меньше. При проектировании следует обязательно проверить, чтобы рассчитанные максимальные напряжения, появляющиеся в устанавливаемом трубопроводе, не превышали прочностные параметры материала, из которого изготовлена труба. Рекомендуется, чтобы коэффициент запаса прочности на разрыв составлял не менее 1,1.

Процедура выполнения ГНБ требует использования значительных объемом бурового раствора, который должен соответствовать следующим условиям:

– низкое содержание твердой фазы (до 50 кг/м^3);

– хорошо контролируемые высокие геологические параметры,

– хорошая смазка;

– легкость механической очистки;

– нейтральность для окружающей природной среды.

Заключение

Горизонтальное бурение находит широкое распространение благодаря постоянному стремлению к снижению общих затрат на инвестиции и повышению рентабельности амбициозных проектов. Эти проекты благоприятно воздействуют на природную среду, позволяют избежать больших хлопот при внедрение в существующую инфраструктуру, а также ограничивают расходы, связанные с восстановлением нарушенной поверхности. В последние годы с успехом применяются многие бестраншейные технологии, каждая из них имеет свои преимущества и ограничения. И хотя размер польского рынка в конечном итоге предложит ограничить число действующих на нем буровых фирм, то в виду значительного отставания в строительстве необходимой инфраструктуры в предстоящие годы необходимо будет реализовать большое количество проектов, финансируемых из бюджета Евросоюза и местных бюджетов. Однако объем этих работ в большой степени будет зависеть от финансовой кондиции страны и регионов.

В таблице 2 представлены некоторые из проектов, выполненных на территории Польши в 2005 – 2007 годах.

Литература

1 Wiśniowski R., Ziaja J. Dobór parametrów mechanicznych urządzeń wiertniczych stosowanych w technologiach Wiertnictwo Nafta Gaz Tom 23/1 2006.

Таблица 2 – Некоторые проекты, выполненные по технологии ГНБ на территории Польши в 2005 – 2007 гг

Год	Буровое оборудование	Параметры			
		Материал труб	Длина трубо-провода [м]	Диаметр трубы [мм]	Диаметр скважины [мм]
2005	Ditch Witch 8/80	Полиэтилен	250	315	430
2005	Hute HBR206-60D	Сталь	480	530	880
2005	Vermeer D50/100,	Чугун	3 x 146	200	500
2006	Ditch Witch 2720M1	Керамика	62	250	320
2006	VermeerD50x100	Полиэтилен	147	560	900
2006	Hute HBR206-250Z	Сталь	350	813	1280
2006	Hute HBR206-250Z	Сталь	467	813	1280
2007	Hute HBR206-250Z	Полиэтилен	950	160	380
2007	American Augers DD100	Полиэтилен	420	225	400
2007	Prime Drilling PD 150/70	Сталь	530	813	1150
2007	Prime Drilling PD 150/70	Сталь	495	813	1150

2 Wiśniowski R., Ziaja J. Przegląd narzędzi wiercących stosowanych do wykonania horyzontalnych przewiertów sterowanych Wiertnictwo Nafta Gaz Tom 22/1 2005.

3 Wiśniowski R., Ziaja J. Projektowanie wielkogabarytowych horyzontalnych przewiertów sterowanych Wiertnictwo Nafta Gaz Tom 24/12 2007.

4 Wiśniowski R., Stryczek S., Ziaja J. Technologia balastowania kolumn rur osłonowych wciąganych do horyzontalnych przewiertów sterowanych Wiertnictwo Nafta Gaz Tom 25/2 2008.

5 Wiśniowski R., Ziaja J. Technologie wykonywania horyzontalnych przewiertów sterowanych Wiertnictwo Nafta Gaz Tom 21/1 2004.

6 Rafał Wiśniowski, Stanisław Stryczek, Jan Ziaja Wybrane aspekty projektowania i wykonywania horyzontalnych przewiertów sterowanych (HDD) III OGÓLNOPOLSKIEJ KONFERENCJI NAUKOWO – TECHNICZNEJ „NOWE MATERIAŁY I URZĄDZENIA W WODOCIAGACH I KANALIZACJI. Kielce 2003.

7 Ziaja J. Awarie i komplikacje wiertnicze występujące przy horyzontalnych przewiertach sterowanych HDD Nowoczesne Techniki i Technologie Bezwykopowe 2-3/2001.

8 http://www.directional-drilling-service.de z dnia 20.01.2010.

9 http://www.ditchwitch.com z dnia 20.01.2010.

10 www.nawitel.pl z dnia 20.01.10.

Стаття надійшла до редакційної колегії
04.09.12
Рекомендована до друку
за результатами міжнародної
науково-технічної конференції
«Нафтогазова енергетика – 2011»